

AFDELINGEN FOR  
BÆRENDE KONSTRUKTIONER  
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



STRUCTURAL RESEARCH LABORATORY  
TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK

RESUMEOVERSIGT 1979

Summaries of Papers 1979

RAPPORT NR. R 121 1980

AFDELINGEN FOR BÆRENDE KONSTRUKTIONER  
Danmarks tekniske Højskole  
Bygning 118, 2800 Lyngby. Tlf. (02) 88 35 11

DEPARTMENT OF STRUCTURAL ENGINEERING  
Technical University of Denmark  
Building 118, DK-2800 Lyngby. Denmark

RESUMEOVERSIGT 1979

Summaries of Papers 1979

Redigeret af

P. Lange-Hansen

INDHOLD

1. Videnskabelige publikationer m.v. ....	3
2. Rekvirerede undersøgelser.....	62
3. Eksamensprojekter.....	65
Emneregister.....	68

Notationer:

[Lic.]: Licentiatafhandling.

[\*] : Publikationen kan ikke erhverves gennem Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Der henvises til den anførte institution e.l.

● CONTENTS

1. Scientific papers etc. ....	3
2. Reports on contract work.....	62
3. Final year projects.....	65
Subject index.....	71

● Notations:

- F : Lecture note.
- Gratis : Free available upon request.
- I : Internal report.
- [Lic.] : Thesis for the degree of Doctor of Philosophy.
- Pris kr. : Price in D.kr.
- R : Report.
- s. : Pages.
- S : Report on contract work.
- [\*] : The publication cannot be obtained from the Department of Structural Engineering. Please apply to the publishing institution indicated.
- : Text in English.

## 1. VIDENSKABELIGE PUBLIKATIONER M.V.

### •Scientific papers etc.

Publikationer, der ikke er mærket med [\*] eller med pris, er gratis.

Publikationer, som er mærket med [\*], kan ikke erhverves gennem Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Der henvises til den anførte institution eller udgiver.

Publikationer med pris angivet vil blive faktureret til bestilleren.

Der er indført en abonnementsordning for Afdelingens serie "Rapporter", der beskriver forskningsresultater fra ABK. Publikationerne i denne serie kan fås tilsendt straks ved udgivelsen for en abonnementspris af kr. 60.-, dækkende udgivelserne i perioden 1.7.1980 - 30.6.1981 (ca. 5 - 8 publikationer). Anmodninger om abonnement kan gives skriftligt eller telefonisk til Afdelingen.

Endvidere er der indført en abonnementsordning for Afdelingens serie "Forelæsningsnotater", der indeholder grundlaget for de fleste af Afdelingens undervisningstilbud. Mange emner beskrives her for første gang på dansk. Publikationerne i denne serie kan fås tilsendt straks ved udgivelsen med en abonnementsrabat på 20%. Anmodning om abonnement for perioden 1.7.1980 - 30.6.1981 må ske skriftligt, f.eks. på den kupon, som findes bagest i dette hefte. Abonnementsprisen vil blive opkrævet ved periodens udløb.

• Publications not marked with an [\*] or for which no price are indicated are free upon request. For a publication for which a price is indicated, payment must be made at the time of ordering.

The series "Reports" in which the research reports are being published may be obtained in subscription. The subscription price outside Denmark, covering publications in the period 1st July 1980 to 30th June 1981, is D.Kr. 60.-. Payment should accompany orders of subscription.

A publication exchange agreement may be made with institutions working with structural research problems.

AGERSKOV, H.: • Analysis of bolted connections subject to prying, Closure, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 105, No. ST9, Sept. 1979, pp. 1851-1855. [\*].<sup>1)</sup>

• The paper gives the author's concluding remarks to discussions by Muzeau, Packer, Morris, and Krishnamurthy of his previous paper (ASCE Journal of the Struct. Div., Vol. 103, No. ST11, Nov. 1977, pp. 2145-2163). The main questions discussed are the magnitude of the prying forces, the influence of the various parameters that determine the behavior of the connection, the yield load and ultimate load of the connection, and the deformation characteristics of the connection.

I artiklen er givet kommentarer til diskussionsindlæg af Muzeau, Packer, Morris og Krishnamurthy til forfatterens tidligere artikel (ASCE Journal of the Struct. Div., Vol. 103, No. ST11, Nov. 1977, pp. 2145-2163). De vigtigste spørgsmål, der diskuteres, er størrelsen af de tillægskræfter der opstår på grund af tværpladedeformationerne, indflydelsen af de forskellige parametre der er bestemmende for samlingens virkemåde, samlingens flydelast og brudlast, og samlingens deformationsegenskaber.

AGERSKOV, H.: Assemblage par boulonnage de plaques d'extrémité pour les constructions en acier/• Bolted end-plate connections for steel structures. Bâtiment International/Building Research & Practice, Paris, Vol. 7, No. 6, Nov./Dec. 1979, pp. 362-371. [\*].

Les économies évidentes que fond réaliser ces assemblages ont amené leur emploi de plus en plus fréquent dans les bâtiments à ossature en acier, mais leur réel comportement en service est encore discuté. Des travaux de recherche intensifs au Danemark soulignent l'importance, sous - estimée jusqu'ici, des efforts de soulèvement et proposent une méthode de calcul plus réaliste que les bases à demi-empiriques du Manuel AISC des Constructions

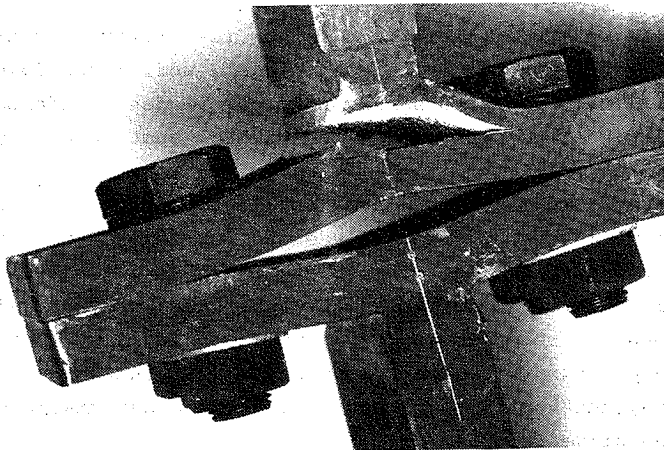
1) Se notationerne, s. 2. • See the notations, p.2.

en Acier, actuellement utilisé.

L'article expose les principaux résultats d'une étude analytique et expérimentale des assemblages de plaques d'extrémité résistant aux moments, étude qui a été effectuée à l'Université Technique du Danemark.

• Obvious economies in practice have increased the popularity of end-plate connections for steel framed buildings, but their actual behaviour in use is still debated. Extensive research in Denmark points to the hitherto undervalued significance of prying forces and suggests a more realistic design approach than the semi-empirical basis of the current AISC Manual of Steel Construction.

In the paper, the main results obtained in an analytical and experimental investigation on bolted moment-resistant end-plate connections are outlined. The investigation has been carried out at the Technical University of Denmark.



Forsøg med T-flangesamling, udført med forspændte højkvalitetsbolte. Forsøgene viste god overensstemmelse med den beregnede flydelast. • Test on high-strength bolted T-stub connection. The tests showed satisfactory agreement with the theoretical yield load. Ref.: AGERSKOV, HENNING: Tests on high-strength bolted T-stub connections.

AGERSKOV, H.: • Tests on high-strength bolted T-stub connections.

Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 106, 1979, 20s. Gratis.

• The present paper reports the results obtained in a test series on high-strength bolted T-stub connections. Of specific interest in this investigation were the deformation characteristics of the connections, together with the yield and ultimate loads.

The results obtained show a satisfactory agreement between the yield load of the connection, as determined from the theory proposed by the author, and the yield load as determined in the test. The tests further show that the application in the design of the above mentioned theoretical yield load, will result in a strength reserve due to strain hardening in the T-stub flange, but at the same time heavy plastic deformations will be avoided.

I rapporten er gjort rede for de resultater, der er opnået i en forsøgsserie med T-flangesamlinger, udført med forspændte høj-kvalitetsbolte. Af særlig interesse i denne undersøgelse var samlingernes deformationsegenskaber, samt deres flyde- og brudlaste.

De i forsøgene opnåede resultater viser god overensstemmelse mellem samlingernes flydelast, bestemt udfra den af forfatteren udviklede beregningsmetode, og de i forsøgene fundne flydelaste. Forsøgene viste yderligere, at anvendelse af ovennævnte beregningsmetode vil medføre en vis styrkemæssig reserve på grund af mulighederne for tøjningshårdning i flangepladen, men samtidig vil større plastiske deformationer i samlingen blive undgået.

AGERSKOV, H. og J. BJØRNBÅK-HANSEN: Svejste og boltede samlinger i rundjernskonstruktioner. (• Welded and bolted connections in round bar steel structures. In Danish). Nordiske Forskningsdage for Stålbygning, København, Aug. 1979, Kongresberetningen pp. IV.5.1-11. [\*].

I artiklen er omtalt en undersøgelse af deformations- og styrkeegenskaberne for svejste og boltede samlinger i rundjernskonstruktioner, der gennemføres på Danmarks Tekniske Højskole. For de svejste samlingers vedkommende er hovedformålet med undersøgelsen at bestemme, hvorledes styrken ved statisk og ved vekslende belastning afhænger af udformningen af samlingen. Hovedvægten i undersøgelsen ligger på samlingernes udmattelsesstyrke. Undersøgelsen af boltede samlinger i rundjernskonstruktioner har været koncentreret omkring tværpladesamlingerne, og for forsøgenes vedkommende har der været tale om statisk belastning.

● In the paper a survey is given of an investigation on the strength and stiffness characteristics of welded and bolted connections in round bar steel structures, which is being carried out at the Technical University of Denmark. For the welded connections, the main purpose is to determine how the strength depends on the design of the connection. Main emphasis is laid upon the fatigue strength of the connections. The investigation on bolted connections concentrates on high-strength bolted end-plate connections, and, in the tests carried out on end-plate connections, static loading has been applied.

ACERSKOV, H. and J. BJØRNBAK-HANSEN: ● Welded connections in round bar steel structures. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 105, No. ST12, Dec. 1979, 16 pp. [\*].

● Welded connections in round bar steel structures are studied with a view to clarifying the strength and stiffness characteristics of the various types of connections commonly used. Various forms of butt-welded joints in round bar members and various types of connections between round bars and other structural elements, e.g. gusset plates in trussed structures, are examined. The main emphasis in the investigation is laid upon the fatigue strength of the connections, but tests to determine the static strength of the various connection types are also included.



The test results obtained in the investigation make possible, for both statically loaded structures and structures subjected to fatigue, the selection of the optimum connection, taking the strength as well as the production costs into consideration.

I artiklen er gjort rede for de vigtigste resultater, der er opnået i en undersøgelse af styrke- og deformationsegenskaberne for forskellige typer svejste samlinger i rundjernkonstruktioner. Der indgår i undersøgelsen dels forskellige udformninger af stumpsvejste stød i rundjern og dels forskellige udformninger af befæstelsen af rundjern til andre konstruktions-elementer, f.eks. knudeplader i gitterkonstruktioner. Hovedvægten i undersøgelsen ligger på samlingernes udmattelsesstyrke. Der indgår dog også forsøg til bestemmelse af den statiske styrke for de forskellige samlingstyper.

De opnåede forsøgsresultater gør det muligt for såvel statisk belastede som for udmattelsespåvirkede konstruktioner, opbygget af rundjern, at vælge den optimale udformning af samlingerne under hensyntagen til såvel styrke som fremstillingsomkostninger.

AGERSKOV, H. og H. GUDJONSSON: Optimal udformning af rumgitterkonstruktioner. (● Optimum design of space structures. In Danish). Nordiske Forskningsdage for Stålbygning, København, Aug. 1979, Kongresberetningen, pp. VI.5.1-13. [\*].

Rumgitterkonstruktioner, specielt gitterplader, er i de seneste år udført i stort antal. Ved udformningen af rumgitterkonstruktioner er der i praksis næsten ubegrænsede muligheder for valg af geometri. Dette er baggrunden for en undersøgelse af den optimale udformning af rumgitterkonstruktioner, der gennemføres på Danmarks Tekniske Højskole. Indsatsen har hidtil været koncentreret om gitterpladerne. Som et led i undersøgelsen er gennemført et litteraturstudium over, hvad der hidtil er udført med hensyn til optimering af gitterplader. Endvidere er i to konkrete tilfælde (en kvadratisk og en rektangulær, aflang gitterplade) gennemført beregninger til bestemmelse af

den optimale udformning. I artiklen er gjort rede for de vigtigste af de hidtil opnåede resultater:

• Space structures, especially double-layer space grids, have, in recent years been constructed in great numbers. In the design of space structures, practically unlimited possibilities exist for the choice of geometry. This is the background for an investigation on the optimum design of space structures, being carried out at the Technical University of Denmark. The investigation has, until now, concentrated on double-layer space grids. As a part of the investigation, the literature on optimization of space structures available at present has been studied. Further, two specific cases (a square and a rectangular double-layer space grid) have been analyzed to determine the optimum design. The main results obtained in the investigation until now are given in the paper.

ANDERSEN, ERIK YDING: Konstruktionsovervågning med akustisk emission. Prøvebelastning af landevejsbro. (• Supervision of structures by acoustic emission. Proof-test of a motorway bridge. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 104, 1979, 48s. Gratis.

Laboratorieprøvninger af betonbjælker har vist, at den akustiske emission stiger stærkt, når ca. 80% af brudlasten nås.

Ved prøvebelastninger af en vejbro blev en del af broen overvåget med akustisk emission. Overensstemmende gav hverken AE eller andre mål tegn på skader fra belastningen. Herudover gav målingerne indtryk af, hvilke støjproblemer der kan opstå ved aktuelle måleopgaver, idet en fleksibel mulighed for geometrisk og elektrisk filtrering, et større antal målekanaler samt en nøje iagttagelse af mulige støjkilder er nødvendig.

• Laboratory tests of concrete beams have shown that the acoustic emission increases when 80% of the failure load is exceeded.

A motorway bridge has been proof-tested and a part of it supervised by acoustic emission. Neither the acoustic emission nor other measures of damage showed that damage had occurred, but the measurements indicated some of the noise problems which may be active in actual tests. A flexible possibility of spatial and electrical filtering, a great number of channels and a careful observation of possible mechanical noise sources are necessary to supervise a large structure in situ.

BACH, F. and V. ASKEGAARD: • General stress-velocity expressions in acoustoelasticity. Experimental mechanics, Vol. 19, No. 2, February 1979, pp. 69-75. Gratis.

- The velocity of a transverse wave propagating in an elastic body depends on the stress field of the body. If transverse waves are sent through a body with a uniaxial stress field, there will be proportionality between the principal-stress difference and the relative velocity difference between the waves polarized in accordance with the two main directions. This technique is used for determining uniaxial residual-stress field.

The main object of the investigation described in this paper has been to investigate the usefulness of the method in the case of biaxial residual-stress fields. Both theoretically and experimentally, the investigation has shown, that there is also proportionality between principal-stress difference and relative-velocity difference for a biaxial field. However, the tests have also shown that inaccuracies with this method are of such an order of magnitude that the method cannot, at the present stage of development, compete with the more traditional methods of residual stress-measurements.

Hastigheden af en transversal bølge, der udbreder sig i et elastisk legeme afhænger af legemets spændingstilstand. Hvis bølgen sendes gennem et legeme med en enakset spændingstilstand, er der proportionalitet mellem hovedspændingsdifferen-

cen og den relative hastighedsdifferens af bølger polariseret efter hovedspændingsretningerne. Denne teknik kan anvendes ved bestemmelse af enaksede egenspændingstilstande.

Hovedformålet med den beskrevne undersøgelse har været at undersøge metodens anvendelighed ved bestemmelse af to-aksede spændingstilstande. Undersøgelsen har vist, både teoretisk og eksperimentel, at der også er proportionalitet mellem hovedspændingsdifferencen og den relative hastighedsdifferens ved en toakset spændingstilstand. Forsøgene har imidlertid også vist at usikkerheden ved anvendelse af denne metode er af sådan en størrelse, at metoden på dens nuværende udviklings-trin ikke kan konkurrere med mere traditionelle metoder til egenspændingsmåling.

BACH, F., M.W. BRÆSTRUP og M.P. NIELSEN: En ny beregningsmetode for forskydningsarmering i jernbetonbjælker. (● A new method of shear design of reinforced concrete beams. In Danish).  
Danske betonforening: Dansk betondag 1978. Publikation 3:1978. September 1978, pp. 81-95. [\*].

De fleste landes betonnormer - herunder DS 411 - kræver, at man regner med værdien  $\theta = 45^\circ$  for betontrykkets vinkel med bjælkeaksen ved forskydning. I virkelige bjælker medfører spændingsomlejringer imidlertid, at betontrykhældningen bliver mindre, hvilket giver en stigning i bæreevnen, som normen altså ikke tager hensyn til. Det flade betontryk kræver til gengæld, at længdearmeringen føres længere ud mod understøtningerne og forankres godt. Ved at tillade frit valg af trykhældning kan opstilles en dimensioneringsprocedure, som gør det muligt for den projekterende ingeniør at dimensionere sin konstruktion betydeligt mere økonomisk. Et skridt i denne retning er taget i den nye CEB norm, som inden for visse grænser tillader variabel trykhældning.

● Most building codes require that shear design of reinforced concrete beams be based upon a  $45^\circ$  strut inclination. In real beams, redistribution of stresses leads to a flatter strut

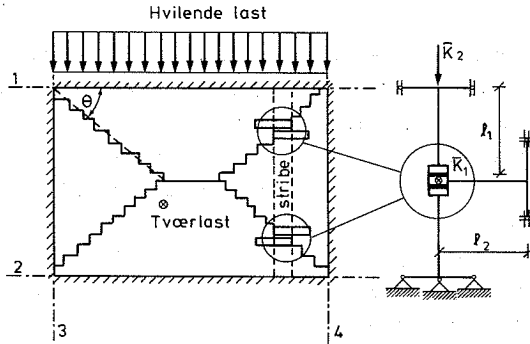
inclination, which corresponds to an increase in load-carrying capacity that is not taken into account by the code. On the other hand, the flatter concrete compression requires the main reinforcement to be extended further toward the supports and well anchored. By allowing a free choice of strut inclination, it is possible to establish a design procedure which enables the engineer to design substantially more economical structures. A step in this direction is taken by the recent CEB-FIP Model Code, which allows a variable strut inclination within certain limits.

BRINCKER, RUNE: Murede vægges tværbæreevne. En undersøgelse af murværks fysiske egenskaber. (● Laterally loaded masonry walls. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 111, 1979, 223s. Gratis.

Der er i rapporten omtalt et relativt stort antalt forsøg, som er udført med det formål at klarlægge, om murmaterialet har sådanne egenskaber, at man med rimelighed kan anvende en plasticitetsteori til beregning af tværbelastede murede vægge.

Det fremgår af forsøgene, at en muret tværbelastet væg i brudtilstanden vil have udpræget seje egenskaber, idet murmaterialet overfor de snitkræfter (momenter), som optræder i de revnede zoner, i et relativt stort tøjningsinterval kan beskrives ved én elastoplastisk model. Det viser sig derfor, at der kan tilskrives en muret væg to flydemomenter, som afhænger dels af materialevalget, og dels af den vinkelret på liggefugerne virkende normalkraft, på grundlag af hvilke man kan bestemme tværbæreevnen for vægge i hvilke der i brudtilstanden opstår vandrette og skrå brudlinier.

● A relatively large number of experiments are mentioned in the report. The aim of these is to clarify whether brick masonry, done in a traditional way, has such properties, that the theory of plasticity can reasonably be used for calculations applicable to laterally loaded masonry walls.



Principskitse for forsøg med kombineret vridning og bøjning. Det er søgt anskueliggjort, hvorledes prøvemaskinens mekaniske princip er afledt af brudforholdene i en tværbelastet muret væg med et lodret kanttryk. • Illustration of principle for tests with combined bending and torsion. The figure attempts to show how the mechanical build-up of the testing machine is designed to simulate the failure in a laterally loaded masonry wall under vertical loading. Ref.: BRINCKER, RUNE: Murede vægges tværbæreevne. En undersøgelse af murværks fysiske egenskaber.

It appears from the experiments that a laterally loaded masonry wall in the state of fracture will show markedly ductile properties since the wall material with respect to the forces (moments) which occur in the cracked zones can, in a relatively large range of values of strain, be described by using an elastic-plastic model. It can thus be shown that a brick masonry wall can be ascribed two yield moments, dependent on the chosen material, and on the in-plane force acting perpendicular to the bed joints; on this basis, an estimate of the ultimate lateral strength for walls where horizontal and slanting yieldlines occur can be determined.

BRÆSTRUP, MIKAEL: • Designing against shear in reinforced concrete.

Bâtiment international/Building research and practice, Vol. 7, No. 4, July/August 1979, pp. 212-221. [\*].

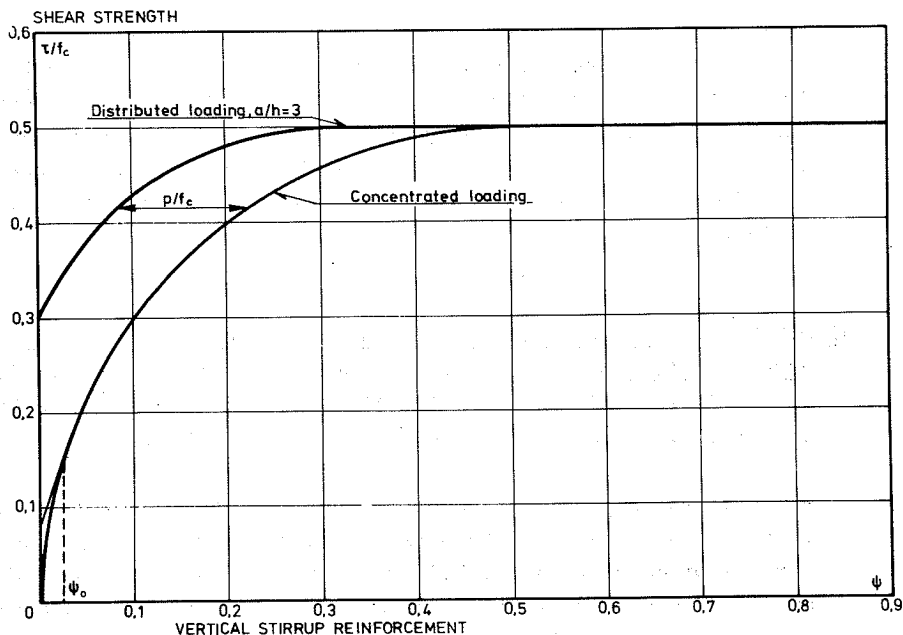
• Most building codes base the shear design upon a fixed  $45^\circ$  inclination of the diagonal concrete compression. In reality,

redistribution of stresses often leads to much smaller strut inclinations, resulting in higher ultimate loads. More economical structures would be achieved by allowing design with variable strut inclination. A step in this direction is taken by the recent CEB-FIP Model Code. The actual shear strength and the corresponding strut inclination may be predicted by plastic analysis. Indeed, a rigorous application of the theory of plasticity to structural concrete permits a rational analysis of a number of shear problems.

De fleste normer kræver at forskydningsarmeringen i bjælker dimensioneres for et betontryk under  $45^\circ$  hældning med bjælkeaksen. I virkeligheden medfører spændingsomlejninger ofte meget fladere trykhældninger, med deraf følgende højere brudlaste. Mere økonomiske konstruktioner opnås ved dimensionering med variabel trykhældning. Et skridt i denne retning er taget med den nye CEB-FIP Modelnorm. Den faktiske forskydningsstyrke og den tilsvarende trykhældning kan findes ved plastiske beregninger. I det hele taget medfører en konsekvent anvendelse af plasticitetsteorien på jernbetonkonstruktioner en rationel behandling af en række forskydningsproblemer.

BRESTRUP, MIKAEL: • Effect of main steel strength on the shear capacity of reinforced concrete beams with stirrups. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 110, 1979, 49s. Gratis.

• Plastic analysis is applied to shear in beams. Steel and concrete are idealized as rigid, perfectly plastic materials, the latter with the modified Coulomb failure criterion and associated flow rule. Upper bound solutions are derived for beams with vertical or inclined stirrups, subjected to concentrated or distributed loading. The failure mechanism may involve yielding of the main reinforcement. The analysis shows the shear strength to be higher for distributed than for point loading, and generally inclined stirrups are more efficient than vertical. Comparison with lower bounds shows the solutions to be



Sammenligning af forskydningsstyrken efter plasticitetsteorien af bjælker med henholdsvis fordelt og koncentreret last.  $f_c$  = trykstyrke af beton,  $p$  = fordelt last. • Comparison of shear strength of beams subjected to distributed and concentrated loading.  $f_c$  = compressive strength of concrete,  $p$  = distributed load per unit area. Ref.: BRÆSTRUP, M.W.: Effect of main steel strength on the shear capacity of reinforced concrete beams with stirrups.

exact for beams with strong main reinforcement or with no stirrups. In these cases, excellent agreement with test results is also found.

Plasticitetsteorien anvendes på forskydning i jernbetonbjælker. Materialerne antages stive, idealt plastiske, for betonens vedkommende med Coulombs modificerede brudbetingelse (kvadratisk flydekurve) og den associerede flydelov (normalitetsbetingelsen). Øvreværdiløsninger udledes for bjælker med lodrette eller skrå bøjler, påvirket af koncentreret eller jævnt fordelt belastning. Brudmekanismen indebærer mulighed for flydning af



hovedarmeringen. Analysen viser at forskydningsstyrken er større for fordelt end for koncentreret belastning og at skrå bøjler normalt er mere effektive end lodrette. Sammenligning med nedreværdier viser at løsningerne er eksakte for bjælker med stærk hovedarmering eller uden forskydningsarmering. I disse tilfælde findes også udmærket overensstemmelse med forsøgsresultater.

BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: • Stress analysis of concrete sections under service load. (J. American concrete institute, Vol. 76, No. 2, February 1979, pp. 195-211). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 109, 1979, 17s. Gratis.

• The stress analysis of concrete sections under service load is complicated by the interaction of shrinkage, creep, elastic strains of concrete and steel, and steel relaxation. Further complications arise in the case of partially prestressed concrete structures, with cracked cross sections under service load and with mixed reinforcement consisting of a combination of prestressed and nonprestressed reinforcement with individual mechanical properties and different effective depths. Combinations of sustained and instantaneous loads also complicate the analysis, whereas compound bending is easily taken into account. An analysis is suggested covering these problems in cases of symmetrical bending.

Spændingsberegningen for betontværsnit under brugslast kompliceres af samvirken mellem svind, krybning, betonens og stålets elastiske deformationer og stålets relaxation. Yderligere komplikationer opstår for delvis forspændte betonkonstruktioner med revnede tværsnit i brugsstadiet og med blandet armering bestående af en kombination af forspændt og ikke-forspændt armering med forskellige mekaniske egenskaber og forskellige nyttehøjder. Kombineret langtid- og korttidslast komplicerer også beregningen, medens hensyntagen til excentriske normalkræfter let kan tages i regning. Der foreslås en beregningsmetode, der dækker disse problemer for symmetrisk bøjning.

BYSKOV, ESBEN: • Applicability of an asymptotic expansion for elastic buckling problems with mode interaction. AIAA Journal, Vol. 17, No. 6, June 1979, pp. 630-633. [\*].

• Asymptotic expansions often provide relatively simple formulas for post-buckling and imperfection sensitivity analysis. In a previous work Byskov and Hutchinson have developed and utilized an expansion to determine the increase in imperfection sensitivity caused by interaction between two or more buckling modes. This article contains an attempt to assess the range of validity of that expansion. The estimates of the applicability are made with reference to a simple example.

Asymptotiske udviklinger giver ofte forholdsvis simple formler for postkritisk opførsel og imperfektionsfølsomhed. I et tidligere arbejde har Byskov og Hutchinson udledt og benyttet en sådan udvikling til at bestemme den forøgelse i imperfektionsfølsomhed, som skyldes samspillet mellem to eller flere bulingsformer. Rapporten indeholder et forsøg på at fastlægge gyldighedsområdet for den benyttede udvikling. Overvejelserne i denne forbindelse foretages på basis af et simpelt eksempel.

BYSKOV, ESBEN and J. CARSTEN HANSEN: • Postbuckling and imperfection sensitivity analysis of axially stiffened cylindrical shells with mode interaction. DCAMM Report No. 163, Technical University of Denmark, 1979, 23s. [\*].

• Interaction of nearly simultaneous buckling modes in the presence of imperfections is studied. The investigation is concerned with axially stiffened cylindrical shells under axial compression. In these structures two modes are of particular interest, namely an overall long-wave and a local short-wave buckling mode, respectively. Numerical results show that in some cases bending of the stringers in the local mode postbuckling solution plays an important role. Exclusion of this effect, as was done in a previous study by Byskov and Hutchinson, may lead to an overestimation of the carrying capacity of the shell.

Furthermore, it is found that apparently reasonable approximations to the postbuckling fields associated with both the local and the overall mode, as well as with the overall mode alone, may lead to inexact values of the buckling load.

I artiklen undersøges samspil mellem bulingsformer svarende til næsten samme klassiske kritiske last for aksialt afstivede cylinderskaller under aksialt tryk. I disse konstruktioner forekommer to bulingsformer, som er af særlig interesse, nemlig en global langbølget og en lokal kortbølget svigtmåde. Numeriske resultater viser, at i visse tilfælde spiller bøjningen af stringerne i den postkritiske tilstand en væsentlig rolle. Hvis denne effekt negligeres, som det var gjort i et tidligere arbejde af Byskov og Hutchinson, kan det føre til en overvurdering af bæreevnen af skallen. Det viser sig endvidere, at øjensynligt fornuftige tilnærmelser til postbucklingfeltet, som drives af samspillet mellem den lokale og den globale svigtmåde, kan give unøjagtige værdier af bæreevnen.

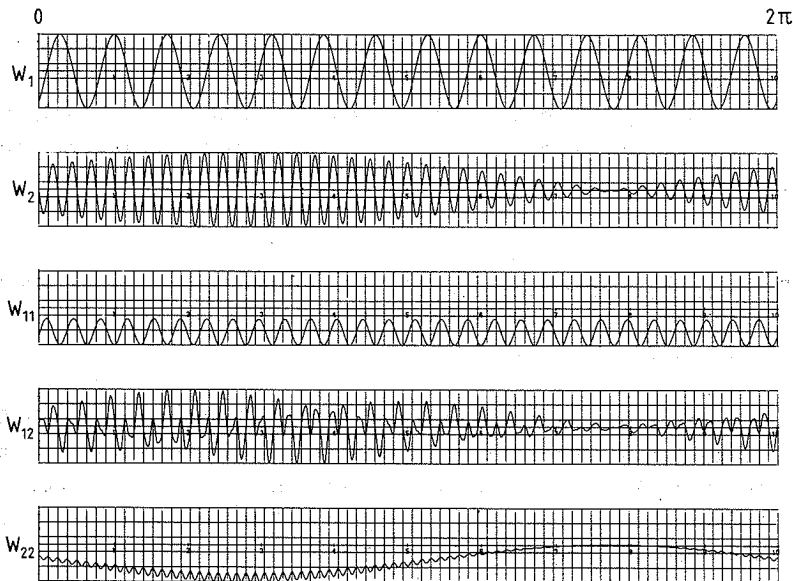
BYSKOV, ESBEN og STEEN KRENK: Konstruktionstræs brudmekaniske styrke. (● Fracture toughness of structural timber. In Danish). (Bygningsstatistiske meddelelser, årg. 49, 1978, pp. 93-111). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 94, 1978, 19s. Gratis.

Konstruktionstræs brudmekaniske styrke - modstand mod udbredelse af revner mellem knasterne - vil blandt andet kunne benyttes til en særlig kvalitetsbestemmelse.

Anvendeligheden af en lineærelastisk brudmodel (sprødbudmodel) for brædder af fyrretræ undersøges eksperimentelt, idet der benyttes næsten fejlfrit træ.

Prøvemethoden udmerker sig ved at være deformationsstyret, hvorfor man kan måle flere sæt af sammenhørende værdier af revnelængde og revnevidde for samme stykke træ.

Forsøgene godtgør, at den foreslåede brudmodel har et stort gyldighedsområde.



Radiar, normeret udbøjning i bulingsformerne  $W_J$  og postbucklingfelterne  $W_{IJ}$  i midtvertsnittet af imperfekt skal med 79 stringere. • Radial normalized deflections for buckling modes  $W_J$  and postbuckling fields  $W_{IJ}$  at midsection of imperfect shell with 79 stringers. Ref.: BYSKOV, ESBEN and J. CARSTEN HANSEN: Postbuckling and imperfection sensitivity analysis of axially stiffened cylindrical shells with mode interaction.

Artiklen indeholder en løsning til et nyt ortotropt skiveproblem samt et forslag til en praktisk prøvemethode.

• A fracture toughness measure for structural timber, i.e. its resistance to crack extension between knots, may be used for a special quality control.

The applicability of a linearly elastic (brittle) fracture model on boards of pine wood is investigated experimentally using almost clear specimens.

The test method is special in that it is controlled by a deformation parameter. Therefore it is possible to measure more than one set of interrelated values of crack length and crack width for each piece of board.

The tests establish that the proposed fracture model has a large range of validity.

The report contains a solution to a new orthotropic plate problem and concludes with a proposal for a practical test method.

DYRBYE, CLAES: Jordskælvsrepons. (● Earthquake response. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 73, 1979, 54s. Kr. 22.-.

Forskellige accelerogrammer af jordens bevægelse ved jordskælv præsenteres. Derefter gennemgås en af Penzien foreslået model, som beskriver accelerationerne som en stokastisk proces. For konstruktioner med en frihedsgrad defineres pseudogrammer, og analysen gennemgås med brug af pseudogrammer, simulation eller spektralanalyse. Endvidere omtales det ikke-lineære tilfælde. Konstruktioner med flere frihedsgrader behandles kun for lineært respons. De anvendte metoder er modalanalyse kombineret med pseudogrammer, simulation og spektralanalyse.

● Some accelerograms of basemotions at earthquakes are shown. A model suggested by Penzien describing the accelerations as a stochastic process is explained. Response spectra are introduced, and S.D.O.F. structures are analysed on the basis of either response spectra, simulation or spectral analysis. Some aspects about non-linear behaviour of S.D.O.F. structures are mentioned. For linear M.D.O.F. structures is mentioned modal analysis combined with application of response spectra, simulation and spectral analysis.

DYRBYE, C., S. GRAVESEN, S. KRENK, N.C. LIND og H.O. MADSEN: Konstruktioners sikkerhed. (● Structural safety. In Danish). Den private ingeniørfond ved Danmarks tekniske Højskole, 1979, 279s. ISBN 87-87245-88-4. [\*].

Bogen er udarbejdet til brug for en grundlæggende undervisning

i bærende konstruktioners sikkerhed.

Den første del af bogen (kap. 1, 2 og 3) indledes med en kort historisk oversigt og en omtale af en række grundlæggende forhold og begreber. Derpå beskrives kvalitativt de forskellige påvirkninger, som er af betydning for behandlingen af svigt i bærende konstruktioner. Endelig omtales styrkeforhold for materialer og konstruktioner, og der gennemgås nogle sandsynlighedsteoretiske materialemodeller og deres anvendelse ved bestemmelse af konstruktionsstyrker.

De følgende 4 kapitler behandler en række metoder til analyse og vurdering af bærende konstruktioners sikkerhed på grundlag af et mere eller mindre udtømmende kendskab til påvirkninger og styrker og usikkerheden på disse. Disse kapitler indledes med nogle generelle betragtninger over sikkerhedsmetoder, herunder også betydningen af fejl i de fysiske modeller, der anvendes til at beregne virkninger i konstruktionen udfra påvirkningerne på den. Der fortsættes med behandlingen af partialkoefficientmetoder og sikkerhedsindeksmetoder, med særlig vægt på de sidstnævnte. Der redegøres for kalibreringen af en partialkoefficientmetode udfra en sikkerhedsindeksmetode og afrundes med en kort omtale af sikkerhedsmetoder på højere niveau.

Bogens sidste del (kap. 8 og 9) indledes med en kort indføring i stokastiske processers teori med enkelte simple anvendelser. Dernæst opstilles modeller for vindbelastning, trafikbelastning og belastning på etageadskillelser. I disse modeller beskrives belastningerne som stokastiske processer i rum og tid. Bogen afsluttes med en behandling af flere samtidigt virkende tidsvarierende påvirkninger.

- The book is written for use in a first course on structural safety.

Its first part (chap. 1, 2 and 3) opens with a short historical survey and mentions some basic problems and concepts. Then follows a qualitative description of different types of loads, which are of importance when dealing with failure of structures. Finally the strength of materials and structures are dealt

with, and some probability models of strength and materials are considered, and examples of their use in the determination of structural strength are given.

The following four chapters deal with different methods, which can be used for analysing and evaluating structural safety, on the basis of more or less information of loads and strength and their uncertainty. These chapters start with some basic considerations concerning structural safety including the effect of errors in the models used in theories of structural response. Methods of partial safety factors (level I) and especially safety index methods (level II) are dealt with next. It is shown, how the partial safety factors in a partial safety code are calibrated using a safety index method. Higher level safety methods are briefly mentioned.

The last part (chapters 8 and 9) gives a short introduction to the theory of stochastic processes, accompanied by a few simple examples. Next wind load, traffic load and floor loads are modelled as stochastic processes in space and time. This last part is closed with a treatment of the effect of more timevarying loads.

EXNER, H.: • On the effectiveness factor in plastic analysis of concrete. Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Final report. IABSE, Reports of the working commissions, Vol. 29, 1979, pp. 35-42. [\*].

• When an uncorrected classic theory of plasticity is used to calculate the carrying capacity of a concrete structure, we may obtain a value that is on the unsafe side. In practical applications, therefore, we reduce the compression strength by an empirically determined effectiveness factor  $\nu$  before using it in a plastic analysis. The article describes how we can, on the basis of our knowledge of the stress-strain curve for concrete in uniaxial compression, employ theoretical means to arrive at a reliable  $\nu$ -value. The theoretical  $\nu$ -value is compared with the empirical  $\nu$ -value for various concrete strengths.

Hvis den klassiske plasticitetsteori anvendes uden korrektioner til beregning af bæreevnen for en betonkonstruktion, kan der fås en værdi på den usikre side. I praktiske anvendelser reducerer man derfor trykstyrken med en empirisk bestemt effektivitetsfaktor  $v$  før anvendelsen i en plasticitetsteoretisk beregning. I artiklen vises, hvordan man ud fra kendskabet til betonens enaksede trykarbejdskurve kan beregne en  $v$ -værdi på den sikre side. Denne teoretiske  $v$ -værdi sammenlignes med empiriske  $v$ -værdier for forskellige betonstyrker.

FREDSGAARD, SØREN SKYTTE: Ligevægtslementer i de finite elements metode. Formulering og beregningsgang. (● Equilibrium elements in the finite element method. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 105, 1979, 186s. Gratis.

Teorien for ligevægtslementerne baseres på et generelt komplekser variationsprincip og en modifikation af dette, hvori ligevægtsligningerne er inkluderet. Der forudsættes lineært elastiske materialer og små tøjninger, men flytningerne er af en sådan størrelsesorden, at de initiale spændingers bidrag i ligevægtsligningerne må medtages. Begge principper specialiseres til beregningsområderne: 1) statiske beregninger, 2) frie såvel som 3) tvungne harmoniske svingninger og 4) lineære stabilitetsproblemer. For alle områder opstilles beregningerne for både fleksibilitets- og stivhedsmetoden. Spændingerne er primære og flytningerne sekundære resultater af beregningerne. Spændingsfunktioner anvendes ikke. I egenværdiproblemerne 2 og 4 vanskeliggør nul-egenværdier beregningerne i fleksibilitetsmetoden, men en metode til løsning af problemet opstilles. Beregningsarbejdet ved fleksibilitets- og stivhedsmetoden er sammenlignet. Det konkluderes, at stivhedsmetoden altid må foretrækkes. Teorien illustreres hele vejen igennem med numeriske eksempler med bjælke- og pladelementer. Afslutningsvis vises, hvorledes en klasse af hybride spændingselementer kan beregnes på samme måde som ligevægtslementer.

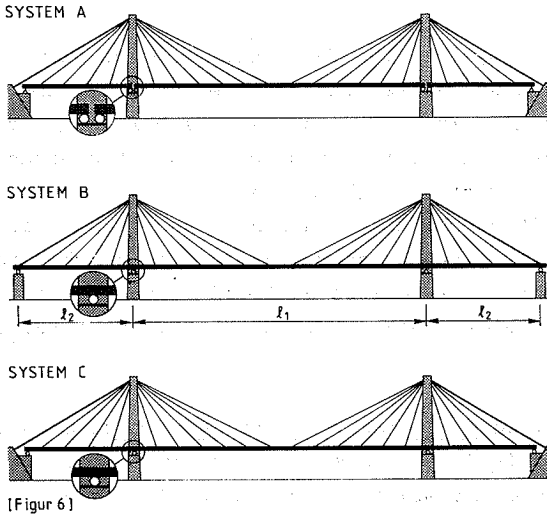


• The theory of the equilibrium elements is based on a general complementary variational principle and a modification in which the equilibrium equations are included. Only linear elasticity and small strains are dealt with, but displacements are of such a magnitude, that the contribution of the initial stresses in the equilibrium equations has to be included. Both principles are specialized to 1) static problems, 2) free as well as 3) forced harmonic vibrations and 4) linear stability problems. In all cases both the flexibility and the stiffness method are derived. The stresses are primal and the displacements are secondary results of the analysis. Stress functions are not considered. In the eigenvalueproblems 2 and 4 zero eigenvalues give problems in the flexibility method, but a method solving the problems is derived. The amount of computational work in the flexibility and the stiffness method are compared. It is concluded, that the stiffness method always must be preferred. Throughout, the theory is illustrated with numerical examples with beams and plate finite elements. Finally it is shown, how a class of stress hybrid finite elements can be used in the same way as the equilibrium elements.

GIMSING, NIELS J.: Analytisk undersøgelse af materialeforbruget for plane kabelsystemer med ensformigt fordelt belastning. (• Analytical investigation of the quantity of cable steel in plane cable systems under uniform load. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 112, 1979, 19s. Gratis.

I den foreliggende artikel gengives nogle analytiske undersøgelser af plane kabelsystemer, idet der opstilles udtryk for det teoretiske materialeforbrug bestemt for systemer med ensformigt fordelt belastning.

Det vises, at det teoretiske materialeforbrug for rene kabelsystemer (d.v.s. kabelsystemer, hvor al kraftoptagelse sker gennem trækpåvirkede og forankrede elementer) med given størrelse af horisontaltrækket vil være uafhængigt af, om der benyttes et hængesystem, et viftesystem eller et harpesystem.



[Figur 6]

Statiske systemer for 3-spændsbro med viftesystem, undersøgt for teoretisk materialeforbrug i kabelsystemet og afstivningsdrageren. • Structural systems for 3-span bridge with fan shaped cable system, analysed with regard to theoretical quantity of steel in the cable system and in the stiffening girders.

Ref.: GIMSING, NIELS J.: Analytisk undersøgelse af materialeforbruget for plane kabelsystemer med ensformig fordelt belastning.

Endvidere vises, at anvendelsen af et viftesystem, hvor de vandrette elementer udgøres af afstivningsdrageren (og derfor skal udføres af kabelstål), vil kunne give en besparelse på op til 50% i forbruget af kabelstål sammenlignet med et hængesystem.

Endelig undersøges hvorledes normalkraftpåvirkningen i afstivningsdrageren påvirkes af viftesystemets og dragerens understøtningsforhold. Det vises her, at man ved udvendig forankring af bagstaget til en ankerblok kan opnå en meget betydelig reduktion af normalkraftpåvirkningen i afstivningsdrageren.

• The paper describes some analytical investigations on plane cable systems under uniform load.

By deducting expressions for the theoretical quantity of cable steel it is shown that this quantity is the same for the

suspension system, the fan system and the harp system provided that all systems are made as pure cable systems (with all elements in tension) and with the same horizontal force.

Furthermore, it is investigated how the arrangement of the supports for the fan shaped cable system and the stiffening girder affect the distribution of the normal forces in the girder. It is hereby shown that a considerable reduction of the normal forces can be achieved by anchoring the back stay to an anchor block instead of the stiffening girder.

GIMSING, N.J. og F. JOHNSEN: Pilotforsøg vedrørende pladefelters bæreevne. (• Pilot tests on the carrying capacity of steel plates in compression. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern rapport nr. I 58, 1978, 10s. Gratis.

Rapporten beskriver erfaringer og resultater fra en "pilotforsøgsserie" med trykpåvirkede pladefelter. De anvendte prøvelegemer er 1,85 m høje, kvadratiske søjler opbygget af fire 0,3 m brede stålplader af varierende tykkelser. Der er i forsøgsserien foretaget registrering af tøjninger, deformationer og bæreevne ved hjælp af strain-gauges, differentialtransformere og olietrykstransducere. Ved hjælp af skygge-moiré-metoden er samspillet mellem de forskellige pladefelters bucklingsmønster registreret.

• The report describes the experiences and results obtained from pilot tests on the carrying capacity of steel plates in compression.

The test specimens are made as 1.85 m high square columns built up from four 300 mm wide plates bolted together by intermittent angle bars at the corners. During the tests strains, deflections and forces are recorded by strain gauges, differential transformers and oil pressure transducers. Furthermore, the buckling modes are made visible by the use of the Moiré technique.

HANSEN, SVEND OLE: Vindbelastede skorstene. (● Wind loads on chimneys. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1979, 219s. [Lic.]. Fotokopi, kr. 125.-.

Med teorien for stokastiske bjælkesvingninger og en beskrivelse af den naturlige vind er der opstillet matematiske modeller baseret på spektralanalyse til fastlæggelse af vindfremkaldte svingninger i høje skorstene. Svingningerne i vindretningen og vinkelret på denne (tværsvingninger) behandles hver for sig.

Modellerne benyttes til beskrivelse af de opnåede, meget omfattende måleresultater på en 130 m høj, cirkulær betonskorsten ved Stignæs ved kysten til Storebælt. Målingerne blev udført af ISVA (Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning) og ABK (Afdelingen for Bærende Konstruktioner), der begge er institutter på Danmarks tekniske Højskole.

Der er foretaget målinger af vindtryk på skorstenen, såvel som accelerationer og tøjninger af skorstenen. Ca. 80 m fra skorstenen blev vindhastigheder og vindretninger målt på en 41 m høj meteorologimast. Der er ialt optaget 11 måleserier, hver af tre kvarters varighed, i perioden 1969-1973. De enkelte målestørrelser blev registreret 10 gange pr. sekund.

I samtlige måleserier er skorstenens tværsvingninger større end svingningerne i vindretningerne. Disse tværsvingninger skyldes hvirvelafløsning. Strømningen omkring skorstenen svarer til det transkritiske Reynolds tal område ( $Re \sim 10^7$ ).

Tværsvingningerne af skorstenen bestemt ved hjælp af den matematiske model er i udmærket overensstemmelse med målingerne; faktisk er afvigelserne altid mindre end 15%.

Afhandlingen publiceres senere i Afdelingens rapport-serie.

● Based on the theory of stochastic beam vibrations and a description of the natural wind, a mathematical model is set up to determine wind induced vibrations in tall chimneys. The vibrations in the wind direction and perpendicular on this are treated separately.

The mathematical model is used to describe the obtained, very comprehensive measuring results on a 130 m tapered concrete

chimney with circular section. The chimney in question is situated at Stigsnaes on the coast of the Great Belt in Denmark. The measurements were carried out by the Institute of Hydraulic Engineering (ISVA) and the Structural Research Laboratory (ABK), both departments of the Technical University of Denmark.

Measurements of wind pressures on the chimney as well as accelerations and bending moments of the chimney were made. On a 41 m meteorological mast approximately 80 m from the chimney, the corresponding wind velocities and wind directions were measured. A total number of 11 recordings have been obtained in the period 1969-1973. Each recording had a duration of three quarters of an hour and a scanning rate of 10 Hz per signal.

All recordings indicate a larger cross wind motion of the chimney than along the wind. These vibrations are due to vortex shedding. The flow around the chimney corresponds to the transcritical Reynolds Number region ( $Re \sim 10^7$ ).

The cross wind response of the chimney predicted by the mathematical model is in very good agreement with the measurements, in fact the deviations are always less than 15%.

The thesis will be published in the Department's series Rapport.

HESS, U.: • The anchorage strength of reinforcement bars at supports.

Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Final report. IABSE, Reports of the working commissions, Vol. 29, 1979, pp. 309-316. [\*].

• The theory of plasticity is used to attempt a solution of anchorage and splicing problems for deformed reinforcing bars.

The paper present calculations on anchoring of one and two bars in the support zone of a beam.

Plasticitetsteorien anvendes til løsning af forankrings- og stød problemet for forkammede armeringsjern.

Artiklen beskriver beregninger af forankringsstyrken for et og to armeringsjern i en bjælkes vederlagszone.

JENSEN, J.F.: • Plastic solutions for reinforced concrete beams in shear. Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Final report. IABSE, Reports of the working commissions, Vol. 29, 1979, pp. 71-78. [\*].

• The paper treats reinforced concrete beams in shear by means of the theory of plasticity. Disregarding the tensile strength of the concrete, exact solutions are found for some common cases of beams and loading, and comparison is made with test results. Furthermore, an upper-bound analysis is carried out to investigate the influence of the tensile strength of the concrete in beams without shear reinforcement.

Artiklen behandler forskydningspåvirkede jernbetonbjælker ved hjælp af plasticitetsteorien. Idet der ses bort fra betonens trækstyrke findes eksakte løsninger for nogle almindeligt forekommende bjælketyper og belastningstyper, og der sammenlignes med forsøgsresultater. Endvidere gennemføres en øvreverdianalyse af indflydelsen af betonens trækstyrke ved bjælker uden forskydningsarmering.

JENSEN, J.F., M.W. BRÆSTRUP, F. BACH og M.P. NIELSEN: Nogle plasticitetsteoretiske bjækeløsninger. (• Some plastic solutions concerning the load-carrying capacity of reinforced concrete beams. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 101, 1978, 50s. Gratis.

Rapporten behandler en række bæreevneproblemer ved jernbetonbjælker. Løsningerne findes ad ren teoretisk vej, idet de indgående materialer betragtes som værende stift, ideelt plastiske.

Hovedvægten er lagt på bjælker uden forskydningsarmering, men i et enkelt afsnit behandles den forskydningsarmede stringerbjælke under koncentreret last, og det nye er her en forbedret nedreværdi for små bøjlearmeringsmængder, hvilket for denne idealiserede bjælketype betyder, at der nu findes sammenfaldende øvre- og nedreværdi for alle grader af forskydningsarmering. For bjælker uden forskydningsarmering findes teore-

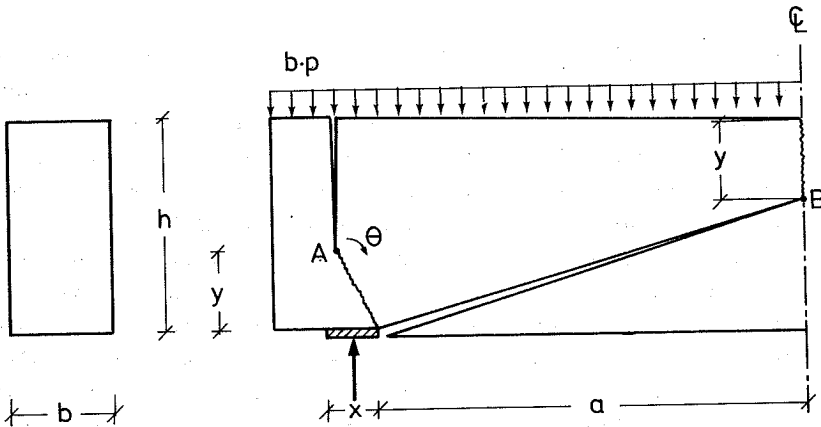
tisk set eksakte løsninger for tre belastningstilfælde, nemlig koncentreret last, jævnt fordelt last, samt central normalkraft kombineret med koncentreret last.

Ved udledelsen af ovennævnte løsninger, som findes i rapportens første del, er betonen ikke tillagt nogen trækstyrke. I den sidste del analyseres trækstyrkens betydning ved ikke-forskydningsarmerede bjælker, dels under koncentreret last, dels under jævnt fordelt last. Denne analyse gennemgås både for stringerbjælker og rektangulære bjælker, eftersom disse to bjælketyper opfører sig højst forskelligt under den fordelte last.

- The report treats some problems of load-carrying capacity of reinforced concrete beams. The solutions are theoretical, considering both concrete and reinforcement being rigid, perfectly plastic.

The majority of the report deals with beams without web reinforcement, but in one section the shear reinforced stringer beam under concentrated loading is treated, and in this case a new improved lower bound solution for small amounts of stirrup reinforcement is found, such that coinciding upper- and lower bound solution now exists for all degrees of shear reinforcement for this idealized type of beam. For beams without web reinforcement exact solutions are found for three loading cases, namely concentrated loading, distributed loading and central normal force combined with concentrated loading.

In the solutions mentioned above, no tensile strength is attributed to the concrete. In the last part of the report the influence of the tensile strength is analysed for beams without shear reinforcement under concentrated loading and distributed loading as well. This analysis is expounded for both stringer beams and rectangular beams, since these two types of beams behave quite differently under the distributed loading.



Brudmekanisme brugt ved øvre værdiløsning for jævnt fordelt last på rektangulær bjælke uden forskydningsarmering. • Yield mechanism for upper bound solution for uniform load on rectangular beam without shear reinforcement. Ref.: JENSEN, J.F., M.W. BRÆSTRUP, F. BACH og M.P. NIELSEN: Nogle plasticitetsteoretiske bjælkeløsninger.

JENSEN, J.F., V. JENSEN, H.H. CHRISTENSEN, F. BACH, M.W. BRÆSTRUP and M.P. NIELSEN: • On the behaviour of cracked reinforced concrete beams in the elastic range. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 103, 1978, 21s. Gratis.

• The stiffness of reinforced concrete beams under combined shear and bending and under torsion is studied after fully development of cracking. In both cases the method involves minimizing of the complementary, potential energy for a class of the statically admissible stress-distributions. Comparison with tests from the literature confirms the applicability of the method. For beams subjected to combined shear and bending, the results are employed to calculate safe limits for the permissible strut inclination used in shear design based on the truss analogy with variable strut inclination. Here it is required that yielding of the stirrups do not occur under service load. For beams subjected to torsion it is demonstrated, how the method leads to a usefull lower bound estimation of the stiffness.



Jernbetonbjælkens stivhed ved bøjning med forskydning og ved vridning studeres i det fuldt revnede stadium. Den benyttede metode involverer i begge tilfælde minimering af den komplementære, potentielle energi for en delmængde af de statisk tilladelige spændingsfordelinger. Ved sammenligning med forsøg fra litteraturen bekræftes metodens anvendelighed. For bjælker udsat for bøjning med forskydning benyttes resultaterne til at sætte sikre grænser for, hvor små betontrykhældninger, der her tillades anvendt under dimensionering af forskydningsarmeringen efter gitteranalogien med variabel trykhældning, når det kræves, at der ikke opstår flydning i bøjlerne i brugsstadiet. For bjælker udsat for vridning vises, hvorledes energibetragtningerne leder frem til en udmærket nedreværdi-bestemmelse af stivheden.

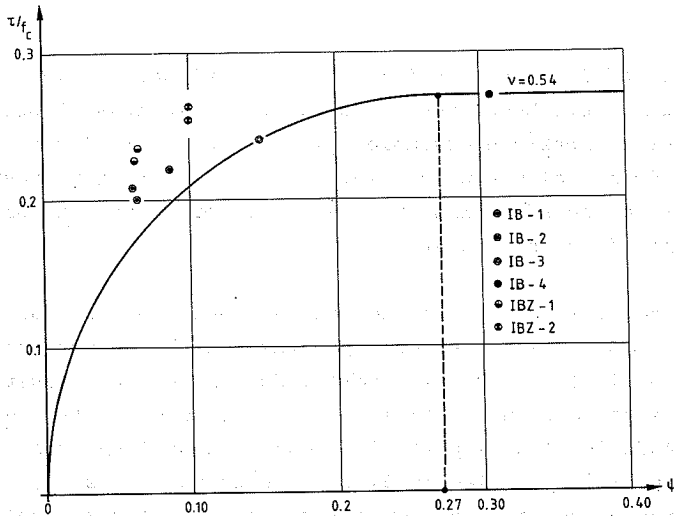
JENSEN, J.F., C. PEDERSEN, M.W. BRÆSTRUP, F. BACH og M.P. NIELSEN:

Rapport over forskydningsforsøg med 6 spændbetonbjælker.

(● Shear tests with 6 prestressed reinforced concrete beams. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 102, 1978, 28s. Gratis.

Rapporten beskriver forskydningsforsøg med seks forspændte jernbetonbjælker med I-tværsnit. Af forsøgene konkluderes, at trykbrudkriteriet for de undersøgte bjælker undervurderer forskydningsbæreevnen noget ved små bøjlearmeringsgrader, formentlig fordi de relativt store flanger kan bidrage væsentligt til forskydningsoptagelsen. Endvidere konstateres det, at de anvendte z-bøjler fungerer fuldt tilfredsstillende som forskydningsarmering, også selv om der ikke tages særlige forholdsregler til sikring af bøjlernes forankring.

● The report describes shear tests with six prestressed concrete I-beams. From the tests it is concluded that the web crushing criterion for the beams examined is somewhat underestimating the shear capacity at the lower degrees of shear reinforcement, probably because of the contribution to the shear resistance



$\tau/f_c$  som funktion af bøjlearmeringsgraden  $\psi$ . Forsøgene viste, at trykbrudkriteriet i nogen grad undervurderer forskydningsbæreevnen ved små bøjlearmeringsgrader. • Ratio of shear stress  $\tau$  to compressive strength  $f_c$  as function of the degree of shear reinforcement. The tests showed that the web crushing criterion tends to underestimate the shear capacity at lower degrees of shear reinforcement. Ref.: JENSEN, J.F., C. PEDERSEN, M.W. BRÆSTRUP, F. BACH og M.P. NIELSEN: Rapport over forskydningsforsøg med 6 spændbetonbjælker.

from the relatively large flanges. Furthermore it is demonstrated that the z-stirrups used work fully satisfactory, even if no particular measure is taken to ensure the anchorage of the stirrups.

KIRK, JENS: Direkte beregning af imperfekte skalkonstruktioner.

(• Direct calculation of imperfect shells. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 107, 1979, 174s. Gratis.

Denne rapport beskriver den teoretiske baggrund for en beregningsmetode for vilkårlige hyperelastiske skalkonstruktioner uden knæk. Der anvendes en elementmodel baseret på et kompatibelt finite element. Der anvendes en ikke-lineær tøjnings-flytningsrelation. En række numeriske eksempler, bl.a. bestem-

melse af imperfektionsfølsomhed for cylinderskaller er anført.

Endvidere beskrives en forenklet beregningsmetode, der anvendt på konkrete eksempler giver resultater, der nøje svarer til de med elementprogrammet fundne. Et par fremgangsmåder til bestemmelse af minimal bæreevne for foreskrevne imperfektionsamplitude er skitseret.

• The report gives the theoretical background for an implementation of a finite-element program for the geometrical non-linear analysis of elastic shells. Some numerical results concerning imperfection sensitivity of cylindrical shells are given.

Additional a simplified method is described. The method used on specific examples leads to results very close to those obtained by the finite-element program. Finally a couple of methods for determining the imperfection sensitivity are described.

KIRK, JENS: Stabilitet af tynde skalkonstruktioner. (• Stability of thin-shell structures. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern rapport nr. I 63, 1979, 7s. Gratis.

Rapporten beskriver hovedresultaterne af et forskningsprojekt udført ved Afdelingen for Bærende Konstruktioner.

Projektet har analyseret, hvorledes den maximale bæreevne for en elastisk skalkonstruktion er påvirket af geometriske imperfektioner. Dette er sket ved

- 1) at konstruktionen er modelleret med finite elementer, hvorefter en række ligevægtstilstande er bestemt.
- 2) at en tilnærmet metode, der forbinder last, imperfektionsniveau og flytningsniveau, er benyttet til at bestemme minimalværdier for bæreevnen.

Hovedresultaterne kan resumeres på følgende måde.

- 1) Det er muligt ved hjælp af elementmodellen at følge en given skalkonstruktions opførsel i det for praksis relevante område, fra ubelastet tilstand til foldning indtræffer.
- 2) Med den tilnærmede metode har eksempler vist, at det er mu-

ligt at opnå resultater, der harmonerer med elementmodellens, ved en yderst begrænset numerisk indsats.

- The report gives the main results of an investigation of imperfection-sensitivity of thin elastic shells.

The methods used are

- 1) modelling of the structure by non-linear compatible finite elements,
- 2) an approximate method which connects load, average displacement and imperfection.

The main results are

- 1) It is possible by means of the finite element model to describe the non-linear load-displacement-relation until buckling occurs.
- 2) The results of the approximate method used on given examples are almost identical with similar finite-element-calculations despite the greatly reduced numerical effort.

KJEMS, ARNE og HERBERT KRENCHER: Forankring af svejste armeringsnet af gruppe II. Svejste net af ribbestål. (● Anchorage properties of welded wire fabrics of group II. Fabrics of corrugated bars. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern rapport nr. I 64, 1979, 109s. Gratis.

Der er udført i alt 61 forsøg med pladeformede prøvelegemer, hvor to svejste armeringsnet af kamstål er stødt ved overlappning. Pladerne belastes enten statisk eller dynamisk i en firepunktsbøjepstilling, således at prøvestrækningen, - der foruden overlappingszonen består af de to tilgrænsende strækninger med armeringsnet - , er påført et rent moment.

Herved er der fundet forankringsegenskaber for svejste armeringsnet af gruppe II (i henhold til DS 13082). Følgende parametre er varieret:

- A. Diameter af længdejern (diameter af tværjernene er 60% heraf.

- B. Centerafstand mellem tværjern.
- C. Stålkvalitet.
- D. Styrke af svejsninger.
- E. Udformning af stødsamling (det ene net placeres enten ovenpå det andet eller i samme plan, som dette).
- F. Overlappingslængde.
- G. Tykkelse af betondæklaget.

Forsøgsresultaterne kan benyttes til bestemmelse af de nødvendige længder af overlappingsstød for opnåelse af fuld forankring af svejste ribbestålsnet.

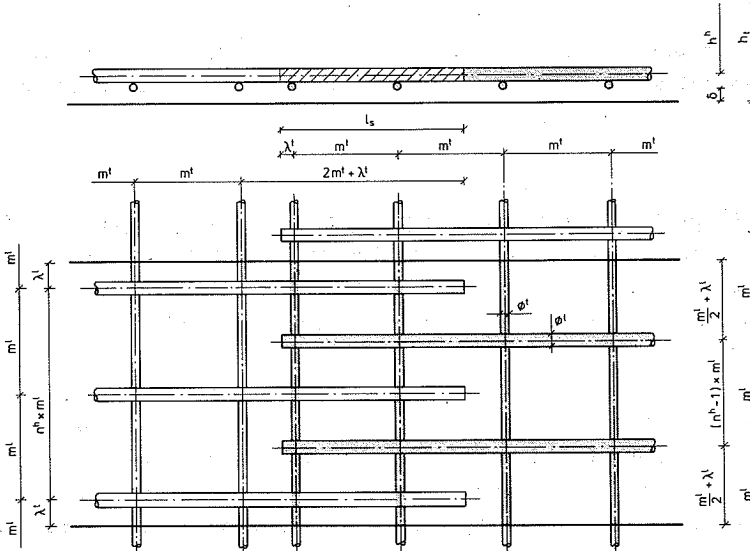
Forsøgene viser, at der under visse forudsætninger kan opnås betydelige reduktioner af stødlængden i forhold til, hvad der kræves i henhold til normen DS 411.

• A series of 61 tests with slabs has been carried out. In the test specimens, two welded wire fabrics of corrugated bars were spliced by overlapping. The slabs were put under either static or dynamics load in a four-point bending test set-up. In this way, the test zone - consisting of both the zone of overlapping and the two neighbouring zones of wire fabrics - was put under pure bending.

Anchorage properties of welded wire fabrics of group II (according to Danish Standard DS 13082) have been found. The following parameters were varied:

- A. Diameter of the longitudinal bars (the diameter of the transverse bars being 60% of this).
- B. Center to center distance of the transverse bars.
- C. Steel quality.
- D. Strength of the weldings.
- E. Arrangement of wire fabrics in the lap joint (the fabrics were placed either one on top of the other or in a common plane).
- F. Length of the splicing zone.
- G. Thickness of the concrete cover.

The test results may be used to determine the required length of a lap joint in order to secure full anchorage of welded fabrics of corrugated bars.



Stødsamling i svejste armeringsnet af ribbestål i jernbetonplade. Andre typer af stød i armeringsnet er også undersøgt. • Lap joint in welded wire fabric of deformed bars in reinforced concrete slabs. Other types of joints in wire fabric have also been tested. Ref.: KJEMS, ARNE og HERBERT KRENCHEL: Forankring af svejste armeringsnet af gruppe II. Svejste net af ribbestål.

The tests indicate that under certain conditions, it is possible to reduce the length of a lap joint related to what is required according to the Danish code of practice (DS 411).

KRENCHEL, HERBERT: Fiberarmeret cement og beton. (• Fibre-reinforced cement and concrete. In Danish). Materialnyt, nr. 5, 1979, pp. 53-63. [\*].

En gennemgang af de væsentligste forskelle mellem fiberarmerede plastmaterialer (FRP) og fiberarmeret cement og beton (FRC), herunder specielt FRC-materialernes brudmåde ved tøjninger ud over det sprøde matrixmateriales brudforlængelse. Diskussion af de forskellige typer armeringsfibre, som kan anvendes eller

tænkes anvendt til cementbundne materialer, herunder specielt plastfibre, som interessen er koncentreret stadig mere om indenfor de seneste år.

KRENCHEL, HERBERT: • Rupture mechanics in FRC-materials. Studies on concrete technology. Dedicated to Professor Svend G. Bergström on his 60th anniversary, December 14, 1979. Swedish cement and concrete research institute. Stockholm 1979. Pp. 161-168. [\*].

• The rupture behaviour and rupture mechanics of fibre-reinforced cement-based materials are discussed in relation to rupture in neat cement and concrete. It is concluded that, in order to achieve a financially viable utilization of the potentials offered by fibre reinforcement in cement and concrete structures, it must be possible to reinforce in such a way as to obtain the same stress-strain curve and the same, perfect rupture mechanism as in a high-quality asbestos-cement. In this type of failure, no real, transverse cracks, but only stable micro-cracks occur during the plastic stage of the stress-strain curve, so that the matrix simply becomes increasingly porous all the way up to the peak of the curve.

The conditions for such ideal co-operation between fibres and matrix are discussed on the basis of the experience gained in this field up to the present time. Finally, the contribution describes the actual possibilities and the difficulties encountered in reinforcing cement-based materials with plastic fibres.

En gennemgang af fiberarmerede cementmaterialers brudmekaniske opførsel sammenlignet med brud i ren cement og beton. Det konkluderes, at man, såfremt fiberarmering af cement og betonkonstruktioner skal have praktisk og økonomisk interesse, må kunne armere disse materialer på en sådan måde, at der opnås samme type arbejdskurve og samme ideelle brudmekanisme som i en høj-kvalitets asbestcement. Ved denne type brud opstår der ingen egentlige, diskrete tværrevner i matrixmaterialet i arbejdskur-

vens plastiske zone, men kun stabile mikro-revner, således at matrixen bliver kontinuerligt noget mere porøs hele vejen op til kurvens toppunkt.

Betingelserne for et sådant ideelt samarbejde mellem fibre og matrix diskuteres på grundlag af de erfaringer, der foreligger til idag. Til slut beskrives de potentielle muligheder og de vanskeligheder, der melder sig ved armering af cementbundne materialer med plastfibre.

KRENK, STEEN: • A circular crack under general asymmetric loads.

DCAMM report No. 146, Technical University of Denmark, 1978, 25s. (Also: Journal of Applied Mechanics, Vol. 46, 1979, pp. 821-826). [\*].

• A method of solution in terms of polynomials is developed for some integral equations that arise in connection with boundary-value problems for the circular disk. The key result is a Neumann series expansion of the kernel in terms of Gegenbauer polynomials. The method is developed in connection with the problem of a circular crack under general asymmetric loads and leads to explicit relations between the applied surface stresses and the crack opening. The method completely avoids the use of Abel integrals often associated with dual integral equations and is easily adapted to numerical calculations.

En løsningsmetode baseret på polynomier udvikles for nogle integralligninger der optræder i forbindelse med randværdiproblemer for en cirkulær skive. Metoden bygger på en udvikling af kernen i Gegenbauer polynomier og beskrives i forbindelse med en cirkulær revne i et uendeligt elastisk medium belastet med generelle ikke-symmetriske belastninger. Revnens åbning beskrives gennem simple direkte relationer ved de påførte spændinger, hvorved man undgår brug af Abel integraler. Metoden er velegnet til numerisk løsning af mere komplicerede problemer.



KRENK, STEEN: • A double envelope for stochastic processes. DCAMM report No. 134, Technical University of Denmark, 1978, 19s. [\*].

• A non-symmetric envelope for time series with continuous second derivative is introduced, and a detailed investigation is carried out for a stationary Gaussian stochastic process. The envelope predicts the correct distribution of the maxima and the correct mean value of the rises and falls. Both distributions take the shape of the power spectrum into account through a single shape parameter. Formulae for various crossing frequencies connected with the envelope are given, and differences from the symmetric envelope of Cramer and Leadbetter are noted.

KRENK, S. and H. SCHMIDT: • Vibration of an elastic circular plate on an elastic half space. A direct approach. DCAMM report No. 169, Technical University of Denmark, 1979. [\*].

• The axisymmetric problem of a vibrating elastic plate on an elastic half space is solved by a direct method, in which the contact stresses and the normal displacements of the plate are taken as the unknown functions. First, the influence functions which give the displacements in terms of the stresses are determined for the half space and the plate. Displacement continuity then takes the form of an integral equation. Due to the half space, the kernel is weakly singular, and a special solution technique that accounts for this is employed. The solution implies a direct matrix relation between the expansion coefficients of the contact stresses and plate deformations. The solution technique is valid for all frequencies and avoids asymptotic expansion in terms of the frequency. The plate is represented by the theory of Reissner and Mindlin, but the method is easily extended to more general plate theories as well as non-symmetric oscillations. The results include displacement and phase curves for rigid discs, power input for elastic plates and typical stress and deformation distributions at selected

phase angles. The results show considerable influence from the elastic properties of the plate.

Problemet vedrørende axialsymmetriske svingninger af en elastisk plade på et elastisk halvrum løses ved en direkte metode, hvor i kontakspændinger og normalflytninger af pladen indgår som ukendte funktioner. Først bestemmes influensfunktionerne, som giver sammenhængen mellem flytninger og spændinger for halvrummet og pladen. Flytningskontinuiteten antager da form af en integralligning. På grund af halvrummet er kernen svagt singular, og en speciel løsningsmetode, som tager højde for dette, anvendes.

Løsningen har form af en direkte matrix-relation mellem udviklingskoefficienter for flytninger og spændinger. Løsningsmetoden er anvendelig for alle frekvenser. Pladen er repræsenteret ved Reissner og Mindlins teori, men metoden kan anvendes ved mere generelle pladeteorier. Resultaterne inkluderer flytnings- og fasekurver for stive plader, effektoverførsel til halvrummet for elastiske plader samt typiske spændings- og flytningsfordelinger.

Resultaterne viser, at pladens elasticitet er af særdeles væsentlig betydning.

KÆRN, J.C.: • The stringer method applied to discs with holes. Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Final report. IABSE, Reports of the working commissions, Vol. 29, 1979, pp. 87-93. Gratis.

• In this paper a simple method - the stringer method - is discussed for constructing lower-bound solutions for reinforced concrete discs with holes. In the method normal stresses are concentrated in lines, the stringers, forming an orthogonal net. The rectangular areas between the stringers are assumed to carry pure shear only. The use of the method is described by simple examples. Further, the problem of optimizing the statical and geometrical variables is dealt with.

Artiklen omhandler en simpel beregningsmetode (stringermetoden) til etablering af nedreværdier for skiver med hul. I denne metode er normalspændingerne samlet i linier (stringere), som danner et ortogonalt net. De mellemliggende rektangler optager kun rene forskydningsspændinger. Metoden er anvendt på simple eksempler. Yderligere er vist, at der kan optimeres på de statiske og geometriske størrelser.

MADSEN, HENRIK OVERGAARD: • Load models and load combinations. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 113, 1979, 106s. Gratis.

• For many structures and for the development of codes load combinations can be studied as linear combinations of scalar stationary random processes. A review of proposed load models suggests that the class of random processes consisting of stationary Gaussian and renewal pulse processes provides a good description of the macrotime variation of most loads acting on buildings. The extreme value distribution of linear combinations of these processes can be bounded in terms of the mean upcrossing rate of a constant threshold level. Exact results and bounds on the mean upcrossing rate for linear combinations of independent processes can be calculated by Rice's formula. A convenient and close upper bound on the mean upcrossing rate involves only convolutions of mean upcrossing rates and random-point-in-time distributions of the individual load processes. This upper bound is often also the exact result.

The results for the mean upcrossing rate imply a format for checking equations in a level I code. The format is the same as the present CEB-code format based on the application of Turkstra's rule.

Et studie af linearkombinationer af skalære stokastiske processer er meget vigtigt for sikkerhedsvurdering af konstruktioner påvirket af flere tidsvarierende belastninger. Også for udvikling af bygnormer er dette vigtigt. For bærende konstruktio-

ner gælder, at de fleste belastningers tidsvariation kan beskrives ved en stationær Gaussisk eller renewal puls proces. Sandsynligheden for at maximalværdien af en linearkombination af sådanne processer er større end en given værdi kan begrænses af middelantallet af opkrydsninger af dette niveau. Eksakte værdier og øvre og nedre grænser for dette middelantal af opkrydsninger kan beregnes ved hjælp af Rice's formel. En simpel øvre grænse findes, som kun indeholder den marginale tæthedsfunktion og middelantallet af opkrydsninger for de enkelte processer. Denne øvre grænse antyder også, hvorledes belastningskombinationer bør behandles i en niveau 1 norm. Det foreslåede format er i overensstemmelse med det af CEB benyttede, som bygger på anvendelsen af Turkstra's regel.

NIELSEN, J. og N. ØRSKOV KRISTIANSEN: Bygning af en 5 m høj silo-model. ( • Building and instrumentation of a 5 m high silo model. In Danish). Nordisk gruppe for siloforskning, Rapport nr. 3. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1979. 27s. Gratis.

Ved Afdelingen for Bærende Konstruktioner har der gennem mere end 20 år været arbejdet med problemer vedrørende lastfastsættelsen i siloer. Disse arbejder har vist, at det er forbundet med betydelige eksperimentelle vanskeligheder at måle silotryk og tolke resultaterne korrekt. Målefejl fås især, når trykcellerne ikke er stive nok eller upræcist monterede. Fejltolkning optræder bl.a. som følge af betydelige trykkomplejninger fra upåagtede små imperfektioner i den indre overflades form.

Som led i et dansk-svensk forskningssamarbejde er der på Afdelingen for Bærende Konstruktioner bygget en 5 m høj silomodel med en diameter på 70 cm. Kravene til trykcellestivhed og mindskelse af geometriske imperfektioner er her opfyldt i en sådan grad, at de usikkerheder, der normalt findes ved tolkningen af siloforsøg, er reduceret væsentligt.

• At the Structural Research Laboratory, investigations on problems connected with determination of silo pressure have been

carried out over a period of more than 20 years. It has been shown that pressure cells have to be constructed sufficiently stiff and mounted with great accuracy, and that the results have to be interpreted in relation to imperfections in the geometry of the inner surface.

As part of a Danish-Swedish joint project, a 5 m high silo model with a diameter of 0,7 m has been built. The stiffness of the pressure cells and the imperfections on the inner surface have been controlled carefully. It is concluded that problems connected with interpretation of pressure measurements in this model are small.

NIELSEN, J. og N. ØRSKOV KRISTIANSEN: Opmåling af middelskalamodel.

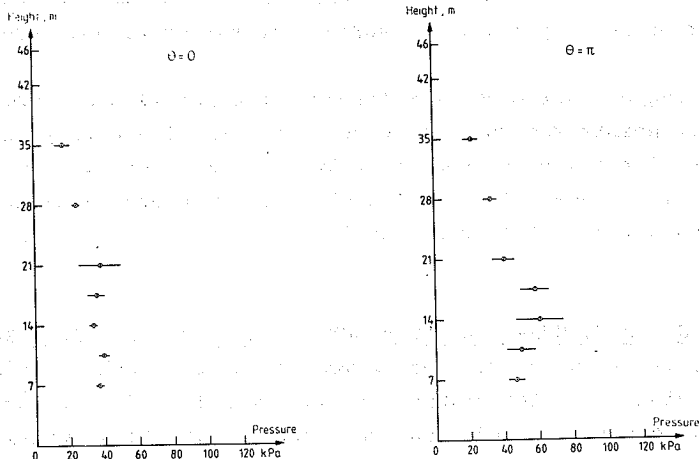
(• Surveying of geometry in a 5 m high silo model. In Danish). Nordisk gruppe for siloforskning, Rapport nr. 2. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1979. 30s. Gratis.

Som led i et dansk-svensk forskningssamarbejde til fastlæggelse af skalafejl ved udførelse af forsøg med silomodeller er der på Afdelingen for Bærende Konstruktioner opbygget en model silo der er 5 m høj og har en indre diameter på 0,7 m. Af hensyn til tolkning af trykmålinger i modellen er den indre geometri målt op.

Modellens indre geometri er fastlagt langs 12 frembringere, med en indbyrdes afstand langs den enkelte frembringer på 10 cm. Til opmålingen er anvendt en skive, hvorpå der er monteret 12 differentialtransformere. Ved hjælp af en to-akset optisk flytningsmåler er skivens placering fastlagt i forhold til en laserstråle, der er sendt op gennem modellen i nærheden af cylinderaksen. Modellens indre overflade er herved blevet fastlagt med en nøjagtighed på  $\pm \frac{1}{10}$  mm. Afvigelse fra en perfekt cylinder er beregnet ved hjælp af EDB.

Modellens indre geometri er sammenlignet med den indre geometri i en stor betonsilo i Karpalund. Denne silo benyttes også i forbindelse med det dansk-svenske projekt.

• As part of a Danish-Swedish joint project, a silo model has



Under fyldning af en cirkulær silo regnes normalt med en rotationssymmetrisk trykfordeling. Figureerne viser målte tryk, som en funktion af målepunktets højde over bunden i en cirkulær silocelle med ekscentrisk fyldning. Figuren til højre viser trykfordelingen i den side, hvor materialet lander, og figuren til venstre viser trykfordelingen i modsat side. Momenter forårsaget af ikke rotationssymmetrisk last regnes at være en af de væsentlige årsager til en række siloskader, som i de senere år er konstateret i Sverige. • During filling of a circular cylindrical silo, a rotational symmetric pressure distribution is normally used. The figures show measured pressures as a function of the height of the measuring points over the bottom of the silo. The right one shows the pressure distributions on the side where the material lands and the left one shows the pressure distribution on the opposite side. Bending moments arising from non-rotational symmetry in the pressure distribution is expected to be one of the essential reasons why a series of silos have been damaged in Sweden over the last few years. Ref.: NIELSEN, J. og N. ØRSKOV KRISTIANSEN: Trykmåling på silo i Karpalund.

been built at the Structural Research Laboratory. The model is 5 m high with a diameter of 0.7 m. To obtain a correct interpretation of the results from pressure tests, the geometrical imperfections on the inner surface of the model have been surveyed.

Using a laser beam as reference, the position of approximately 500 points was determined such that the inaccuracy in the radial direction is approximately  $\pm 0.1$  mm. Deviations from a perfect cylinder (imperfections) were computer-calculated and mapped out on a folded-out surface.

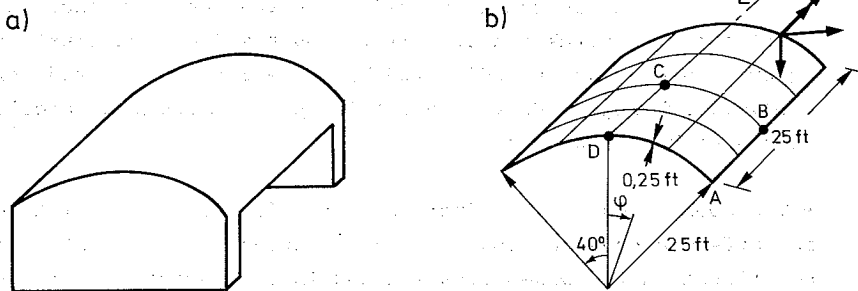
NIELSEN, J. og N. ØRSKOV KRISTIANSEN: Trykmåling på silo i Karpalund. (● Pressure cell measurement in a 50 m high grain silo. In Danish). Nordisk gruppe for siloforskning, Rapport nr. 5. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1979. 113s. Gratis.

Som led i et dansk-svensk projekt er udført en trykmåling i en 46 meter høj cirkulær silo, fyldt med byg. Det er vist at Janssens formel undervurderer trykket, også under fyldning, og at ekscentrisk indløb kan give anledning til betydelige afvigelser fra en rotationssymmetrisk trykfordeling. Under tømning er der konstateret meget betydelige overtryk, hvis fordeling afhænger af om tømningen foregår centrisk eller ekscentrisk. Resultaterne er bekræftet af andre undersøgelser, udført som led i det dansk-svenske projekt.

● As part of a Danish-Swedish joint project, a pressure cell measurement, has been carried out in a 46 m high circular silo filled with barley.

It has been shown that the pressure is higher than expected from the Janssen expression, also during filling. Further, it was found that eccentric inlet can give rise to considerable deviations from a rotational symmetric pressure distribution. The emptying gave rise to excessive pressures, whose distribution was dependent on centric or eccentric outlet.

The results were confirmed by other investigations carried out in the course of the Danish-Swedish project.



Cylinderskaltag beregnet med elementmetoden. • Cylindrical shell roof analysed with finite elements. Ref.: LEIF OTTO NIELSEN: Elementmetoden. Krumme elementer.

NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Krumme elementer. (• The finite element method. Curved elements. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 71, 1978, 73s. Kr. 26.-.

I notatet gennemgås nogle metoder til konstruktion af krumme elementer og de herved fremkomne elementers nøjagtighed og brugbarhed vurderes. Som udgangspunkt anvendes de i forhold til skalelementer relativt simple krumme bjælkeelementer. Herved bliver det muligt på simpel vis at belyse en række af de problemer, der er knyttet til konstruktionen og brugen af skalelementer.

• In the book some methods for construction of curved finite elements are analysed. The basis is some relative simple curved beam elements. Hereby it is possible to illustrate in a simple manner some of the problems connected to construction and application of shell elements.

NIELSEN, LEIF OTTO: Introduktion til numerisk beregning af offshore konstruktioner. (• Introduction to finite element method for offshore constructions. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 75, 1979, 55s. Kr. 22.-.



Notatet giver en introduktion til elementmetodens anvendelse på offshore konstruktioner. Samvirkningen mellem konstruktion og omgivende væske behandles ved bølgepåvirkninger og ved jord-skælvspåvirkninger. Endvidere omtales problemerne ved modelleringen af konstruktionen.

- The book gives an introduction to the finite element method for offshore constructions. The structure-fluid interaction is considered in the wave situation and in the earthquake situation. Finally, the structural modelling problems are considered.

NIELSEN, LEIF OTTO: Opgaver i pladers, skivers og massivers statik.

(• Exercises in the statics of plates, discs, and solids. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 72, 1979, 49s. Kr. 21.-.

Den foreliggende opgavesamling anvendes til undervisningen i statik for elastiske eller plastiske plader, skiver og massiver.

- The present collection of exercises is used in connection with the education in statics of elastic or plastic slabs, plates and solids.

NIELSEN, M.P.: • Some examples of lower-bound design of reinforcement in plane stress problems. Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Final report. IABSE, Reports of the working commissions, Vol. 29, 1979, pp. 317-324. [\*].

- The paper demonstrates how simple statically admissible stress fields can be used for the determination of reinforcement in plane stress problems, and presents some standard formulae for the necessary amount of reinforcement as a function of stresses. The problems treated are shear, torsion and combined bending, torsion and shear in beams.

Artiklen viser, hvordan simple statisk tilladelige spændingsfelter kan anvendes til at bestemme armeringen i plane spændingsproblemer. Der angives nogle standardformler for armeringens størrelse som funktion af spændingerne. De behandlede problemer er forskydning, vridning og kombineret bøjning, vridning og forskydning i bjælker.

NIELSEN, M.P.: • The theory of plasticity for reinforced concrete slabs. Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Introductory report. Reports of the working commissions, Vol. 28, 1978, pp. 93-114. [\*].

• The paper presents a short survey of the plastic theory of reinforced concrete slabs. Only the most fundamental aspects of the theory together with a short introduction to new areas of development have been dealt with.

Artiklen giver en kort oversigt over plasticitetsteorien for jernbetonplader. Kun de mest grundlæggende træk af teorien og en kort indledning til nye udviklingsområder omtales.

NIELSEN, M.P., M.W. BRÆSTRUP, B.C. JENSEN and FINN BACH: • Concrete plasticity. Beam shear. Punching shear. Shear in joints. Danish society for structural science and engineering. Structural research laboratory. Lyngby 1978. 129s. Kr. 105.-.

• The classical theory of plasticity is applied to shear problems in reinforced concrete structures. The concrete is described as a rigid, perfectly plastic material with the modified Coulomb failure criterion as yield condition, and the associated flow rule. In most cases, the tensile concrete strength is neglected, and the uniaxial compressive strength is replaced by a reduced effective strength. The reinforcing bars are described as rigid, perfectly plastic and unable to resist lateral forces. Expressions are given for the dissipation in yield lines in

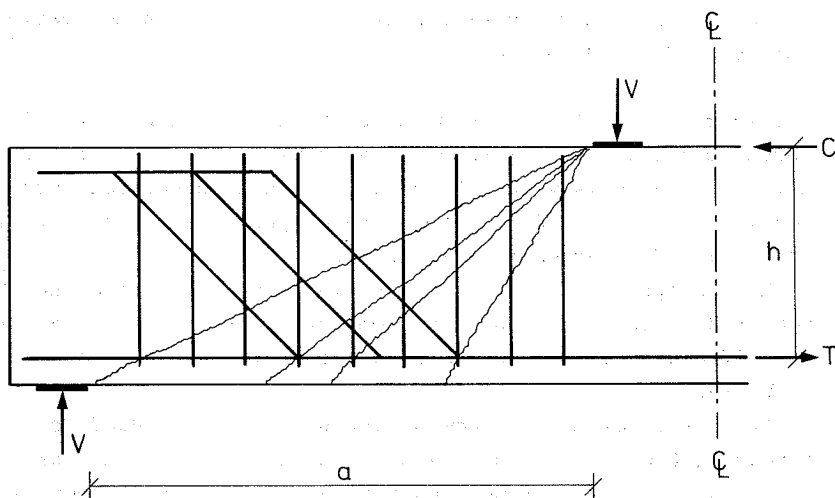
plane strain and plane stress. Upper and lower bound solutions are derived for the shear strength of beams with vertical, inclined, or no stirrups, and for the shear strength of joints. Upper bound solutions are derived for the punching shear strength of slabs and the pull-out strength of imbedded bolts.

Den klassiske plasticitetsteori anvendes på jernbetonkonstruktioner. Betonen beskrives som et stift, idealt plastisk materiale med Coulombs modificerede brudbetingelse som flydebetingelse og den associerede flydelov. I de fleste tilfælde ses bort fra betonens trækstyrke, og den enaksede trykstyrke erstattes med en reduceret, effektiv betonstyrke. Armeringsstængerne beskrives som stift, idealt plastiske og ude af stand til at optage kræfter vinkelret på deres længderetning. Der angives udtryk for det indre arbejde i brudlinier i plan tøjningstilstand og plan spændingstilstand. Øvre og nedre værdier udledes for forskydningsstyrken af bjælker med lodrette, skrå, eller ingen bøjler, og for forskydningsstyrken af fuger og støbeskel. Øvre værdier udledes for gennemløkningsstyrken af plader og udtrækstyrken af indstøbte bolte.

PEDERSEN, C.: • Shear in beams with bent-up bars. Plasticity in reinforced concrete, IABSE colloquium, Copenhagen 1979, Final report. IABSE, Reports of the working commissions, Vol. 29, 1979, pp. 79-86.

• The shear strength of reinforced concrete beams with bent-up bars as shear reinforcement is analysed by means of the upper bound theorem of the theory of plasticity. The upper bound solutions are compared with the results from a number of tests and good agreement is found.

Forskydningsstyrken af jernbetonbjælker med opbøjet længdearmering som forskydningsarmering analyseres ved hjælp af plasticitetsteoriens øvre værdi sætning. Øvre værdi løsningerne sammenlignes med resultater fra en række forsøg, og der findes god overensstemmelse.



Mulige brudlinier for bjælker med kombination af lodrette bøjler og opbøjet armering. • Possible yield lines for a reinforced concrete beam with combined stirrups and bent-up bars as shear reinforcement. Ref.: PEDERSEN, C., J.F. JENSEN, M.P. NIELSEN og F. BACH: Opbøjet længdearmering som forskydningsarmering.

PEDERSEN, C., J.F. JENSEN, M.P. NIELSEN og F. BACH: Opbøjet længdearmering som forskydningsarmering. (• Bent-up bars as shear reinforcement. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 100, 1978, 21s. Gratis.

Rapporten omhandler en række øvreverdiløsninger for jernbetonbjælker med henholdsvis opbøjet længdearmering og kombination af opbøjet længdearmering og lodrette bøjler, som forskydningsarmering. De udviklede øvreverdiløsninger sammenlignes med et antal forsøg (32) fra tilgængelig litteratur.

Der findes god overensstemmelse mellem de beregnede brudlaste og de, der fandtes ved forsøgene. Nogle tidligere fremsatte påstande vedrørende effektiviteten af opbøjet længdearmering som forskydningsarmering synes derfor ikke at være sande.

Til slut angives et eksempel på, hvorledes opbøjet længdearmering kan anvendes til at styre brudliniens forløb, og der gi-

ves en kortfattet vejledning i brug af opbøjet længdearmering som forskydningsarmering.

- This report deals with some upper bound solutions for reinforced concrete beams with combined bent-up bars and vertical stirrups and beams with only bent-up bars as shear reinforcement. The upper bound solutions are compared with a number of tests (32) from accessible literature.

A good agreement between the yield loads calculated and those measured in tests is found and some previous statements about the efficiency of bent-up bars as shear reinforcement appear to be false.

At last an example of how a bent-up bar can be used for governing the position of a yield line is shown and a short guide about the use of bent up bars as shear reinforcement is given.

PEDERSEN, FLEMMING BLIGAARD: • Vibration analysis of viscoelastically damped sandwich structures. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 88, 1978, 138s. Gratis.

- The thesis presents a general method for the analysis of dynamically loaded, viscoelastically damped sandwich structures. First a historical review is given of the methods of calculations previously used for the analysis of the type of structure in question. Hereafter a Finite Element Method is proposed, and as a part of that, a linear, viscoelastic model is developed to represent the materials used in the sandwich structures. This material model is formulated so generally that it can be used for any time-dependent load. The element method equations are then formulated for forced harmonic and free vibrations.

In the last part the model formulated is used to analyse viscoelastically damped sandwich beams, and the influence of different parameters is illustrated. The results from the Finite Element Method are also compared with some results from experiments with sandwich beams, and there appears to be good accordance between the results.

Afhandlingen præsenterer en generel metode til analyse af viskoelastisk dæmpede sandwichkonstruktioner. Først er givet en historisk gennemgang af de metoder, der tidligere er benyttet til analyse af den omtalte konstruktionstype. Herefter er foreslået en elementmetode, og som en del af den er udviklet en lineær viskoelastisk materialmodel. Denne materialmodel kan repræsentere alle indgående materialer, og er endvidere formuleret så generelt, at den kan benyttes ved vilkårlig tidsafhængig belastning. Elementmetodeligningerne er herefter opstillet for tvungne harmoniske og frie svingninger.

I sidste del er den formulerede model benyttet til analyse af viskoelastisk dæmpede sandwichbjælker, og indflydelsen af forskellige parametre er illustreret. Resultaterne fra Elementmetodeberegningerne er også sammenlignet med nogle resultater fra forsøg med sandwichbjælker, og der er fundet god overensstemmelse.

Resumeoversigt 1978. • Summaries of papers 1978. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 108, 1979, 57s. Gratis.

Resuméer af 34 videnskabelige publikationer m.v., af 3 rapporter over rekvirerede arbejder og af 7 eksamensarbejder.

• Summaries in Danish and English of 34 scientific papers etc., of 3 reports on contract work and of 7 final year theses.

RIBERHOLT, HILMER: Bærende trækonstruktioner i haller. (• Hall structures made of timber. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 74, 1979, 59s. Kr. 25.--.

I dette notat er der foretaget en gennemgang af halkonstruktioner, hvor de bærende konstruktioner er udført af træ eller træbaserede materialer. Notatet omhandler primært de bærende hovedkonstruktioner, mens hallers inddækning og sekundære konstruktioner kun er omtalt i den udstrækning, de har indflydel-

se på hovedkonstruktionerne eller, hvor der forekommer særlige forhold.

- This textbook goes through hall structures made of timber, glulam or wood based materials. The textbook deals primarily with the main structures, while the cladding and the secondary structures are mentioned only when they have an influence on the main structures or when special circumstances appear.

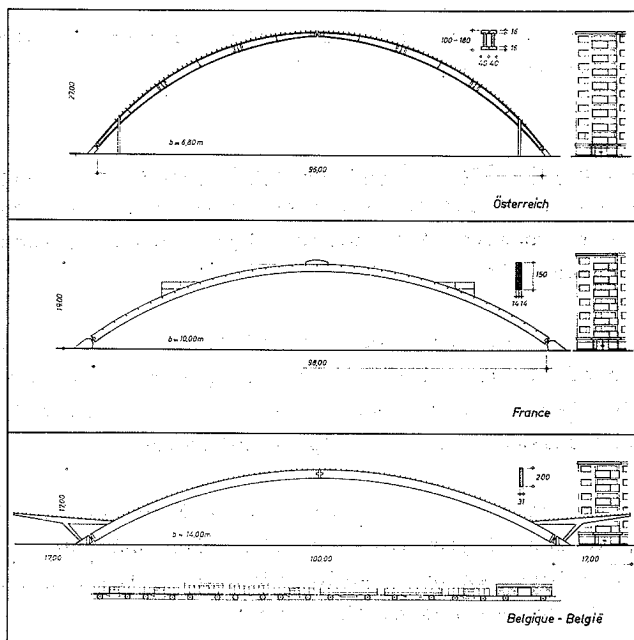
RIBERHOLT, H.: Eingeleimte Gewindestangen. (• In glulam glued bolts. In German). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 99, 1978, 67s. Gratis.

- This paper aims at an enumeration of research results for the single bolt connection and on this basis to point out a suitable application in and design of structures. Further, there will be focused on special conditions in some types of bolt connections.

Dette notat har til fordel at opregne forskningsresultaterne for den enkelte bolteforbindelse, og herudfra pege på hensigtsmæssige anvendelser og udformninger. Endvidere vil der blive fokuseret på specielle forhold ved nogle typer af bolteforbindelserne.

RIBERHOLT, H.: Gitterkonstruktioner. Oversigt over beregningsmetoder. (• Lattice structures. Survey over calculation methods. In Danish). Nordisk træsymposium 1979. Statens byggeforskningsinstitut, 1979. Pp. 479-499. [\*].

Der redegøres for den forventede udvikling af statiske beregningsmetoder for træspær i de nordiske lande. De to nordiske komiteer har delt beregningsmetoderne op i tre emner. 1) Analyse af kræfter og momenter tænkes foretaget på basis af en rammemodel, der tager hensyn til optrædende ekscentriciteter. 2) Eftervisning af trædelenes styrke foreslås foretaget under hensyntagen til, at naturlige fejl (knaster o.s.v.) forekomst



Eksempler på limtræbuer med stor spændvidde. • Examples of long-spanned glulam arches. Ref.: RIBERHOLT, HILMER: Bærende trækonstruktioner i haller.

og deres indflydelse på tværsnitsstyrken er stokastiske størrelser. 3) Eftervisning af tandpladernes styrke tænkes forenklet med udgangspunkt i mere virkelighedsnære antagelser om kraftoverførslen i brudstadiet.

• A review is given of the expected development of static calculations for timber trusses in the Nordic countries. The two Nordic committees have divided the calculation methods into three topics. 1) Analysis of forces and moments is intended based on a frame model, which takes into account the appearing eccentricities. 2) It is proposed that the dimensioning of the timber is undertaken considering that the natural defects (e.g. knots) occur randomly along the beam axis, and that their influence on the cross sectional strength is a stochastic quantity. 3) The dimensioning of the nail plates is intended simplified with a star-



ting point in more realistic assumptions of transfer of forces in the limit state.

RIBERHOLT, H.: Huller i forskydningspåvirkede limtræbjælker.

(● Holes in glulam beams subjected to shear. In Danish). Nordisk træsymposium 1979. Statens byggeforskningsinstitut, 1979. Pp. 449-451. [\*].

På basis af foresøgsresultater eftervises, at styrkeeftersvningen af limtræbjælker med huller påvirket til forskydning kan foretages efter samme metode, som anvendes ved limtræbjælker med udskæringer ved understøtningerne.

● On the basis of test results it is demonstrated that the dimensioning of glulam beams with holes and subjected to shear can be undertaken by a method similar to the one employed for glulam beams notches at the supports.

RIBERHOLT, H.: ● Tapered timber beams. International council for building research studies and documentation. Working commission W18 - timber structures. Vienna, March 1979. CIB-W18/11-10-1. Issued by CIB-W18 secretariat at Building research establishment, Princes Risborough, England. 14s. [\*].

● There is proposed a method to calculate the stress distribution in tapered wood beams. The wood is assumed to be linear-elastic ortotropic.

The Norris interaction formula has been employed to compare measured and predicted bending strengths of glulam and solid clear timber beams.

There was found a good agreement between measured and predicted bending strength of glulam beams.

Der er fremsat en metode til spændingsanalyse af træbjælker med variabel højde. Træet er antaget at være ortotrop lineærelastisk.

Ved hjælp af Norris brudkriterium er der foretaget en sammenligning af teoretiske og målte bøjestykker af limtræ og fejlfrie træbjælker.

Der er for limtræbjælker fundet god overensstemmelse mellem teori og målinger.

RIBERHOLT, H. and P. HAUGE MADSEN: • Strength distribution of timber structures. Measured variation of the cross sectional strength of structural lumber. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 114, 1979, 69s. Gratis.

• A model is proposed which takes into account the variation of the cross sectional strength along a timber beam. It is assumed that the strength along the beam is constant except where defects occur. The strength of cross sections without defects is described by a stochastic variable, the occurrence of a defect by a Poisson process, and the strength of a cross section with defects by another stochastic variable.

Methods are proposed by which the parameters can be estimated, and the estimation is carried out on Scandinavian coniferous lumber. Following is estimated:

Parameters in the cumulative distribution function for the strength of a random cross section with defects.

The intensity  $\lambda$  of the occurrence of defects.

The correlation between the strength of cross sections with defects within the same beam.

The correlation between the tensile strength and the bending strength of a cross section with defects.

Der er fremsat en model, der tager hensyn til tværsnits styrkens variation langs en træbjælke. Det er antaget, at styrken langs en bjælke er konstant undtagen, hvor der forekommer fejl. Styrken af tværsnit uden fejl beskrives ved en stokastisk variabel, forekomsten af fejl ved en Poisson proces, og styrken af et tværsnit med fejl ved en anden stokastisk variabel.

Der er fremsat metoder, hvorved parametrene kan estimeres,

og estimeringen er udført for tømmer af skandinavisk nåletræ. Følgende er estimeret:

Parametre i den kumulerede styrkefordelingsfunktion for et tilfældigt tværsnit med fejl.

Intensiteten  $\lambda$  for forekomsten af fejl.

Korrelationen mellem styrken af tværsnit med fejl inden for den samme bjælke.

Korrelationen mellem træk- og bøjningsstyrken af et tværsnit med fejl.

ROIKJÆR, M., C. PEDERSEN, M.W. BRÆSTRUP, M.P. NIELSEN og F. BACH:

Bestemmelse af ikke-forskydningsarmerede bjælkers bæreevne.

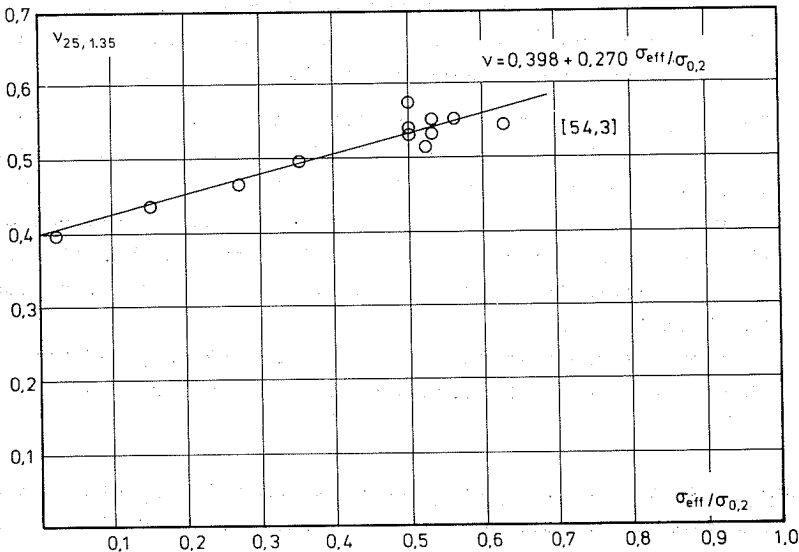
(• Determination of the shear strength of reinforced concrete beams without shear reinforcement. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern rapport nr. I 62, 1979, 44s. Gratis.

Tidligere er fundet sammenfaldende værdier af øvre- og nedreværdier for forskydningsbæreevnen af en ikke forskydningsarmeret jernbetonbjælke. I udtrykket for bæreevnen indgår en korrektionsfaktor  $v$ , der tager hensyn til følgende forhold:

- 1) Betonen har ikke ubegrænset deformationskapacitet.
- 2) Spændingstilstanden i bjælkekroppen er ikke plan som forudsat.
- 3) Der tages ikke hensyn til betonens trækstyrke.
- 4) Flangernes bidrag til forskydningsbæreevnen for I- og T-tværsnit negligeres.

I denne rapport er der på grundlag af statistisk analyse af resultaterne fra et stort antal forsøg opstillet empiriske formler for  $v$  som funktion af betonens cylindertrykstyrke, bjælkens totalhøjde, den geometriske armeringsprocent og forholdet mellem forskydningsspændvidden og totalhøjden for forskellige tværsnitsformer. Desuden er forspændingens indflydelse på forskydningsbæreevnen undersøgt.

Ved sammenligninger mellem målte og beregnede bæreevner findes god overensstemmelse.



Ekspimentelt bestemte værdier af betons effektivitetsfaktor  $v$  for en serie delvist forspændte rektangulære bjælker uden forskydningsarmering som funktion af forholdet mellem den effektive spænding  $\sigma_{\text{eff}}$  og flydespændingen  $\sigma_{0,2}$  i spændarmeringen. Undersøgelsen viser en lineær relation mellem  $v$  og forspændingsgraden. • Experimentally determined values of the effectiveness ratio  $v$  of the concrete for a series of partially prestressed rectangular beams without shear reinforcement as function of the ratio between the effective stress  $\sigma_{\text{eff}}$  and the yield stress  $\sigma_{0,2}$  of the reinforcement. The analysis shows a linear relation between  $v$  and the degree of prestressing. Ref.: ROIKJÆR, M., C. PEDERSEN, M.W. BRÆSTRUP, M.P. NIELSEN og F. BACH: Bestemmelse af ikke-forskydningsarmerede bjælkens bæreevne.

• Earlier identical values of upper- and lower-bound solutions for the shear strength of a reinforced concrete beam without shear reinforcement have been found. This involves knowledge of an effectiveness ratio  $v$ , which takes into account the following restrictions:

- 1) The concrete has not unlimited capacity of deformation.
- 2) The state of stresses in the web is not plane as assumed.

- 3) The tensile strength of the concrete is neglected.
- 4) The contribution of the flanges to the shear strength for I- and T-shaped cross-sections is neglected.

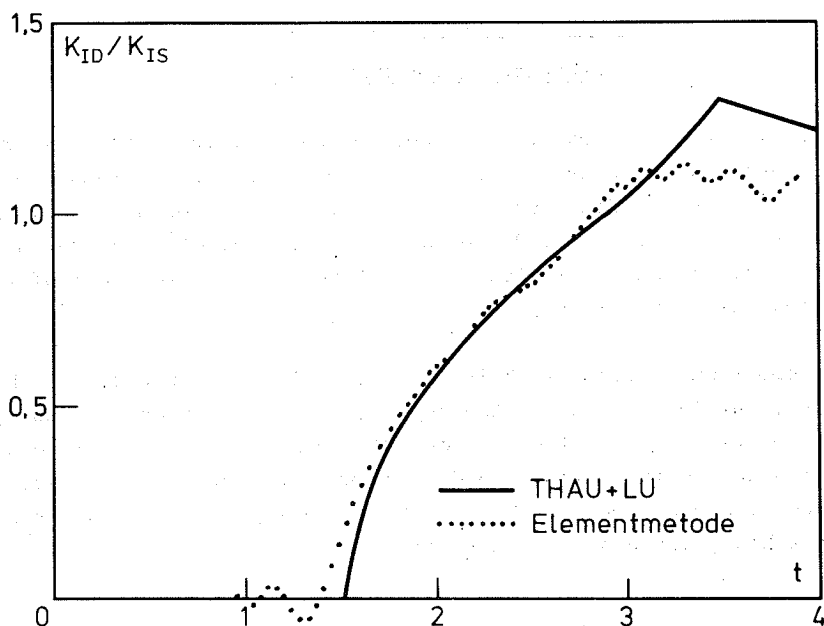
This paper presents a formula for  $v$  as a function of the concrete strength, the total height of the beam, the geometrical reinforcement percentage and the ratio between the shear span length and the total height of the beam. The formula has been obtained by statistical analysis of a large number of tests from the literature. Further more, the effect of prestressing has been investigated.

When the shear strengths calculated are compared with those, which are obtained by tests, good agreement is found.

SCHMIDT, HENRIK: Udbredelse af akustisk emission i beton. (● Propagation of acoustic emission in concrete. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 93, 1978, 124s. Gratis.

Akustisk emission formodes under udbredelsen i beton at blive kraftigt påvirket af mikro- og makrorevner. En dynamisk finite-elementmetode er anvendt til analyse af revners indflydelse på mekaniske bølger. Sammenligning er foretaget med tilsvarende analytiske og eksperimentelt bestemte løsninger. På baggrund af de opnåede overensstemmelser synes denne metode at kunne blive et værdifuldt værktøj til analyser af revners indflydelse på udbredelsen af akustisk emission.

- The acoustic emission propagating in concrete is assumed to be affected by micro- and macrocracks. A dynamical finite-element-method has been used to analyse the influence of cracks on stress waves. The results have been compared to similar analytically and experimentally obtained solutions. The obtained correspondence seems to indicate, that this method can become a valuable tool for analysis of the influence of cracks on the propagation of acoustic emission.



Dynamisk spændingsintensitetsfaktor  $K_{ID}$  ved revne i elastisk materiale under bølge i plan tøjningstilstand.  $K_{IS}$  = statisk værdi.  $t$  = tid. Sammenligning mellem elementmetodeløsning og analytisk løsning af Thau og Lu. • Dynamic stress intensity factor  $K_{ID}$  at crack in elastic medium under wave in plane strain.  $K_{IS}$  = static value.  $t$  = time. Comparison between finite element method solution and analytical solution by Thau and Lu. Ref.: SCHMIDT, HENRIK: Udbredelse af akustisk emission i beton.

## 2. REKVIREREDE UNDERSØGELSER

### ● Reports on contract work

Rapporten over en rekvireret undersøgelse er principielt rekvirentens ejendom, men dels kan der altid gives rent orienterende oplysninger om, hvad Afdelingen kan udføre af målinger på det pågældende felt ved henvendelse til den person, der er angivet under sagen, og dels er det muligt i visse sager at udlevere en fotokopi af rapporten, dersom rekvirenten har givet sin tilladelse hertil.

● A report on contract work is, in principle, the property of the client, but information on the types of measurement undertaken by the Department in the field in question can always be obtained by application to the person named under the project, and for certain projects, a photocopy of the report can be supplied provided the client has given his consent to this.

Stensalts mekaniske egenskaber. (● Mechanical properties of rock salt. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Sags-rapporter nr. S 29/73, S 34/77, S 37/77, S 24/78 og S 7/79.

Gennem de sidste par år har Afdelingen udført en lang række undersøgelser vedr. fastlæggelse af de mekaniske egenskaber af stensalt fra danske salthorste.

Baggrunden for undersøgelserne har været projekter til forskellige udnyttelser af salthorstene til opbevaring af højradioaktivt affald samt lagring af naturgas og udnyttelse som energireservoir i form af trykluftkamre.

Forsøgene omfatter saltets egenskaber ved kortvarige belastninger, herunder cykliske belastninger og desuden bestemmelse af saltets krybningsegenskaber ved konstant og varierende belastning. Visse af forsøgene vil blive udført ved højere temperaturer.

Rekvirent: DONG A/S, ELSAM og forsøgsanlæg Risø.

Rapporterne i deres helhed er p.t. ikke offentligt tilgængelige. For yderligere oplysninger henvendelse til civilingeniør, lic. techn. H. Schmidt eller laboratorieingeniør S. Gravesen.

• During the recent couple of years, the Laboratory has carried out a series of test programs concerning determination of the mechanical properties of rock salt from the Danish salt domes.

The background has been several projects concerning utilization of the domes for radioactive waste disposal, storage of natural gas and energy in the form of high pressurized air.

The tests include static and cyclic short term and long term loading programs. Some test will be performed at higher temperature levels.

Clients: DONG A/S, ELSAM and Risø National Laboratory.

The reports in their entirety are not available to the public. Requests for further information may be addressed to civil engineer, lic. techn. H. Schmidt or laboratory engineer S. Graven, ABK.

Instrumentering af og kalibreringsforsøg med ydervinge og stålbjælker til prototypevindmølle B. (• Laboratory tests on an instrumented blade from the Nibe B wind turbine. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, sagsrapport nr. S 31/78, 1979. 49s. + 63 bilag.

Der er gennemført instrumentering af en af ydervingerne til Nibe Mølle B og af 3 stålbjælker. Ydervinge og bjælker er instrumenteret med strain gages, monteret og koblet således at signalet fra en kobling så vidt muligt giver en entydig bestemmelse af en snitkraft.

Der er instrumenteret 3 snit i hver stålbjælke, i to af snitene måles to bøjende momenter, i det tredje snit måles et bøjende moment.

I ydervingen er der instrumenteret 2 snit til bestemmelse af et vridningsmoment, to bøjende momenter og en forskydningskraft.

Endvidere er der anbragt 3 termomodstande i snit 4 til fastlæggelse af temperaturen igennem vingetværsnittet.

Statiske kalibreringsforsøg er gennemført og kalibrerings-"konstanter" er bestemt.

På grund af det glasfiberarmerede plastmateriales tidsafhæn-



gige egenskaber er kalibrerings"konstanterne" i de to målesnit i ydervingen tidsafhængige.

Ved dynamiske forsøg er egenfrekvenser og udbøjningsfigur bestemt.

Rekvirent: DEFU, Lundtoftevej 100, 2800 Lyngby. På vegne af: Handelsministeriets og Elværkernes vindkraftprogram.

Kopier af rapporten kan fås hos rekvirenten.

- One of the outer blades of Nibe Wind Rotor B and three steel beams have been instrumented with strain gauges, mounted and coupled so that the signal from a coupling gives as unambiguous a determination of a sectional force as possible.

Three sections have been instrumented in each steel beam. In two of the sections, two bending moments are measured, and in the third, one bending moment is measured.

Two sections have been instrumented in the outer blade for determination of one torsional moment, two bending moments and one shear force.

In addition, three thermo-resistances have been placed in a section to determine the temperature throughout the blade cross section.

Static calibration tests have been performed and calibration "constants" have been determined.

Because of the time-dependent properties of the glass-fibre-reinforced plastic, the calibration "constants" in the two measuring sections in the outer blade are time-dependent.

In the dynamic tests, eigenfrequencies and deflection pattern have been determined.

Client: DEFU, Lundtoftevej 100, 2800 Lyngby. On behalf of: "The wind power programme of the Ministry of commerce and the electric utilities in Denmark".

Copies of the report can be obtained at the Client.

### 3. EKSAMENSPROJEKTER

#### ● Final year projects

Da disse afhandlinger kun findes i et enkelt eksemplar, må et nærmere studium af dem foregå på Afdelingens bibliotek. Fotokopier af hele afhandlinger eller dele heraf kan leveres til en pris af kr. 0,50 pr. side plus et ekspeditions- og forsendelsesgebyr på kr. 15.- pr. bestilling.

Yderligere oplysninger om afhandlingernes indhold fås ved henvendelse til den under resumeet angivne lærer.

Anmodning om kopiering kan ske telefonisk på tlf. (02) 88 35 11.

● As there is normally only one copy of each of these theses, anyone wishing to study them in detail must do so at the Department's library. Photocopies of entire theses or parts thereof can, however, be supplied at a price of D.kr. 0.50 per page plus a dispatch and forwarding charge of D.kr. 15.00 per order.

Further information on the content of the theses can be obtained by application to the project leader indicated under the summary.

Orders for copies must be accompanied by a check for the amount in question.

#### LARSEN, GUNNER CHR.: Pre- og postbuckling of toroidale skaller.

(● Pre- and postbuckling of toroidal shells. In Danish). Eksamenprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1979. 277s. Fotokopi, kr. 154.-.

Beregning af stabilitetslasten for toroidale skaller har interesse bl.a. i forbindelse med rørsystemer. Problemet kompliceres af hovedkrumningernes skiftende fortegn. I arbejdet er udviklet et elementmetodeprogram til behandling af lineære prebucklingstilstande samt til bestemmelse af den klassiske kritiske last for en komplet torus.

Arbejdets hovedresultat er opstillingen af en teori for postbuckling og imperfektionsfølsomhed under anvendelse af et tøjningsmål, der er kubisk i flytningerne. Især for toroidale skaller kan det være nødvendigt af benytte et sådant tøjningsmål.

Lærere: Esben Byskov og Lars Damkilde.

- Computation of the critical load of toroidal shells is of interest in connection with e.g. curved tubes. The problems is complicated because the main curvatures change sign. A finite element program for the calculation of linear prebuckling states and classical critical loads for a complete torus is developed in the thesis.

The main result is the derivation of a theory for postbuckling and imperfection sensitivity analysis employing a strain measure that is cubic in the displacements. Especially for toroidal shells it may be necessary to apply such a strain measure.

Project leaders: Esben Byskov and Lars Damkilde.

MADSEN, NIELS PETER HAUGE: Brudmekanik i træ. (• Fracture mechanics applied to wood. In Danish). Hovedrapport 160 sider, Suppl.rapport 70 sider, ialt 230 A-4 sider. Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1979. Fotokopi kr. 130.-.

I eksamensprojektet er udledt et rektangulært ortotrop spændingshybridt skive-element med fire knuder. Ved hjælp af dette er der opstillet et FEM-program, der kan beregne  $J$ -integralets værdi ved revner i f.eks. limede laskesamlinger.

Der er udført brudforsøg med limede laskesamlinger med inducerede revner med kendt længde.

En sammenligning af teori og forsøg viser at træs brudmekaniske styrke dårligt kan beskrives ved en enkelt parameter - den kritiske værdi af  $J$ -integralet.

Lærere: Esben Byskov og H. Riberholt.

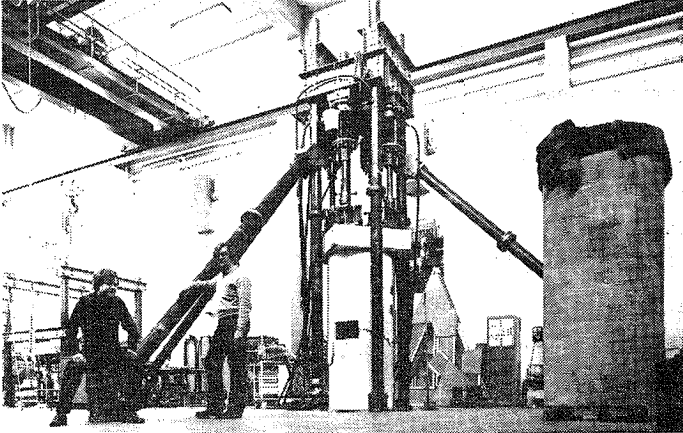
- The thesis contains the development of a rectangular orthotropic plane-stress/plane-strain stress hybrid finite element with 4 nodes. By means of this a FEM-program is set up, which can evaluate the  $J$ -integral at cracks in glued lap joints in timber.

Strength tests with glued lap joints with induced cracks with known length are accomplished.

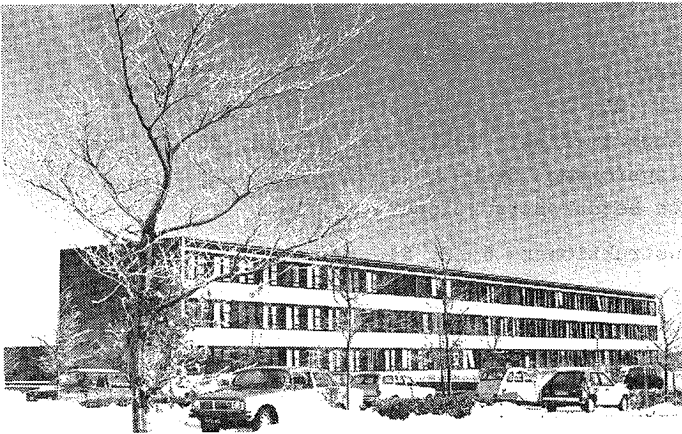
Theory compared with tests shows that the fracture mechan-

ical strength of wood is badly described by a single parameter - the critical value of the J-integral.

Project leaders: Esben Byskov and H. Riberholt.



Forsøgsopstilling til eksamensarbejde angående forstærkninger omkring portåbninger i betonsiloer. • Test arrangement for final year project concerning reinforcement around gateways in reinforced concrete silos.



Afdelingens hjemsted, bygning 118, Danmarks tekniske Højskole. • The Department's block of offices, Building 118, Technical University of Denmark.

EMNEREGISTER

akustisk emission 9, 60  
akustoelasticitet 10  
armeringsnet 35  
beton, se også jernbeton 22, 60  
betonkonstruktioner 16, 23  
bjælkesvingninger 27  
brud 18  
brudlast 9  
brudmekanik 66  
buling 17, 18, 33, 34  
CEB norm 11, 14  
cylinderskaller 18, 33  
effektivitetsfaktor 23, 58  
egenspænding 11  
egenværdiproblem 23  
elementmetoden, se finite elementer  
finite elementer 23, 33, 34, 47, 48, 53, 60, 65  
fleksibilitetsmetode 23  
flydelast 4, 6, 15, 29, 49, 50, 58  
flydemoment 12  
forankring 28, 35  
forskydningsarmering 11, 15, 29, 32, 49, 50, 56, 58  
forskydningsforsøg 32  
forspændte betonkonstruktioner 16, 32  
gitterkonstruktioner 6, 8, 54  
haller 53, 55  
harpesystem 24  
hængesystem 24  
imperfektioner 17, 34, 65  
instrumentering 63  
integralligninger 39

jernbetonbjælker 9, 11, 15, 16, 29, 32, 50, 51, 58  
jernbetonplader 49  
jordskælv 20  
kabelfsystem 24  
kalibrering 63  
krybning 16, 62  
limtræbjælker 56  
materialeforbrug 24  
murede vægge 12  
murværk 12  
offshore konstruktioner 47  
opkrydsning 43  
optimering 8, 42  
partialkoefficienter 21  
pladefelter 26  
plasticitetsteori 12, 14, 15, 23, 28, 29, 49, 50  
pseudogrammer 20  
revner 39  
rumgitterkonstruktioner 8  
rundjernskonstruktioner 6, 8  
salt 62, 63  
samling, boltet 4, 5, 6  
samling, svejst 6  
sandwichbjælker 53  
sikkerhed 20, 42  
sikkerhedsindeks 21  
siloeer 43, 44, 46  
silotryk 43  
skaller 17, 33, 34, 65  
skorstene 27  
spektralanalyse 20  
sprødbud 18  
stabilitet 17, 23, 33, 34, 65  
stensalt 62  
stivhed 32

stivhedsmetode 23  
 stokastisk proces 21  
 stringermetoden 42  
 stød 8, 28  
 stålkonstruktioner 4, 6, 8, 24, 26  
 ståls relaxation 16  
 svind 16  
 svingninger 27, 41, 53  
 trykceller 43  
 træ 18, 66  
 trækonstruktioner 53, 54, 55, 56, 57  
 tværsvingninger 27  
 udmattelsesstyrke 7, 8  
 viftesystem 24  
 vindtryk 27  
 viskoelasticitet 53  
 vridning 32, 49

SUBJECT INDEX

acoustic emission 9, 60  
 acoustoelasticity 10  
 anchorage 28, 35  
 bolted connections 4, 5, 6  
 brick masonry 12  
 buckling 17, 18, 26, 65  
 cable system 24  
 calibrations 63  
 CEB-FIP Model Code 12, 14  
 chimneys 27  
 concrete, see also reinforced concrete 16, 22, 60  
 concrete beams 9  
 connections, bolted 4, 5, 6  
 connections, welded 6, 7  
 cracks 39  
 creep 16  
 earthquakes 20  
 effectiveness factor 22, 59  
 eigenvalue problems 24  
 equilibrium elements 23  
 failure load 9  
 fan system 26  
 fatigue 7  
 fibre-reinforced cement 37, 38  
 finite element method 23, 34, 35, 47, 48, 52, 60, 66  
 flexibility method 24  
 fracture mechanics 66  
 fracture toughness 18  
 glulam beams 56  
 hall structures 54  
 harp system 26  
 imperfections 17, 34, 35, 44, 66  
 integral equations 39



lattice structures 54  
load models 42  
masonry walls 12  
mode interaction 17  
offshore constructions 47  
optimum design 9, 41  
partial safety factors 22  
prestressed concrete 16, 32, 49  
pressure cells 44, 46  
reinforced concrete beams 11, 13, 14, 29, 31, 48, 50, 52, 58  
reinforced concrete discs 41  
reinforced concrete slabs 49  
residual stress 10  
response spectra 20  
rock salt 62  
round bar steel structures 6, 7  
safety 20  
safety index 22  
sandwich beams 52  
shear 11, 13, 14, 29, 30, 31, 48, 49, 50, 51, 58  
shells 17, 33, 34, 65  
shrinkage 16  
siloes 44, 46  
silo pressure 43  
space grids 9  
spectral analysis 20  
steel constructions 4, 6, 8, 24, 26  
steel relaxation 16  
stiffness 31  
stiffness method 24  
stochastic processes 22, 40  
stress analysis 16  
stringer method 41  
suspension system 26  
theory of plasticity 12, 14, 22, 28, 49, 50

timber 18

timber structures 53, 55, 56, 57

torsion 31, 48

upcrossing rate 42

vibrations 27, 40, 52

viscoelasticity 52

welded connections 6, 7

wind loads 27

wire fabrics 35

wood 66

yield load 4, 6, 14, 29, 48, 49, 50, 51, 58

yield moment 13

AFDELINGEN FOR BÆRENDE KONSTRUKTIONER

DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Structural Research Laboratory

Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby

RAPPORTER (Reports)

(1977 - )

- R 81. Resumeoversigt 1976. Summaries of papers 1976. 1977.
- R 82. MØLLMANN, H.: Static and dynamic analysis of plane cable structures. 1977.
- R 83. RIBERHOLT, H.: Bolte indlimet i limtræ. 1977.
- R 84. AGERSKOV, H. and J. BJØRNBÆK-HANSEN: Fatigue strength of welded connections in round bar steel structures. 1977.
- R 85. LAURSEN, M.E., M.P. NIELSEN and M. ROIKJÆR: Stability analysis of beams and arches by energy methods. 1977.
- R 86. LAURSEN, M.E.: Derivation of symmetric integration formulas for triangles. 1977.
- R 87. LAURSEN, M.E.: Stability and vibration analysis of plane curved beams by an equilibrium finite element method. 1977.
- R 88. PEDERSEN, FLEMMING BLIGAARD: Vibration analysis of viscoelastically damped sandwich structures. 1978.
- R 89. BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: Epoxy resin repair of cracked concrete beams. 1978. \*)
- R 90. HESS, UWE, B.CHR. JENSEN, M.W. BRÆSTRUP, M.P. NIELSEN og FINN BACH: Gennemlokning af jernbetonplader. 1978.
- R 91. HANSEN, KARL ERIK, KAJ L. BRYDER og M.P. NIELSEN: Armeringsbestemmelse i jernbetonskaller. 1978.
- R 92. ASKEGAARD, V.: Stress and strain measurements in solid materials. 1978.
- R 93. SCHMIDT, HENRIK: Udbredelse af akustisk emission i beton. 1978.
- R 94. BYSKOV, ESSEN og STEEN KRENK: Konstruktionstræs mekaniske styrke. 1978.
- R 95. Resumeoversigt 1977. Summaries of papers 1977. 1978.
- R 96. DYRBYE, CLÆS: Admittance-curves. ZILSTORFF, ANNE and CLÆS DYRBYE: Admittance of bars. 1978.
- R 97. DYRBYE, CLÆS: Dynamic systems with sinusoidal mode shapes. 1978.
- R 98. ANDRESEN, CLAUD: Bjælker og søjler med åbne, tyndvæggede tværsnit. 1978.
- R 99. RIBERHOLT, H.: Eingeleimte Gewindestangen. 1978.
- R 100. PEDERSEN, C.: Oppøjet længdearmring som forskydningsarmring. 1978.
- R 101. JENSEN, J.F., M.W. BRÆSTRUP, F. BACH og M.P. NIELSEN: Nogle plasticitetsteoretiske bjækeløsninger. 1978.
- R 102. JENSEN, J.F., C. PEDERSEN, M.W. BRÆSTRUP, F. BACH og M.P. NIELSEN: Rapport over forskydningsforsøg med 6 spændbetonbjælker. 1978.
- R 103. JENSEN, J.F., V. JENSEN, H.H. CHRISTENSEN, F. BACH, M.W. BRÆSTRUP and M.P. NIELSEN: On the behaviour of cracked reinforced concrete beams in the elastic range. 1978.

\*) Udsolgt. Out of print.

- R 104. ANDERSEN, ERIK YDING: Konstruktionsovervågning med akustisk emission. Prøvebelastning af landevejsbro. 1979.
- R 105. FREDSGAARD, SØREN SKYTTE: Ligevægtselementer i de finite elementers metode. Formulering og beregningsgang. 1979.
- R 106. AGERSKOV, HENNING: Tests on high-strength bolted T-stub connections. 1979.
- R 107. KIRK, JENS: Direkte beregning af imperfekte skalkonstruktioner. 1979.
- R 108. Resumeoversigt 1978. Summaries of papers 1978. 1979.
- R 109. BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: Stress analysis of concrete sections under service load. 1979.
- R 110. BRÆSTRUP, M.W.: Effect of main steel strength on the shear capacity of reinforced concrete beams with stirrups. 1979.
- R 111. BRINCKER, RUNE: Murede vægges tværbæreevne. En undersøgelse af murværks fysiske egenskaber. 1979.
- R 112. GIMSING, NIELS J.: Analytisk undersøgelse af materialforbruget for plane kabelsystemer med ensformig fordelt belastning. 1979.
- R 113. MADSEN, HENRIK OVERGAARD: Load models and load combinations. 1979.
- R 114. RIBERHOLT, H. and P. HAUGE MADSEN: Strength distribution of timber structures. Measured variation of the cross sectional strength of structural lumber. 1979.
- R 115. PEDERSEN, MAX ELGAARD: En generel beregningsmetode for betontværsnit. 1980.
- R 116. PEDERSEN, MAX ELGAARD: Kipstabilitet af armerede betonbjælker. 1980.
- R 117. BRYDER, KAJ L.: Optimeringsmetoder for 2-dimensionale legemer af ideal-plastisk materiale. 1980.
- R 118. DUKOW, EWTIM N.: Optimale Projektierung von vorgespannten Brückenträgern. 1980.
- R 119. PEDERSEN, HENNING: Optimering af jernbetonplader. 1980.
- R 120. BACH, FINN, M.P. NIELSEN and M.W. BRÆSTRUP: Shear tests on reinforced concrete T-beams. Series V, U, X, B and S. 1980.

AFDELINGEN FOR BÆRENDE KONSTRUKTIONER

Danmarks tekniske Højskole

Bygning 118, 2800 Lyngby. Tlf. (02) 883511

FORELÆSNINGSNOTATER

- F 31. DYRBYE, C.: Pladesvingninger. 2.udg. 1976. Kr. 23.-.
- F 32. BYSKOV, E.: Kraftmetoden & deformationsmetoden. 1971. Kr. 17.-.
- F 33. SØRENSEN, H.C.: Statisk ubestemte betonbjælker & søjlefundamenter. 1971. Kr. 11.-.
- F 34. MØLLMANN, H.: Flade skaller. 1971. Uds.
- F 35. MOSSING, P.: Støj og forvrængning i elektronisk måleudstyr. 1977. Kr. 15.-.
- F 36. GRAVESEN, S.: Plane elasticitetsteoretiske problemer. 1972. Kr. 18.-.
- F 37. LARSEN, H.J.: Fri vridning. 1972. Kr. 11.-.
- F 38. RIBERHOLT, H.: Statisk bestemte søjler. 1973. Kr. 14.-.
- F 39. DYRBYE, C.: Opgaver i bygningsdynamik. 3.udg. 1978. Kr. 29.-.
- F 40. SØRENSEN, H.C.: Forskydning. Statisk ubestemte betonbjælker. Søjlefundamenter. 1972. Uds.
- F 41. DYRBYE, C.: Svingninger med geometrisk tvang. 1972. Kr. 11.-.
- F 42. DYRBYE, C.: Bygningsdynamik. edb orienterede beregninger. 1972. Kr. 13.-.
- F 43. HOLST, O.: Lineær programmering med EDB program og eksempler. 1972. Kr. 17.-.
- F 44. LARSEN, H.J. og RIBERHOLT, H.: Sammensatte sømmede bjælker. 1973. Kr. 11.-.
- F 45. KRENK, STEEN: Plane elasticitetsteoretiske problemer. II. 1973. Uds.
- F 46. NIELSEN, LEIF OTTO: Dynamisk påvirkning af stift idealt plastiske bjælker og rammer. 1973. Kr. 22.-.
- F 47. DYRBYE, C.: Fourier-transformationen samt statistiske definitioner. 1973. Kr. 9.-.
- F 48. SOLNES, JULIUS: Introduction to stochastic processes and random vibration. 1973. Kr. 19.-.
- F 49. ASKEGAARD, VAGN: Signalkonditionering. 1973. Kr. 21.-.
- F 50. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Variationsprincipper og elementtyper. 2.udg. 1976. Kr. 34.-.
- F 51. BYSKOV, ESBEN: Elementmetoden. Store flytninger og store tøjninger. 1974. Kr. 20.-.
- F 52. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Dynamik. Ikke-lineære elementmetodeligninger. 2.udg. 1976. Kr. 22.-.
- F 53. BRÆSTRUP, MIKAEL W.: Shear strength of reinforced concrete beams. 2.udg. 1978. Kr. 23.-.
- F 54. MØLLMANN, H.: Beregning af hængekonstruktioner ved hjælp af deformationsmetoden. 1975. Kr. 32.-.
- F 55. LANGE-HANSEN, P.: Generel plasticitetsteori I. Konstitutive ligninger for idealt plastiske konstruktioner. Entydighedssætninger. 1975. 2.udg. 1977. Kr. 29.-.
- F 56. LANGE-HANSEN, P.: Generel plasticitetsteori II. Flydelastsætninger. 1975. Kr. 19.-.
- F 57. ASKEGAARD, V. og C. PHILIPSEN: Opgaver i forsøgsteknik 1. 1976. Kr. 23.-.
- F 58. DYRBYE, C.: Stokastiske svingninger. 1976. Kr. 22.-.

- F 59. ASKEGAARD, V., J. CHRISTENSEN, H. LUND og P. MOSSING: Opgaver og audiorieøvelser i forsøgsteknik 2. 1976. Kr. 13.-.
- F 60. GRAVESEN, S. og STEEN KRENK: 2-dimensionale elasticitetsteoretiske problemer. 1977. Kr. 33.-.
- F 61. NIELSEN, LEIF OTTO: Opstilling af og eksempler på finite elementer. 1977. Kr. 27.-.
- F 62. MØLLMANN, H.: Beregning af hængetagskonstruktioner. 1977. Kr. 27.-.
- F 63. LANGE-HANSEN, P.: Plasticitetsteori for rammer med kombineret bøjning og vridning. 1977. Kr. 33.-.
- F 64. DYRBYE, C.: Bølger i faste medier. 1978. Kr. 19.-.
- F 65. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Løsning af egenværdiproblemer. 1978. Kr. 23.-.
- F 66. NIELSEN, LEIF OTTO og C. DYRBYE: Bygningsdynamik. EDB-metoder. 1978. Kr. 23.-.
- F 67. KRENCHER, HERBERT: Fiberarmering. 1978. Kr. 22.-.
- F 68. NIELSEN, LEIF OTTO og E. BYSKOV: Opgaver i elementmetoden. 1978. Kr. 23.-.
- F 69. BYSKOV, E.: Elementmetoden. Store flytninger og store tøjninger. 2. udg. 1978. Kr. 27.-.
- F 70. RIBERHOLT, HILMER: Indlmede bolte. 1978. Kr. 11.-.
- F 71. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Krumme elementer. 1978. Kr. 26.-.
- F 72. NIELSEN, LEIF OTTO: Opgaver i pladers, skivers og massivers statik. 1979. Kr. 21.-.
- F 73. DYRBYE, C.: Jordskalvsrespons. 1979. Kr. 22.-.
- F 74. RIBERHOLT, HILMER: Bærende trækonstruktioner i haller. 1979. Kr. 25.-.
- F 75. NIELSEN, LEIF OTTO: Introduktion til numerisk beregning af offshore konstruktioner. 1979. Kr. 22.-.
- F 76. LARSEN, H. J. og H. RIBERHOLT: Beregning af trækonstruktioner. 1980. Kr. 40.-.
- F 77. BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: Betonkonstruktioner. Opgaver. 1980. Kr. 18.-.
- F 78. GIMSING, N. J. og B. WEDØ: Opgaver i stålkonstruktioner. 1980. Kr. 15.-.
- F 79. BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: Betonkonstruktioner påvirket til vridning. 1980. Kr. 13.-.
- F 80. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Basis for specialprogrammer. 1980. Kr. 29.-.
- F 81. MØLLMANN, H.: Skalteori. Del 1. 1980. Kr. 38.-.
- F 82. MØLLMANN, H.: Skalteori. Del 2. 1980. Kr. 30.-.

Abonnement på serien "Forelæsningsnotater".

Afdelingen for Bærende Konstruktioner  
Danmarks tekniske Højskole  
Bygning 118  
2800 Lyngby.

Undertegnede anmoder om abonnement på serien "Forelæsningsnotater", dækkende perioden 1.7.1980 - 30.6.1981. Abonnementsrabatten andrager 20%, og abonnementsafgiften vil blive opkrævet ved periodens udløb.

Stilling og navn: .....

Adresse: .....

Postnr. og -distrikt: .....





Hvis De ikke allerede modtager Afdelingens resumeoversigt ved udgivelsen, kan Afdelingen tilbyde at tilsende næste års resumeoversigt, når den udgives, dersom De udfylder og returnerer nedenstående kupon.

Returneres til  
Afdelingen for Bærende Konstruktioner  
Danmarks tekniske Højskole  
Bygning 118  
2800 Lyngby

Fremtidig tilsendelse af resumeoversigter udbedes af  
(bedes udfyldt med blokbogstaver):

Stilling og navn: .....  
Adresse: .....  
Postnr. og -distrikt: .....

The Department has pleasure in offering to send you a next year's list of summaries, free of charge. If you do not already receive it upon publication, kindly complete and return the coupon below.

To be returned to:  
Department of Structural Engineering  
Technical University of Denmark  
Building 118  
DK-2800 Lyngby, Denmark.

The undersigned wishes to receive the Department's  
List of Summaries:  
(Please complete in block letters)

Title and name .....  
Address.....  
Postal No. and district.....  
Country.....