

AFDELINGEN FOR
BÆRENDE KONSTRUKTIONER
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



STRUCTURAL RESEARCH LABORATORY
TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK

RESUMEOVERSIGT 1977
Summaries of papers 1977

RAPPORT NR. R 95 1978

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

STRUCTURAL RESEARCH LABORATORY.
Technical University of Denmark.
Building 118, DK-2800 Lyngby, Denmark.

RESUMEOVERSIGT 1977.

Summaries of Papers 1977.

Redigeret af

P. Lange-Hansen..

INDHOLD

1. Videnskabelige publikationer m.v.	3
2. Rekvirerede undersøgelser.....	49
3. Eksamensprojekter.....	61
Emneregister.....	71

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.....	49
3. Final year projects.....	61
Subject index.....	75

Notations:

F : Lecture note.

Gratis : Free 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 can not be obtained from the Structural Research Laboratory. Please apply to the publishing institution indicated.

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. 40.-, dækkende udgivelserne i perioden 1.7.1978 - 1.7.1979 (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 1.7.1978 - 1.7.1979 må ske skriftlig, f.eks. på den kupon, som findes bagest i dette hefte. Abonnementsafgiften 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 1978 to 1st July 1979, is D.Kr. 60.-. Payment should accompany orders of subscription.

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

ABK's informationsdag 1977. (Open day at the Structural Research Laboratory 1977. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 80, 1977, 100s. Gratis.

Korte indlæg om Afdelingens arbejde inden for undervisning og forskning. Vagn Askegaard: ABK's opgaver. Bent Erik Pedersen: Om ABK's undervisningsproblemer. Esben Byskov: ABK's teoretiske forskning. Claës Dyrbye: Stokastiske belastninger og deres virkning. Claus Andresen: Eksempler på nogle prebuckling deformationers indflydelse på bjælkers/søjlers stabilitetslast. Henning Agerskov: Bøjningsstive tværpladesamlinger i stålkonstruktioner. Niels J. Gimsing: Bæreevnebestemmelse for trykkede pladefelter. Henning Agerskov og J. Bjørnbak-Hansen: Udmattelsesstyrken af svejste samlinger i rundjernskonstruktioner. John Sander Nielsen: Undersøgelse af betonbjælkens vriddningsbæreevne. M.W. Bræstrup, M.P. Nielsen, Finn Bach: Forskydning i beton. Jørgen Bjørnbak-Hansen: Let konstruktionsbeton. Ole Hejgaard og Herbert Krenchel: Fiberarmerede cementbundne materialer. Svend Gravesen: Rekvirerede opgaver og forsøgsmuligheder på ABK. Erik Yding Andersen: Anvendelse af akustisk emission til frostprøvning af beton. Vagn Askegaard: Dimensioneringsgrundlag for trykceller. Claës Dyrbye: Måling af dynamiske fænomener. Jørgen Nielsen: Dimensioneringsgrundlaget for siloer.

Short lectures on the educational and research activities at the Structural Research Laboratory, held on the Open Day 1977.

AGERSKOV, H.: Analysis of bolted connections subject to prying.

Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 103, No. ST11, Nov. 1977, pp. 2145 - 2163. Særtryk, pris 10.- kr.

High-strength bolted connections in steel structures in

which the bolts are loaded in tension are studied. On the basis of a theory previously developed by the author, the influence of the different variables affecting the magnitude of the prying forces in the connection has been examined. In the investigation a large number of connections have been analyzed on computer, and as a result of this analysis a diagram for direct use in the design has been established. The application of the design diagram in the analysis of connections is illustrated in examples covering the three basic cases of the theory. A comparison between the diagram resulting from the present investigation and those obtained on the basis of the formulas given in the current (7th ed.) AISC Manual of Steel Construction is included.

Bøjningsstive tværpladesamlinger og T-flangesamlinger i stålkonstruktioner, udført med forspændte højkvalitetsbolte, er behandlet i artiklen. På grundlag af en beregningsmetode, der tidligere er udviklet af forfatteren, er undersøgt indflydelsen af de forskellige parametre, der bestemmer størrelsen af de resulterende boltekræfter i samlingen. I denne undersøgelse er ved hjælp af edb gennemregnet et stort antal samlinger, og ud fra de herved opnåede resultater er udarbejdet et beregningsdiagram, der direkte kan anvendes ved projekteringen. Anvendelsen af dette diagram ved beregning af tværpladesamlinger er illustreret i eksempler, der dækker de tre grundtilfælde i den foreslåede beregningsmetode. I undersøgelsen er foretaget en sammenligning mellem det beregningsdiagram, der er udarbejdet af forfatteren, og tilsvarende diagrammer udledt ud fra de beregningsudtryk, der er anført i AISC Manual of Steel Construction.

AGERSKOV, H. and J. BJØRNBÅK-HANSEN: Fatigue strength of welded connections in round bar steel structures. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 84, 1977, 88s. Gratis.

Welded connections in round bar steel structures are studied in the present investigation 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 rapporten er gjort rede for de resultater, der er opnået i en undersøgelse af styrke- og deformationsegenskaberne for forskellige typer svejste samlinger i rundjernskonstruktioner. Der indgår i undersøgelsen dels forskellige udformninger af stumpsvejste stød i rundjern og dels forskellige udformninger af befæstelsen af rundjern til andre konstruktionselementer 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 samlings typer.

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 fremstillingsomkostninger som styrke.

AGERSKOV, H., N.J. GIMSING og C. ANDRESEN: Stålforskningsprojekter på Afdelingen for Bærende Konstruktioner, DTH, 1977. Dansk Ståldag 1977. (Research projects in the field of steel construction at the Structural Research Laboratory. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 53, 1977, 26s. Gratis.

I rapporten er givet en kort beskrivelse af de vigtigste af de forskningsprojekter, der ultimo 1977 arbejdes med på Afdelingen for Bærende Konstruktioner, DTH, inden for stålkonstruktionsområdet.

Der er tale om såvel projekter, der er i den indledende fase, som projekter, der nærmer sig afslutningen, og hvor der foreligger publikationer, der redegør for de opnåede resultater.

En mere detaljeret beskrivelse af de enkelte forskningsprojekter findes i tidsskriftartikler, rapporter m.v. fra Afdelingen for Bærende Konstruktioner. I den aktuelle rapport er anført referencer til disse publikationer.

The report gives a short description of the most important research projects which, at the end of 1977, are being carried out within the field of steel construction at the Structural Research Laboratory, Technical University of Denmark.

The research projects mentioned are projects in the initial phase as well as projects approaching completion and where publications which review the achieved results are available.

A more detailed description of the individual research projects can be found in reports, series publications etc. from the Structural Research Laboratory. References to these publications are made in the report in question.

ASKEGAARD, V.: Dimensionering af trykceller. (Design of pressure cells. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Rapport nr. R 80, 1977, pp. 77-87. Gratis.

Måling med trykceller kan komme på tale i konstruktioner, i hvilke der indgår materialer med utilstrækkeligt beskrevne konstruktive betingelser.

Da enhver måling griber forstyrrende ind i den tilstand, der ønskes bestemt, er en vurdering af dette indgrebs størrelse en nødvendig bestanddel af enhver forsøgsplanlægning.

I artiklen er en sådan vurdering gennemført, dels for trykceller anbragt i skillefladen mellem en stiv væg og et sammentrykkeligt medium og dels for trykceller anbragt inde i et sammentrykkeligt medium. Den sidstnævnte vurdering kan udstrækkes til også at gælde tøjningsmålere.

Pressurecell measurements are useful in structures involving materials with more or less unknown constitutive equations.

As every measuring arrangement interferes with the condition sought, an evaluation of this interference must be part of the experimental planning.

Such an evaluation is described in the paper partly for pressurecells in the interface between a stiff wall and a compressible medium and partly for pressurecells in a solid.

ASKEGAARD, V. and J. NIELSEN: Measurements on silos. Joint conference "Measurements in civil engineering", BSSM & Institution of Civil Engineering, Newcastle 1977. [*].

The design of silos is complicated owing to lack of knowledge regarding the constitutive criteria for silo media, and failure of silos, characterized, for example, by such advanced cracking that operations have to be suspended and repairs carried out, is unfortunately a far from rare

occurrence and one that can have serious financial consequences.

There is thus still a need for tests in this field. Such tests should include full-scale tests, in which the real conditions can be studied, and model tests, which provide a more economical means of testing theories.

In the article an account is given of the frequently rather serious measuring problems and problems of interpretation that such measurements involve.

Dimensionering af siloer kompliceres af mangel på kendskab til silomaterialets konstitutive betingelser og silosvigt f.eks. karakteriseret ved en så fremskreden revnedannelse at siloen må tages ud af drift, er ikke usædvanlig.

Der er således stadig behov for forsøg på dette område. Sådanne forsøg bør indebære fuld skala målinger hvor de korrekte driftsbetingelser er til stede, samt modelforsøg som giver mulighed for en mere økonomisk afprøvning af opstillede teorier.

Der gives i artiklen en omtale af de ofte meget betydelige måletekniske og vurderingsmæssige problemer sådanne forsøg indebærer.

BACH, FINN, M.P. NIELSEN og M.W. BRÆSTRUP: Forskydningsforsøg med jernbetonbjælker. (Shear tests on reinforced concrete beams. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 49, 1977, 19s. Gratis.

Rapporten beskriver hovedresultaterne af en omfattende serie bjælkeforsøg udført på Afdelingen for Bærende Konstruktioner.

Projektet har omfattet forsøg med ialt 110 bjælker fordelt på 3 delprojekter: 1) Maksimal forskydningsspænding i betonbjælker (73 bjælker), 2) Afkortning af hovedarmring i betonbjælker (15 bjælker), 3) Udformning af bøjler

i betonbjælker (22 bjælker).

Hovedresultaterne af disse tre projekter kan resumeres i følgende punkter:

1. Forsøgene bekræfter, at plasticitetsteorien fører til en rimelig og rationel model for beregning af jernbetonbjælkens forskydningsbæreevne.
2. En tilstrækkelig forankring af længdearmeringen opnås kun, når denne afkortes i overensstemmelse med de sædvanlige regler for forankringslængder.
3. Forskydningsbæreevnen for bjælker med forskydningsarmering af præfabrikerede svejste net er omkring 90% af forskydningsbæreevnen for tilsvarende bjælker med traditionel bøjlearmering.

The report gives the principal results of a extensive test series on reinforced concrete beams carried out at the Structural Research Laboratory at the Technical University of Denmark.

A total of 110 beams has been tested under the three projects: 1) Maximum shear capacity of reinforced concrete beams (73 beams), 2) Curtailment of longitudinal reinforcement in reinforced concrete beams (15 beams), 3) Shear strength of reinforced concrete beams with different shape of stirrups (22 beams).

A summary of the results is given as follows:

1. The test results confirm that the theory of plasticity leads to a reasonable and rational model for the calculation of the shear capacity.
2. A sufficient anchoring of the longitudinal bars are only obtained when these are cut off in agreement with the usual rules for anchorage length.
3. The load carrying capacity of beams with shear reinforcement of prefabricated welded nets is about 90% of the load carrying capacity of beams with traditional stirrup reinforcement.

BRÆSTRUP, MIKAEL: Blokmurværks bæreevne. En analyse af forsøgsresultater. (Strength of block masonry. An analysis of test results. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 50, 1977, 43s. Gratis.

Der gives en vurdering og behandling af en serie belastningsforsøg med blokmurværk, herunder en sammenligning med enkelte tilsvarende undersøgelser rapporteret i litteraturen. Der opstilles empiriske sammenhænge mellem på den ene side mørtelstyrker, blokstyrker og slankhedsforhold og på den anden side bæreevnerne af 3-stens piller og etagehøje mure med central og excentrisk belastning, herunder mure med isoleringsstrimler i liggefugerne. Deformationerne af piller og mure behandles overfladisk.

A series of loading tests on block masonry is analysed and compared with some corresponding investigations reported in the literature. The report establishes empirical relationships between mortar strengths, block strengths, and slenderness ratios on the one hand and the strengths of 3-blocks pillars (triplets) and single-storey walls on the other hand. The walls were centrally and eccentrically loaded, and included specimens with isolation strips in the mortar bed joints. The deformations of triplets and walls are analysed superficially.

BRÆSTRUP, M.W., M.P. NIELSEN and F. BACH: Plastic analysis of shear in concrete. Danish Center for Applied Mathematics and Mechanics. Report No. 120. May 1977. 24p. [*]. (Also: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Vol. 58, 1978. In print).

Most cases of shear in plain and reinforced concrete are geometrically constrained in such a way that the failure involves crushing of the concrete. Constrained shear is

analysed by the classical theory of plasticity, assuming the modified Coulomb failure criterion as yield condition for the concrete, and applying the associated flow rule (normality condition).

Kinematical discontinuities (yield lines) are introduced to facilitate the derivation of upper bound solutions. In some cases, coinciding lower bounds are found. The analysis covers in-plane shear of plates, shear in beams with and without web reinforcement, shear in joints and corbels, and punching shear of slabs.

Ved de fleste forskydningsproblemer i armeret og uarmeret beton forekommer tvangsbindinger som gør at brud ikke kan ske alene ved spaltning af betonen. Sådanne tilfælde af tvungen forskydning analyseres ved hjælp af den klassiske plasticitetsteori. Som flydebetingelse for beton antages Coulombs modificerede brudkriterium (friktionshypotesen med afskæring svarende til adskillelsesbrud) og den associerede flydelov (normalitetsbetingelsen) anvendes. Kinematiske diskontinuiteter (brudlinier) indføres for at lette bestemmelsen af øvreværdiløsninger. I visse tilfælde findes sammenfaldende nedreværdier. Analysen omfatter forskydning i skiver, i bjælker med og uden forskydningsarmering, i fuger og støbeskel, i konsoller, samt gennemlokning af plader.

BRÆSTRUP, M.W., M.P. NIELSEN and FINN BACH: Rational analysis and design of stirrups in reinforced concrete beams. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 7^b, 1976, 30s. Gratis.
9

The shear strength of beams is analysed by the truss analogy with variable strut inclination. The web crushing criterion is derived as a solution satisfying equilibrium. If the materials are assumed to be perfectly plastic, the web

crushing criterion is also an upper bound, corresponding to a failure mechanism with vertical deformations only. The solution is compared with experimental evidence and with the design rules of building codes, particularly the CEB Model Code.

Bjælkens forskydningsbæreevne analyseres ved anvendelse af gitteranalogien med variabel betontrykhældning. Trykbrudskriteriet udledes som en ligevægtsløsning. Antages materialerne at være ideelt plastiske, er trykbrudskriteriet også en øvre værdi, svarende til en brudmekanisme med udelukkende lodrette deformationer. Løsningen sammenlignes med forsøgsresultater og med dimensioneringsreglerne i normer, specielt CEB's Modelnorm.

BRYDER, KAJ L.: Optimeringsmetoder for bærende konstruktioner.

(Methods for structural optimization. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 56, 1977, 113s. Gratis.

Formålet med foreliggende notat er at skitsere mulighederne for anvendelse af optimeringsmetoder inden for bærende konstruktioner. Der angives dels en oversigt over mulige metoder, og dels vises ved gennemregnende edb-eksempler, hvorledes nogle af de anviste teknikker kan benyttes. Hovedvægten lægges på anvendelse med brug af edb.

The possibilities for using optimization methods in structural engineering are outlined. A survey is given of the existing methods and examples are presented in details for some of the techniques mentioned.

BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: Partial prestressing. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. 76, 1976, 26s. Gratis.

Partially prestressed concrete structures with mixed reinforcement, i.e. a combination of prestressed and non-prestressed reinforcement, frequently offer an advantageous alternative to fully prestressed structures.

Principles, formulae and diagrams are given for the analysis of cracked cross-sections under service loading, including the effects of shrinkage, creep, relaxation and elastic strain on the losses of prestress.

In the ultimate limit state prestressing has little effect either on the resistance against bending and compression or on the shear capacity.

Under service loading - on the other hand - prestressing has an important effect on crack widths, deformations and resistance towards fatigue failure.

A number of advantages of partial prestressing with mixed reinforcement are listed.

The optimum solution - fully prestressed, partially prestressed, or reinforced concrete without prestressing - depends on a number of criteria such as span, type of loading and requirements with regard to crack widths, deformation and fatigue resistance.

Delvis forspændte betonkonstruktioner med blandet armering, d.v.s. en kombination af forspændt og ikke-forspændt armering, repræsenterer ofte et fordelagtigt alternativ til fuldt forspændte konstruktioner.

Der gives principper, formler og diagrammer for beregning af revnet tværsnit under brugslast inklusive svindets, krybningens, relaksationens og initialtøjningens indflydelse på forspændingstabet.

I bruttilstanden har forspændingen ingen synderlig indflydelse på styrken, hverken over for bøjning, excentrisk normalkraft eller forskydning.

Under brugslast har forspændingen stor indflydelse på revnevidder, deformationer og udmattelsesstyrke.

Der anføres en række fordele ved delvis forspænding med blandet armering.

Om den optimale løsning er fuld forspænding, delvis forspænding eller armeret beton uden forspænding afhænger af en række faktorer, såsom spændvidden, belastningens art og krav med hensyn til revnevidder, deformationer og udmattelsesstyrke.

BYSKOV, E.: ABK's teoretiske forskning. (Theoretical research at the Structural Research Laboratory. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 80, 1977, pp. 13-15. Gratis.

I artiklen gives et kortfattet overblik over ABK's teoretiske forskning.

The paper contains a short survey over the current theoretical research at the SRL.

BYSKOV, E. and J.W. HUTCHINSON: Mode interaction in axially stiffened cylindrical shells. AIAA Journal, Vol. 15, No. 7, July 1977, pp. 941-948. [*].

Post-buckling behavior and imperfection-sensitivity associated with mode interaction in axially stiffened cylindrical shells under axial compression are studied. The two modes considered are an overall mode with wavelengths which are long compared to stiffener spacing and a short wavelength panel mode involving buckling between the stiffeners. A restricted optimization study is made where the number of stringers is treated as a design parameter, and the range of design considered includes the optimum design for the perfect shell where the two modes are simultaneous. The influence of a given level of imperfections on the optimum

is explored. A general method for analyzing initial post-buckling behaviour is proposed for structures with simultaneous or nearly simultaneous modes. Asymptotic expansions of all fields in the amplitudes of the competing modes provide a set of uniformly valid results.

Efter-stabilitetsopførslen og imperfektionsfølsomheden i forbindelse med samspillet mellem forskellige bulingsformer hos axialt afstivede cylinderskaller undersøges. De to bulingsformer, som betragtes, er en global form med bølgelængder, som er store i forhold til afstanden mellem afstivningerne, samt en lokal form, der består i buling af skallen mellem afstivningerne. Der udføres en begrænset optimeringsundersøgelse, i hvilken antallet af afstivninger behandles som den eneste design parameter. Parameterområdet omfatter det optimale design for den perfekte skal, for hvilken de to bulingsformer svarer til samme stabilitetslast. Indflydelse af et givet imperfektionsniveau på optimets placering undersøges. Der opstilles en generel metode til analyse af initial efter-stabilitet af konstruktioner med samtidig eller næsten samtidigt forekommende bulingsformer. Asymptotiske rækkeudviklinger i de delta-gående bulingsformers amplituder giver resultater, som er gyldige over hele parameterområdet.

DYRBYE, C.: Bygningssdynamik. Bd. 2. (Structural dynamics. Vol. 2. In Danish). Den private Ingeniørfond ved Danmarks Tekniske Højskole. 1977. 214s. [*].

Bogen er en del af det lærebogssystem, der benyttes ved undervisningen i bygningssdynamik ved Afdelingen for Bærende Konstruktioner, DTH.

Frie og tvungne svingninger i lineære, viskøst dæmpede systemer med en frihedsgrad behandles grundigt hvorefter behandlingen udvides til systemer med n frihedsgrader.

Der redegøres for gummilejers dynamiske egenskaber, hvorefter konstruktioner med 1 eller flere frihedsgrader understøttet på gummilejer udsat for harmonisk påvirkning behandles.

Tvungne svingninger i bjælker af viskoelastisk materiale behandles.

Stokastiske svingninger af systemer med 1 frihedsgrad undersøges idet der forudsættes stationaritet, og tærskel-passageproblemer undersøges idet påvirkningerne forudsættes at være en Gaussisk proces. Der gives en kortere omtale af stokastiske svingninger i systemer med n frihedsgrader og i viskoelastiske bjælker.

Sandwichkonstruktioners dynamiske egenskaber omtales kort.

For ikke-lineære systemer med 1 frihedsgrad bestemmes egensvingningstid, og for systemer styret af Duffing's ligning ses på springfænomener og på subharmoniske svingninger. Faseplanmetoden omtales og anvendes bl.a. på systemer med Coulombdæmpning.

Nogle metoder til begrænsning af svingninger nævnes og dimensioneringskriterier omtales kort.

I et appendix gives en introduktion til Fouriertransformationen.

The book is a part of the text-book system used at the education on structural dynamics at the Structural Research Laboratory, Technical University of Denmark.

Free and forced vibrations in linear systems with viscous damping and one degree of freedom is thoroughly treated and is extended to systems having n degrees of freedom.

The dynamic properties of rubber bearings are explained, and vibrations of structures with one or more degrees of freedom supported by rubber bearings and subjected to harmonic forces are treated.

Forced vibrations in viscoelastic beams are investigated.

Random vibrations in structures with one degree of freedom is investigated under the assumption of stationarity, and threshold crossings are examined for external forces with a Gaussian distribution. A brief survey of stochastic vibrations in systems with several degrees of freedom and in viscoelastic beams is given.

The dynamics properties of sandwich structures are briefly mentioned.

In non-linear systems with one degree of freedom is the natural period determined, Jump-phenomena and subharmonic vibrations are explained for systemes described by Duffing's equation. The phase-plane method is introduced and i.a. applied to systems with frictional damping.

Some methods for limitation of vibrations are mentioned and design criteria are discussed.

An introduction to the Fourier transformation is given in an appendix.

DYRBYE, C.: Måling af dynamiske fænomener. (Measurements of vibrations. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 80, 1977, pp. 89-90. Gratis.

Der gives en kort omtale af ABK's udstyr til måling af svingninger og der refereres til enkelte konkrete måleopgaver.

A brief discription of the equipment at the Structural Research Laboratory for vibration measurements and reference to some specific case stories.

DYRBYE, CLÆS and FLEMMING BLIGAARD PEDERSEN: Rubber mountings and vibration isolation. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 78, 1977. 79s. Gratis.

In part one of this report some experimental investigations on the dynamic properties of rubber mountings are described and discussed.

At first the mathematical model used to describe the dynamic properties of the mountings and the measuring system is explained. From this model a measuring method based on over-determination is proposed to ensure against falsification of the results and to raise the accuracy. Hereafter the test setup together with the registration procedure is described.

Then the results from 21 mountings are presented and discussed.

The second part of the report shows how the experimental result can be utilized to get a correct design of vibration isolation systems.

At first coupling of mountings is described and then the fundamentals of vibration isolation is presented by means of a system with one degree of freedom. Hereafter the problems of practice: systems with several degrees of freedom are handled.

Finally the problem of isolating a machinery foundation is used to describe the isolation procedure.

Første del af denne rapport beskriver og diskuterer nogle eksperimentelle undersøgelser af gummilejers dynamiske egenskaber.

Først redegøres for den matematiske model, som benyttes til beskrivelsen af lejeegenskaberne og forsøgsopstillingen. Ud fra denne model er herefter opstillet en målemetode, som udnytter muligheden for overbestemmelse af de søgte størrelser således, at der opnås en stor sikkerhed mod fejl i måleresultaterne, samtidigt med at nøjagtigheden øges. Derefter er den benyttede forsøgsopstilling beskrevet, og den praktiske fremgangsmåde ved målingerne er fastlagt.

Endelig er anført og diskuteret måleresultater fra ialt 21 lejer.

Anden del af rapporten viser, hvorledes de eksperimentelle resultater kan udnyttes til korrekt projektering af svingningsisolerede dynamiske systemer.

Først omtales muligheder for og fordele ved kobling af lejerne, og dernæst tages som udgangspunkt for svingningsisolationsproblematikken: et system med en frihedsgrad. Endelig behandles det i praksis ofte forekommende problem: systemer med flere frihedsgrader.

Sluttelig er problemstillingen yderligere uddybet i et eksempel, som behandler svingningsisolation af et maskinfundament.

DYRBYE, C.: Stokastiske belastninger og deres virkninger.

(Stochastic loadings and their effects. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 80, 1977, pp. 17-18. Gratis.

En kortfattet oversigt over undervisningen og forskningen indenfor emnet ved ABK.

A brief survey of teaching and research about the subject at the Structural Research Laboratory.

EGERUP, A.: Træspærfags styrke - Monte Carlo metoden. (Strength of timber trusses - the Monte Carlo simulation technique. In Danish). Nordisk Trätidsskrift, hefte 5, 1977, pp. 1-30. [*].

Ved fremstilling af spærfag i praksis kendes styrkefordelingen i konstruktionen ikke, da træet placeres tilfældig under fabrikationen. Konstruktionsdelenes styrke og stivhed er fordelt som stokastiske variable henover konstruktionen. I praksis kendes det indgåede træs styrkefordeling oftest ikke, eller også er fordelingsfunktionen skønnet d.v.s.

med middeltal og 5% nedre fraktilgrænse.

For at efterligne styrkefordelingsforholdene i den praktiske fremstillingsproces kan dette simuleres i en matematisk model af den virkelige konstruktion ved hjælp af en Monte Carlo simulerings teknik, hvor de enkelte elementers egenskaber indføres som stokastiske variable svarende til den virkelige fordelingsfunktion.

Metoden analyserer virkningen af komponenternes styrkevariation på brudbæreevnens fordelingsfunktion under anvendelse af bestemte matematiske modeller.

Codes currently in service assume in the design of multi-component structures 5 percentile fractile strength in all components. In reality the structure consists of components with a variability of strength scattered as random variables with 95% of the strength values greater than the design strength values.

The purpose of this investigation is to present an alternative flexible design method which takes into account the variability of the strength parameters and utilizes more precise information that may become available (in particular the shape of the "tail" regions of rare occurrences).

By means of the Monte Carlo Simulation Technique the distribution of the ultimate load-carrying capacity of a standard timber truss is determined assuming stochastic variation of the ultimate moments in the individual members of the truss.

FREDSGAARD, S.: Notat om frontmetoden. (The frontal method. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977, 25s. Kr. 12.-.

Frontmetoden er en ligningsløsningsmetode, der er særlig velegnet til løsning af de ligningssystemer, der fremkom-

mer ved finite elementberegninger, når stivhedsmetoden anvendes. Princippet i frontmetoden gennemgås ved hjælp af ligevægtsbetragtninger. Numeriske eksempler viser, at frontmetoden ved større problemer hurtigt bliver mindre tidskrævende end den sædvanlige Choleski-faktorisering. I appendix er proceduren FRONSOL med underprocedurer listet. Disse procedurer, der er skrevet i PL/I, anvender den gennemgåede metode.

The frontal method is a way of solving linear equations. It is especially suitable for the equations arising in finite element calculations, when the stiffness method is applied. The basis ideas of the frontal method are developed through equilibrium considerations. Numerical examples show that the frontal method for bigger problems is less time consuming than the usual Choleskifactorisation. A listing of the procedure FRONSOL with subprocedures is included in an appendix. These procedures written in PL/I are based on the theory presented.

GELLERT, M. and M.E. LAURSEN: A new high-precision stress finite element for analysis of shell structures. International Journal of Solids and Structures, Vol. 13, 1977, pp. 683-697. [*].

A new high precision finite element for analysis of shell structures is presented. It is derived from a slightly generalized equilibrium principle. Accordingly both stresses and displacements are obtained as primary result of analysis. At the assembly level the element has 45 degrees of freedom, all of them generalized displacements. For the price of some additional computational effort on the element level of analysis the proposed element is believed to gain certain advantages over the recently developed high-precision displacement elements. Thin as well as thick shell

structures of arbitrary shape and loading can be equally analyzed. Engineering accuracy is attained with only very few elements. A variety of numerical examples demonstrates the applicability of the new element to all kinds of situations occurring in practice. A review of the existing high-precision shell elements is also included.

Der præsenteres et nyt finite element til analyse af skal-konstruktioner. Det er udledt fra et generaliseret komplementær energiprincip. Både spændinger og flytninger findes direkte.

Elementet har 45 frihedsgrader som alle er flytninger eller rotationer. Det har visse fordele sammenlignet med andre skalelementer, men kræver til gengæld en del beregning på elementniveau. Skalelementet kan anvendes til tykke og tynde skaller med vilkårlig geometri og belastning. Der gives eksempler på anvendelse af elementet på forskellige skaltyper. Endelig gives der en gennemgang af eksisterende høj præcisions skalelementer.

GRAVESEN, S. og STEEN KRENK: 2-dimensionale elasticitetsteoretiske problemer. (Two-dimensional elastic problems. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelesningsnotat nr. F 60, 1977, forsk.pag. Pris kr. 25.-.

Ud fra den 3-dimensionale elasticitetsteoris ligninger udledes ligningerne for det plane og det antiplane problem, og henholdsvis Airy's og Prandtl's spændingsfunktioner indføres. På grundlag af spændingsfunktionerne indføres komplekse potentialer. Betydningen af anisotropi omtales.

Der gives en kort gennemgang af Cauchy-integraler og deres anvendelse ved løsning af koblingsproblemer for komplekse funktioner. Resultaterne bruges til løsning af en række isotrope elasticitetsteoretiske problemer.

Nogle vigtige forhold i forbindelse med spændingstilstanden omkring revnespidser bliver belyst, idet dog kun retliniede revner behandles.

For områder med cirkulær rand behandles spændingsrandværdiproblemet, flytningsrandværdiproblemet og også blandede randværdiproblemer. For områder der fremgår af en cirkel ved konform afbildning med en rational funktion, angives løsningen på spændings- og flytningsrandværdiproblemerne, og løsningen af blandede problemer skitseres.

The equations of 3-dimensional elasticity is specialized to the plane and the anti-plane problem, and the corresponding stress functions of Airy and Prandtl are introduced. The two stress function are expressed in terms of complex potentials. Some problems connected with anisotropi are mentioned.

A short exposition is given of Cauchy-integrals and their use in solution of the Hilbert-problem for complex functions. The results are used for the solution of problems in isotropic elasticity.

Some important questions concerning stresses around a crack tip are discussed. Only linear cracks are dealt with.

For regions with a circular boundary the solutions of the first, second and mixed boundary problems are derived.

For regions which are mappings of a circular region with the help of a rational mapping function, solutions of the first and second boundary problem are obtained and the solution of the mixed problem is sketched.

HEJGAARD, O. og H. KRENCHER: Fiberarmerede cementbundne materialer. (Fibre reinforcement of cementitious materials. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 80, 1977, pp. 57-62. Gratis.

En gennemgang af de væsentligste årsager til, at man fiber-

armerer cement og beton, med eksempler på de materialeforbedringer, der er opnået ved forskningen på Afdelingen med stålfiberarmeret beton, glasfiberarmeret cement og plastfiberarmeret cementmørtel sammenlignet med de tilsvarende uarmerede materialer. (Forelagt på ABK's Informationsdag 1977).

A survey of the main reasons for reinforcing cement or concrete with fibres giving examples of the improvements in material properties which, at the ABK-laboratories, have been achieved with steel fibre reinforced concrete, glass fibre reinforced cement and plastic fibre reinforced cement mortar, in comparison with the corresponding unreinforced materials. (Presented at the 1977 information-day of the department).

HERRMANN, B.: En plasticitetsmodel for korttidsbelastning af beton. (A plastic model for short-time loading of concrete. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 55, 1977, 22s. Gratis.

Først omtales i rapporten kort det plasticitetsteoretiske grundlag. Derefter studeres flydefladernes udseende for beton bl.a. gennem en kritik af tidligere fremsatte modeller. Til slut fremsættes et nyt og enkelt forslag til en plasticitetsmodel for korttidsbelastning af beton, de indgående parametre bestemmes, og modellen sammenlignes med forsøgsresultater.

At first a survey of the applied plasticity theory is given. In the following the yield surfaces for concrete are studied. Also a criticism of other proposed models is given. On this background a new and rather simple model is proposed for short-time loading of concrete. At last the necessary parameters are determined and the predictive ability of

the model is examined through a comparison with test-results.

JENSEN, J.F., M.W. BRÆSTRUP, FINN BACH og M.P. NIELSEN: Præfabrikerede sandwichelementer af letbeton. En analyse af forskydningsstyrke og nedbøjninger. (Precast sandwich-elements of lightweight concrete. An analysis of shear strength and deflections. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 54, 1977, 28s. Gratis.

Gennem en forsøgsrække bekræftes anvendeligheden af plasticitetsteorien til beregning af LECA-sandwichelementers forskydningsbæreevne, ligesom en elasticitetsteoretisk stivhedsberegning eftervises. Ved en tilnærmet beregning opstilles en simpel formel til bestemmelse af elementernes forskydningsbæreevne. Tværsnitsændringers indflydelse på styrke og stivhed analyseres, og et forslag til forbedring af produktet angives sammen med de forventede konsekvenser af de foreslåede ændringer. Sluttelig anbefales det at udføre en række enkle forsøg til kontrol af de teoretiske forudsigelser.

Undervejs i rapporten konstateres, at sandwichelementernes forskydningsbæreevne afhænger af såvel spændvidde som armeringsmængde, to forhold der ikke er taget hensyn til i den nugældende dimensioneringsmetode.

By means of a test-series it is confirmed that the strength in shear of LECA-sandwich-elements can be calculated using the plasticity theory and it is shown that a calculation of the deflections based on the elasticity theory leads to reasonable results. A simple approximate formula to calculate the strength in shear is presented. The influence of different modifications of the cross section on the strength and the deflections is analysed and a recommendation to

change the product together with the expected consequences is given. At last it is recommended to carry out some simple tests to control the theoretical predictions.

It is demonstrated, that the strength in shear is dependent of both the span width and the amount of longitudinal reinforcement, which there is taken no account of in the existing tables of dimension.

KJEMS, ARNE og HERBERT KRENCHER: Forankring af svejste armeringsnet af gruppe I. Svejste net af glat eller profileret tråd.
(Anchorage properties of welded wire fabric of group I. Fabrics of smooth or surface profiled reinforcing steel. In Danish), Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 51, 1977, 190s. Gratis.

Der er udført trækforsøg med ialt 156 prøveprismer, hvori to svejste armeringsnet er stødt ved overlappning i en zone med rent, enakset træk, idet tværjernene i de to net er placeret til hver sin side, således at de langsgående jern ligger i samme plan.

Herved er der fundet forankringsegenskaber for svejste armeringsnet af gruppe I, (i henhold til DS 13082), d.v.s. armeringsnet af glatte eller såkaldte overfladeprofilerede stål. Følgende seks parametre er varieret:

- A Armeringsjernenes diameter (samme diameter i længde- og tværjern).
- B Nettetens maskevidde (lig centerafstanden mellem længdejernene og mellem tværjernene).
- C Svejsningernes styrke.
- D Nettetens stødlængde, antal tværjern i prøvelegemet.
- E Armeringsjernenes overfladebeskaffenhed.
- F Tykkelse af dæklaget.

Forsøgsresultaterne kan benyttes til bestemmelse af den nødvendige længde af et overlappingsstød af denne type for opnåelse af fuld forankring af de svejste net.

A series of 156 tensile tests has been carried out. In the test specimens two welded wire fabrics are spliced by overlapping in a zone of uniaxial tension, the transverse bars of the two wire fabrics being located on opposite sides of the common plane of the longitudinal bars.

In this way the anchorage properties of welded wire fabrics of group I (according to Danish Standard DS 13081) are determined. This group covers wire fabrics made of smooth or so-called surface-profiled reinforcing steel. The following 6 parameters are varied:

- A Gauge of the reinforcing steel (the gauge of the transverse and longitudinal bars being the same).
- B Mesh size of the wire fabrics (i.e. the spacing of the centerlines of the transverse and of the longitudinal bars).
- C Strength of the weldings.
- D Length of the splicing zone (the number of transverse bars in the specimen).
- E Surface characteristics of the bars.
- F Thickness of the concrete cover.

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

KRENCHER, H.: Delrapport A. Fibre. Fremstilling og egenskaber.

(Subreport A. Fibres. Production and mechanical properties.)

I: Fiberbetong. NORDFORSK's projektkomité för FRC-material. Huvudrapport. Delrapporter. Cement- och Betonginstitutet. Stockholm 1977. S. A1-A23. [*].

Gennemgang af de vigtigste typer fibre til armering af cementbundne materialer, deres fremstilling og deres mekaniske egenskaber. Problemer i forbindelse med fibrenes forankring i en cementmatrix.

A survey of the most important types of fibres for reinforcing cementitious materials, their production and their mechanical properties. Special problems in connection with anchorage of these fibres in a cement matrix.

KRENCHHEL, H.: Delrapport G. Fiberarkmetoden. (Subreport G. The fibre tissue lamination method. In Danish). I: Fiberbetong. NORDFORSK's projektkomité för FRC-material. Huvudrapport. Delrapporter. Cement- och Betonginstitutet. Stockholm 1977. S. G1-G11. [*].

Beskrivelse af en speciel fremgangsmåde for opbygning af fiberarmerede, cementbundne materialer udviklet på ABK. Metoden giver en meget fin fiberfordeling gennem hele materialet og dermed en høj virkningsrad for armeringen.

Description of a special method for building-up a fibre reinforced cement material as developed in our laboratory. The method gives a very high degree of uniform fibre distribution throughout the full composite and a high efficiency of the reinforcement is thereby achieved.

KRENCHHEL, H.: Delrapport M. Mekaniske egenskaber ved korttidsbelastning. FRC-materialer med anden armering end stålfibre. (Subreport M. Mechanical properties under short-term loading. FRC-materials with other reinforcement than steel fibres. In Danish). I: Fiberbetong. NORDFORSK's projektkomité för FRC-material. Huvudrapport. Delrapporter. Cement- och Betonginstitutet. Stockholm 1977. S. M1-M19. [*].

De væsentligste mekaniske egenskaber ved korttidsbelastning af asbestcement, andre asbestarmerede frc-materialer, cellulosecement, glasfibercement, andre glasfiberarmerede frc-materialer samt plastfiberarmeret beton.

The essential mechanical properties by short-term loading of asbestos cement, other asbestos reinforced FRC-materials, cellulose cement, glasfibre cement, other glasfibre reinforced FRC-materials and plastfibre reinforced concrete.

KRENCHEL, H. och A. MILLER: Delrapport R. Slagseghet. Metod-
studie. (Impact strength. Method study. In Swedish). I:
Fiberbetong. NORDFORSK's projektkomité för FRC-material.
Huvudrapport. Delrapporter. Cement- och Betonginstitutet.
Stockholm 1977. S. R1-R15. [*].

Gennemgang af de forskellige typer af slagsejhedsprøvning specielt for fiberarmeret materiale. Parallelforsøg med slagprøvning på ABK og IIT af serier af ens prøvelegemer. Alternative mål for sejhed.

Examination of various test methods for determining impact strength, specially concerning fibre reinforced cement and concrete.

Impact tests on series of identical test pieces of steel fibre reinforced concrete carried out in parallel at the ABK (Structural Research Laboratories, Lyngby) and the IIT (Institute of Innovation Technique, Stockholm).

KRENCHEL, H.: Fiberarmerede materialer. (Fibre reinforced materials. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977, 48s. Fotokopi, kr. 23.-.

En gennemgang af de fiberarmerede materialers karakteristiske opbygning og de forskellige parametre, som er bestemmende for disse materialers mekaniske egenskaber. Elasticitetsteoretisk beregning af disse kompositmaterialers styrke og elasticitetsegenskaber ud fra komponenternes mekaniske egenskaber, armeringsgraden, armeringens oriente-

ring samt fibreens forankring ved enakset påvirkning, forskydningspåvirkning eller bøjning. Speciel undersøgelse af bøjningspåvirket tværsnit, hvor matrixmaterialet er gennemrevnet i trækzonen.

An examination of the characteristic design and building-up of fibre reinforced materials and of the different parameters being responsible for the mechanical properties of this type of composites.

Calculation by elastic theory of the strength and the elastic properties of these materials from the mechanical properties of the components, the amount of fibre and the orientation and anchorage of the reinforcement in uniaxial straining, shear straining or bending.

Special examination of a cross-section in bending where the matrix in the tensile zone has passed its ultimate strain.

LANGE-HANSEN, P.: Plasticitetsteori for rammer med kombineret bøjning og vridning. (Theory of plasticity for frames with combined bending and twisting moments. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 63, 1977. 96s. Kr. 25.-.

I heftet gives en indføring i de principielle problemer i forbindelse med bestemmelsen af flydelasten af plane rammekonstruktioner, belastet vinkelret på rammeplanen, således at elementerne bliver påvirket til kombineret bøjning og vridning. I modsætning til plane rammer, belastet i rammeplanen, spiller flydeloven her en afgørende rolle. Kun rammer med rette elementer og kun materialer med v. Mises' eller Trescas flydebetingelse er omtalt. De generelle principper for opstilling af de fundamentale statiske og geometriske relationer for problemet gennemgås. Øvre og nedre værdi metoder omtales og belyses med eksempler. Ende-

lig formuleres bestemmelsen af flydelasten som forskellige lineære eller ikke-lineære optimeringsproblemer.

The main problems in connection with the calculation of the yield load of plane frames loaded at right angles to their plane are discussed in the textbook. Only frames with straight members and materials with v. Mises' or Tresca's yield condition are treated. The general principles for setting up the static and geometric equations are formulated. Upper and lower bounds methods are discussed in details with examples. The booklet ends with a short survey of optimization methods, usable for the calculation of the yield load of these frames.

LAURSEN, M.E.: Derivation of symmetric integration formulas for triangles. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 86, 1977, 26s. Gratis.

A systematic method for calculation of Gaussian numerical integration formulas for triangles is presented. Some new high order formulas are derived. The generalisation to three dimensions i.e. tetraedons is presented.

Der gives en systematisk metode til beregning af Gaussiske integrationsformler for trekantområder. Nogle nye formler af høj orden udledes. Endelig gives der en kortfattet behandling af integrationsformler for tetraedere.

LAURSEN, M.E.: EQSHELL. An equilibrium shell finite element for arbitrary shell geometry. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 77, 1977, 52s. Gratis.

A new equilibrium shell finite element is presented. The

complete description of the matrix manipulation leading to the elemental stiffness matrix is given.

The element can be used to analyse shells of arbitrary geometry and loading. The stresses are obtained as primary results and they satisfy the equilibrium equations accurately (error of order 3).

The results compare favourably with existing shell elements for the same element subdivision. However, generation of the elemental stiffness matrix is quite costly. At present research is aimed at reducing the computer work to $1/3$ by avoiding division of each element into 3 subelements, which is normally necessary in the equilibrium method. It is the author's opinion that when this is achieved the advantages of the present element will outweigh the disadvantages of some extra computer work at elemental level.

Der er udviklet et nyt skalelement baseret på en pertuberet ligevægtsmetode. Udviklingen af elementstivhedsmatricen er beskrevet i detaljer.

Elementet kan bruges til beregning af elastiske skaller med vilkårlig geometri og belastning, og giver fine resultater for såvel spændinger som flytninger. Det er illustreret ved en række beregningseksempler, hvor resultaterne er sammenlignet med andre finite element beregninger.

Genereringen af det nye element er mere besværlig og tidskrævende end for deformationsmetodeelementer, hvilket bl.a. skyldes at hvert element er inddelt i 3 subelementer. Der arbejdes nu videre på at gøre denne underinddeling unødvendig, hvorved beregningstiden vil skæres ned til ca. $1/3$ på elementniveau.

Det er forfatterens overbevisning at med en sådan reduktion vil det her foreslåede element være meget fordelagtigt at bruge i forhold til eksisterende elementer med samme brede anvendelsesområde.

LAURSEN, M.E., M.P. NIELSEN and M. ROIKJÆR: Stability analysis of beams and arches by energy methods. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 85, 1977, 36s. Gratis.

Analysis of the stability of curved space beams is based on the potential and the complementary energy theorems. For straight beams examples using the methods for approximate analysis are presented.

I rapporten gennemgås beregninger af krumme bjælkers stabilitet ved hjælp af potentiel og komplementær energi teoremer. Der gives en række eksempler på anvendelsen af beregningsmetoden, idet hovedsagelig kipproblemet af lige bjælker behandles.

LAURSEN, M.E.: Stability and vibration analysis of plane curved beams by an equilibrium finite element method. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 87, 1977, 29s. Gratis.

A theory for dynamic- and stability analysis of plane curved beams is presented. A mixed finite element is derived based on the presented theory. The element is a generalisation of a previously published element for linear elastic analysis. It has the property of being an equilibrium type element giving excellent stress results and accurate satisfaction of the equilibrium equations.

Finally some results of dynamic and stability analysis of beams using the presented element is presented.

Der er udviklet en teori for svingnings- og stabilitetsanalyse af plan krumme bjælker. På basis af denne teori er der udviklet et finite element, som er en videre udvikling af et tidligere publiceret element for lineær elastisk analyse af plan krumme bjælker.

Elementet udmarker sig ved at give gode resultater for spændinger, som også opfylder ligevægtsligningerne med god nøjagtighed.

Endelig gives der nogle eksempler på dynamisk og stabilitets beregning af plan krumme bjælker ved hjælp af det udviklede element.

MADSEN, HENRIK OVERGAARD: Om Rackwitz-Fiessler algoritmen til beregning af bærende konstruktioners sikkerhed under kombineret belastning. (On the Rackwitz-Fiessler algorithm for the calculation of structural reliability under combined loading. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 52, 1977, 34s. Gratis.

En algoritme til bestemmelse af ekstremværdifordelingen for summen af flere belastningsprocesser beskrevet ved Ferry Borges-Castanheta modellen præsenteres. Resultater fundet ved hjælp af algoritmen sammenlignes med resultater fundet ved Monte Carlo simulering. Overensstemmelsen er uhyre fin, dersom de i modellen indgående variable er normalfordelte eller stratificeret normalfordelte. Dersom de variable følger andre fordelingstyper optræder mindre afvigelser, som dog for almindelig praktisk anvendelse er uden betydning.

Algoritmen kan let indbygges i et computer program til bestemmelse af konstruktioners sikkerhed efter en niveau II metode.

An algorithm for the calculation of the extreme value distribution of combined loading described by the model of Ferry Borges and Castanheta is presented. Results found by the algorithm have been compared with results found by Monte Carlo simulation technique. Deviations are very small if the load variables are normally or stratified normally distributed. For other types of distributions larger devi-

ations may occur but they are of no importance for most practical applications.

The procedure is easily combined by a computer program for reliability check on level II.

MØLLMANN, H.: Beregning af hængetagskonstruktioner. (Analysis of hanging roofs. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 62, 1977, 78s. Pris kr. 21.-.

I notatet behandles beregningsmetoder for hængetage, i hvilke den bærende konstruktion består af et forspændt kabelsystem.

I den første del af notatet benyttes en beregningsmodel, hvor kabelsystemet erstattes med et tilsvarende stangsystem (diskret system). De ulineære styrende ligninger udledes, idet knudeflytningerne benyttes som ubekendte (deformationsmetoden), og ligningerne løses iterativt ved hjælp af Newtons metode.

Den anden del af notatet drejer sig om beregningsmetoder, i hvilke kabelsystemet betragtes som et tilsvarende kontinuert system. Følgende konstruktionstyper behandles: Enkeltkabler understøttet ved endepunkterne, plane kabeldragere og kabelnet. For kabeldragere og kabelnet angives der simple tilnærmelsesformler for statisk belastning og til bestemmelse af egenfrekvenser.

These lecture notes deal with the analysis of hanging roofs in which the structure consists of a prestressed cable system.

In the first part of the notes, the structure is treated as a discrete system, i.e. an equivalent assembly of rods. The governing nonlinear equations are derived using the node displacements as unknowns (the displacement method),

and the equations are solved iteratively by means of the Newton-Raphson method.

The second part of the notes is concerned with methods of analysis, in which the cable structure is treated as an equivalent continuous system. The following types of structures are treated: Single cables supported at the end points, plane cable trusses, and cable nets. In the case of cable trusses and cable nets, simple approximate formulae are presented for the static and dynamic analysis of such structures.

MØLLMANN, H.: Static and dynamic analysis of plane cable structures. Bygningsstatistiske Meddelelser, årg. 47, nr. 4, 1976, pp. 119-157. [Også i] Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 82, 1977. Gratis.

Plane prestressed cable structures of the type used to support roofs are studied. The structure is treated as an equivalent continuous system, and exact solutions of the governing nonlinear equations are derived for several cases of static loading and temperature changes. The results are presented in a simple form which is suitable for practical use. Formulae for the determination of natural frequencies and modes of vibrations are also presented. In both the static and dynamic analysis, account is taken of the effects of elastic support structures and of the possibility of the main cables being clamped together at midspan.

I artiklen undersøges forskellige typer af plane forspændte kabelsystemer, der benyttes som bærende konstruktioner i hængetage. Kabelkonstruktionen betragtes som et kontinuert system, og der udledes eksakte løsninger af de styrende ulineære ligninger for nogle vigtige statiske belastningstilfælde og for temperaturvariation. Resultaterne angives ved hjælp af simple formler, der er velegnede til praktisk

brug. Formler til beregning af konstruktionens egenfrekvenser og egenfunktioner angives også. Både ved den statiske og den dynamiske beregning tages der hensyn til virkningen af elastiske understøtninger og til det forhold, at de to hovedkabler kan være låst sammen ved midten.

NIELSEN, J.: Dimensioneringsgrundlaget for siloer. (Design of silos. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 80, 1977, pp. 91-100. Gratis.

Der gives en kort beskrivelse af de væsentligste driftsmæssige problemer i siloer og der peges på, at man ved en hensigtsmæssig formgivning af specielt silobunden i høj grad har mulighed for at undgå ubehagelige driftsproblemer. En revision af de tyske silonormer (DIN 1055) omtales, og der afsluttes med en omtale af den siloforskning der i en årrække har fundet sted på Afdelingen for Bærende Konstruktioner (modelteknik og geometriske imperfektioners betydning for trykfordelingen).

A short description of fundamental operating problems for silos is given. It is pointed out that troubles can be avoided by an appropriate shape of the bottom zone of the silo. A planned modification of the German code (DIN 1055) is mentioned and finally is given a description of the work done at the Structural Research Laboratory on silo problems (silo models and change in pressure distribution due to geometrical imperfections).

NIELSEN, J.: Model laws for granular media and powders with a special view to silo models. Archives of Mechanics, Vol. 29, No. 4, 1977, pp. 547-560. [*].

A continuation of earlier work on silo structures carried

out at the Structural Research Laboratory is described. On the basis of very general basic equations, two model laws are given, one corresponding to the individual particles of the particulate material being similar in the same ratio as the remaining geometry, and the other corresponding to the use of the same particles in model and prototype. Account is taken of both time-dependent material properties in the particulate medium and the effect of the pore medium on the stress and strain field. The model laws contain the requirement to an increased, homogeneous gravitational field, and an account is given of the errors that arise if, instead, a gravitational field produced in a centrifuge is used. Finally, the question of the degree to which the model conditions can be satisfied for various groups materials is discussed. The results can be widely applied to other problems relevant to particulate media.

I rapporten er beskrevet en videreførelse af ABK's tidligere arbejder vedrørende silokonstruktioner. Med udgangspunkt i meget generelle grundligninger gives to modellove, én svarende til at det granulære mediums enkelte korn er ligedannede i samme forhold som den øvrige geometri og én svarende til at samme korn er anvendt i model og prototype. Der er herunder taget hensyn til såvel tidsafhængige materialegenskaber i det kornede medium, som poremediets indflydelse på spændings- og tøjningstilstanden. Modellovene indeholder bl.a. kravet til et øget, homogent tyngdefelt, og der redegøres for fejl, som forekommer, hvis der i stedet anvendes et tyngdefelt frembragt i en centrifuge. Endelig gives for forskellige materialegrupper en diskussion af i hvor høj grad modelbetingelserne kan opfyldes. Resultaterne vil i vid udstrækning kunne overføres til andre problemer, hvori kornede medier indgår.

NIELSEN, J. and V. ASKEGAARD: Scale errors in model tests on granular media with special reference to silo models.

Powder Technology, Vol. 16, 1977, No. 1, pp. 123-130. [*].

Theoretical solutions to silo problems are only given in a relatively few cases, mainly because of difficulties in formulating the constitutive equations for the silo medium. Wide use has therefore been made of model tests. In the present paper use is made of the centrifuge technique to check the limitations of the method normally applied, in which model tests are performed neglecting the influence of volume forces.

It is found that the simple method can be used for materials normally considered to be non-cohesive, provided the model is not too small. This verifies Weber's assumptions for such models.

The centrifuge method is recommended for cohesive materials, and an experimental technique for measuring pressure and visualizing flow patterns is described.

Teoretiske løsninger findes kun for relativt få siloopgaver, hvilket hovedsageligt skyldes problemer med at formulere korrekte fysiske betingelser for silomediet. Modelforsøg er derfor benyttet i vid udstrækning. Gennem en udnyttelse af centrifugemetoden til modelforsøg undersøges begrænsningerne for den normalt anvendte enklere modelteknik, efter hvilken forsøg udføres uden hensyn til betydningen af volumenkræfternes størrelse.

Man finder at den enkle metode er anvendelig for materialer, som normalt betragtes som ikke-kohæsive forudsat at modellen ikke er for lille. Herved bekræftes Webers forudsætninger for sådanne modeller.

Centrifugeteknikken anbefales for kohæsive materialer og en eksperimentel teknik for måling af tryk og fastfrysning af brudfigur er beskrevet.

NIELSEN, LEIF OTTO: Opstilling af og eksempler på finite elementer. (Methods of development of finite elements with examples. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Forelæsningsnotat nr. F 61, 1977, 74s. Pris kr. 21.-.

Der gennemgås en række metoder til opstilling af finite kompatible elementer. Disse metoder anvendes til opstilling af en række elementer for skive-, plade- og 3-dimensionale konstruktioner.

Desuden gennemgås nogle konvergenskriterier, der gør det muligt at vurdere et elements kvalitet af teoretisk vej. Til belysning og supplerung af disse teoretiske kriterier er der i en række tilfælde foretaget sammenligninger mellem elementløsninger og eksakte løsninger.

Some wellknown methods used in the development of compatible finite elements are described. These methods are illustrated by deriving elements for plates (with and without bending) and 3-dimensional problems.

Moreover some convergence criteria are explained. These criteria makes it possible to estimate the quality of an element. Finally some examples illustrating the error and convergence of the finite element method are considered.

NIELSEN, M.P.: Mekanik 0.4. Endimensionale systemer. (Rumbjælker). (Mechanics 0.4. One-dimensional bodies. Space beams. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 95s. Pris kr. 24.-.

I bogen behandles den generelle teori for endimensionale legemer (rumbjælker), d.v.s. en teori, der gælder for vilkårligt store flytninger. Ved udledelsen af konstitutive ligninger forudsættes dog små tøjninger. Der angives en række ekstremalprincipper og formuleres en stabilitetsteori indeholdende et generelt energikriterium for en ligevægtsstillingsstabilitet.

The book deals with the general theory of one-dimensional bodies (rods) i.e. a theory valid for large displacements. In the development of constitutive equation, however, small strains are assumed. Extremum principles and a theory of stability giving a general criterion for stability of an equilibrium position are included in the text.

NIELSEN, M.P., A. RATHKJEN og L. PILEGAARD HANSEN: Mekanik 3.1. Spændinger og deformationer i plane bjælker. Den private ingeniørfond ved Danmarks tekniske Højskole, 1977, 376s. [*].

I bogen behandles den klassiske teori for lige og krumme, plane bjælker. Der behandles spændingsbestemmelse, bæreevnebestemmelse, deformationsbestemmelse og svingningsundersøgelser.

In the book the classical theory of straight and curved, plane beams is treated. Included in the text is determination of stresses, load carrying capacity, deformation and vibrations.

NIELSEN, M.P.: Sådan bør styrelsesloven ændres. (Proposals for a new law of management. In Danish). Ingeniøren, 25. marts, 1977, pp. 19-20. [*].

Artiklen gennemgår fordele og ulemper ved den nye styrelseslov for universiteter og højere læreanstalter. Der fremsættes et forslag til styrkelse af indflydelsen af de fagligt mest kvalificerede, uden at det skulle gå ud over fordelene ved loven.

The article comments upon advantages and disadvantages of

a new law for the management of Danish universities. A proposal is suggested how to strengthen the influence of people with high professional qualifications without spoiling the advantages of the new law.

RESUMEOVERSIGT 1976. Summaries of papers 1976. Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 81, 1977, 50s. Gratis.

Resumeer af 39 videnskabelige publikationer m.v., 1 rapport over rekvireret arbejde og 6 eksamensprojekter.

Summaries of 39 scientific papers etc., 1 report on contract work and 6 final year theses.

RIBERHOLT, H.: Bolte indlimet i limtræ. (Bolts glued into gluelam. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Rapport nr. R 83, 1977, 39s. + bilag. Gratis.

Rapporten redegør for styrkeforsøg med gevindstænger indlimet i limtræ. Der blev kun anvendt Resorcinollim.

I rapporten er redegjort for følgende faktorer, der influerer på bolteforbindelsens styrke: 1. Gevindstangens flydespænding, træets rumvægt og fugtindhold. 2. Produktionsteknik. 3. Forholdet mellem hullets og gevindstangens diameter, gevindstangens diameter, indlimningslængden, kantafstande. 4. Fugtvariationer, vekslende last, tidsafhængighed, langtidsstyrke, kombineret træk- og tværlast.

Forsøgene viste, at med den rette produktionsteknik kan der fremstilles bolteforbindelser med stor aksialstyrke til anvendelse i trækonstruktioner i indendørsklima eller, hvor de ikke er udsat for direkte vandpåvirkning og efterfølgende udtørring. Bolteforbindelserne bør endvidere kun anvendes, hvor de i konstruktionens levetid udsættes for et moderat antal lastvekslinger, mindre end 10^5 lastvek-

linger. Som eksempel kan anføres, at forbindelsens aksialstyrke kan svare til gevindstangens flydestyrke.

The report gives an account of strength tests with threaded rods glued into gluelam. There was employed Resorcinol glue in all the test specimens.

In the report is stated the following factors which influence the strength of the bolt connection (connections with a threaded rod): 1. The yield stress of the threaded rod, the density and moisture content of the wood. 2. Production techniques. 3. The proportion between the diameter of the hole and the threaded rod, the diameter of the threaded rod, the glued - in length of the rod, edge distances. 4. Moisture variations, alternating load, time dependence, long term strength, combined axial and lateral load.

The tests showed that with the right production technique, there may be produced bolt connections with a great axial strength for application in timber structures in interior climate, or where they are not exposed to direct water action and subsequent drying. The bolt connections ought to be employed only where they, during the lifetime of the structure, are exposed to a moderate number of load cycles, less than 10^5 load cycles. As an examples, the axial strength of the connection may be equal to the yield strength of the threaded rod.

ROIKJÆR, M., M.P. NIELSEN, M.W. BRÆSTRUP og FINN BACH: Forskydningsforsøg med spændbetonbjælker uden forskydningsarmering. (Shear tests with prestressed concrete beams without shear reinforcement. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 57, 1977, 15s. Gratis.

En rationel teori baseret på plasticitetsteorien har givet lovende resultater ved beregning af forskydningsstyrken af bjælker, fuger og plader.

Denne rapport omhandler en forsøgsserie med forspændte, ikke forskydningsarmerede bjælker. Forsøgsserien viser, at der også i dette tilfælde er god overensstemmelse mellem teori og forsøg.

Effektivitetsfaktorens størrelse peger endvidere på en positiv effekt fra forspændingen.

Shear solutions based on the Theory of Plasticity have earlier proved to be useful in an attempt to derive a rational theory concerning shear problems in plates, joints and beams in general.

Moreover, it is shown in this paper that the model is able to predict the value of the shear force in a prestressed beam as a function of the shear span to depth-ratio.

The test results are in excellent agreement with the model, and the value of the effectiveness factor points out that the prestress has a positive effect on the size of the shear force.

ROSTAM, STEEN: Delvis forspændte betonkonstruktioner. (Partially prestressed concrete structures. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977, 171s. [Lic]. Fotokopi, kr. 96.-.

Afhandlingen behandler delvis forspændte betonkonstruktioner med hovedvægten lagt på anvendelsen af en kombination af forspændt og ikke-forspændt armering.

Forspændingsgradens indflydelse på bøjningspåvirkede tværsnits mekaniske egenskaber i brugsstadiet såvel som i brudstadiet diskuteres.

En mere detaljeret behandling er givet dels problemerne omkring revnedannelse og revneudvikling, dels de holdbarhedsmæssige problemer vedrørende delvis forspændte konstruktioner udsat for forskellige aggressive miljøer. Der er gengivet en kronologisk og en systematisk litteratur-

fortegnelse på ca. 350 referencer.

The thesis treats partially prestressed concrete structures with emphasis on the application of a combination of prestressed and non-prestressed reinforcement.

The influence of the prestressing level on the mechanical properties of flexural members within serviceability limit states and at ultimate is discussed.

Problems associated with the development and propagation of cracks as well as problems concerning the durability of partially prestressed structures exposed to different types of aggressive environment are treated in more detail. A chronologic and a systematic list of references is presented, covering approximately 350 references.

SKETTRUP, E. og T. BRØNDUM-NIELSEN: Spændbeton. Beregninger.

2. udg. (Prestressed concrete. Analysis. 2. ed. In Danish). Polyteknisk Forlag, 1977, 59s. [*].

"Spændbeton. Beregninger" omfatter en række gennemregnede eksempler som supplerer Troels Brøndum-Nielsens lærebog "Spændbeton".

I 2. udgave er foretaget en række ændringer og ajourføringer. Partialkoefficienterne er bragt i overensstemmelse med Dansk Ingeniørforenings Norm for Betonkonstruktioner 1973 (DS 411, 1973). Enhederne er ændret, så de svarer til det internationale enhedssystem SI.

"Spændbeton. Beregninger" illustrates the analysis of prestressed concrete structures through a number of numerical examples and is a supplement to Troels Brøndum-Nielsen's textbook "Spændbeton".

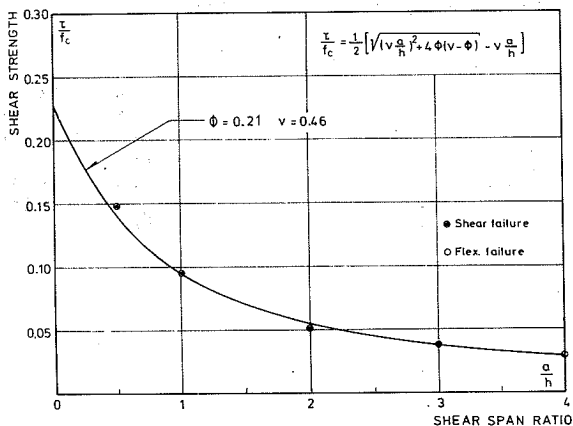
In the 2nd edition a number of revisions bring the book up to date. The partial coefficients are thus in accordance with Dansk Ingeniørforening's code of practice for the

structural use of concrete 1973 (DS 411,1973) and the units in accordance with the SI-system.

ÅRSBERETNING FOR 1976. Planlagt forskning for 1977-79. (Annual report 1976. Research projects for 1977-79. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Intern Rapport nr. I 48, 1977, 34s. Gratis.

Årsberetningen indeholder personaleliste, oversigt over forskningsprojekter, foredragsliste og publikationsfortegnelse.

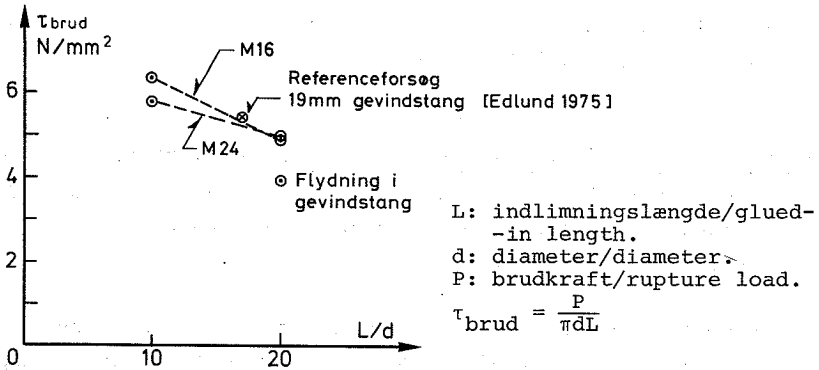
The annual report contains list of staff, survey of research projects, and list of lectures and publications.



ϕ : Mechanical degree of main reinforcement. f_c : Concrete cylinder strength. v : Empirical concrete effectiveness factor.

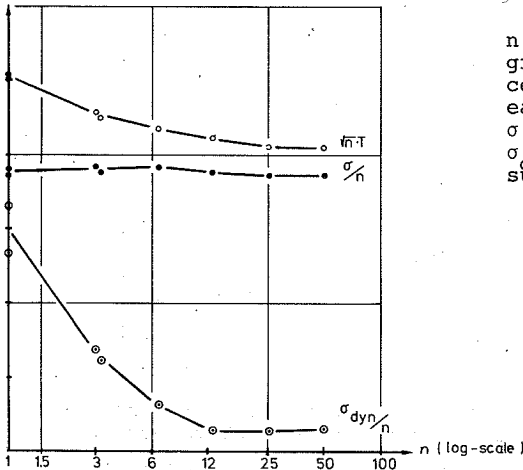
Bjælker uden forskydningsarmering. Resultater af forsøg med rektangulære strengbetonbjælker sammenlignet med beregnet bæreevnekurve baseret på plasticitetsteoretisk analyse./Beams without shear reinforcement. Results of tests on rectangular, pre-tensioned concrete beams compared with theoretical strength curve based on plastic analysis.

Ref.: BRAESTRUP & al.: Plastic analysis of shear in concrete.



Forsøgsresultater fra aksial udtrækning af bolte indlimet i limtræ. Forsøgene viste, at bolteforbindelsen er så stærk, at brud kan udløses af flydning i bolten. De faldende kurver viser, at en plastisk brudmodel ikke kan anvendes./Test results from axial loading of bolts glued into gluelam. The tests showed that rupture may occur by yielding in the bolt. The sloping curves show that a plastic model of rupture is not applicable.

Ref.: RIBERHOLT: Bolte indlimet i limtræ.



Centrifuge tests with a 15 cm high silo model for testing the normally used model laws which would be represented in the figure by horizontal lines. Where the curves are sloping the model laws are, therefore, not applicable. The tests have thus established the limits of applicability of these model laws.

Ref.: NIELSEN and ASKEGAARD: Scale errors in model tests....

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.

Epoxy reparation af revnede betonbjælker. (Epoxy resin repair of cracked concrete beams. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sagsrapport nr. S 12/75. 1975.

Ved Afdelingen for Bærende Konstruktioner er udført nogle forsøg med henblik på at få sammenlignet effektiviteten af tre forskellige metoder til injektion af Epoxy. Hensigten var at finde den bedste metode til reparation og forstærkning af revnede betonbjælker. Forsøgene viste, at de tre metoder resulterede i konstruktioner med meget signifikant styrkeforskel.

Udviklingen af mikrorevner under belastning og disse revners placering registreredes ved hjælp af et udstyr til måling af akustisk emission, som Afdelingen har fremstillet.

Rekvirent: Steensen & Varming, Rådg. ing.

Kopi af rapporten kan fås i særlige tilfælde og med fornøden tilladelse fra rekvirenten. For yderligere oplysninger: henvendelse til T. Brøndum-Nielsen, ABK.

Tests were carried out at the Structural Research Laboratory to compare the efficiency of three different epoxy-resin injection methods. The purpose was to find the best method for repair and strengthening of cracked concrete structures. The tests revealed that the three methods resulted in structures with very significant differences in strength.

The development of microcracks during loading and the location of these cracks were registered by an acoustic emission recording equipment built by the laboratory.

Client: Steensen & Varming, Consulting engineers.

In special cases and with the permission of the client, copy of the report can be obtained. Requests for further information may be addressed to T. Brøndum-Nielsen, ABK.

Bæreevne af dækelementknaster. (Bearing capacity of support cams for concrete floor components. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sagsrapport nr. S 31/75. 1975.

Afdelingen har foretaget en undersøgelse af dækelementknasters bæreevne.

Forsøgenes formål var at bestemme bæreevnen af to typer dækelementknaster. For den ene type var en hovedarmeringsstang ført helt ud til knastens endeflade. For den anden type var denne stang stoppet 50 mm fra endefloden. De to knasttyper vil i det følgende kort blive betegnet armerede og uarmerede.

Der gennemførtes brudforsøg med én knast ad gangen. Lejedybden af knasten var 2,5 cm. Under forsøget fulgtes udbredelsen af mikrorevner ved hjælp af Afdelingens udstyr til registrering af akustisk emission - et varslingsudstyr, der omdanner akustisk emission til hørbar lyd.

For de armerede knaster var bæreevnen 1,42 Mp med en variationskoefficient på 12,5%. For de uarmerede knaster var bæreevnen 1,47 Mp med en variationskoefficient på 6,4%.

I henhold til de fundne forsøgsresultater medfører forskellen i armeringens udformning således ingen signifikant forskel i knasternes bæreevne.

Rekvirent: K.L. Larsen & E.C. Pedersen A/S.

Rapporten som helhed er ikke offentlig tilgængelig. For yderligere oplysninger henvendelse til T. Brøndum-Nielsen, ABK.

The Structural Research Laboratory has carried out an investigation of the bearing capacity of support cams for concrete floor components. The purpose of the tests was to find the bearing capacity of two different types of support cams. For the one type a reinforcing bar was extended right out to the end face of the cam. For the other type this bar was stopped 50 mm from the end face. The two cam types will in the following be referred to as reinforced and plain, respectively.

One cam at the time was tested to failure. The bearing depth of the cam was 2,5 cm. During the loading the development of microcracks were registered by means of the labo-

ratory's recording equipment for acoustic emission - a warning device which changes the acoustic emission into audible sound.

For the reinforced cams the bearing capacity was 1,42 Mp with a coefficient of variation of 12,5%. For the plain cams the bearing capacity was 1,47 with a coefficient of variation of 6,4%.

According to these test results, the difference in the arrangement of the reinforcement did thus not result in any significant difference in the bearing capacity of the cams.

Client: K.L. Larsen & E.C. Pedersen A/S.

The report in its entirety is not available to the public. Requests for further information may be addressed to T. Brøndum-Nielsen, ABK.

Tøjningsmåling i borepæl. (Strain measurement in a bored concrete pile. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sagsrapport nr. S 44/75, 1977.

ABK har udført instrumentering af borepæl i pille 2 i Vejleffjordsbroen med henblik på bestemmelse af normalkraftens variation ned gennem den ca. 30 m lange pæl.

Kraften fastlægges på grundlag af en tøjningsmåling, idet strain gages er monteret indvendigt i to rør indstøbt i borepælen. Rørene er ca. 30 m lange, 50 ϕ mm udvendig og 41 ϕ mm indvendig. Gageene er anbragt i 6 niveauer.

Tøjningstilstanden er fulgt gennem broens byggeperiode.
Rekvirent: Cowiconsult.

Rapporten i sin helhed er ikke offentlig tilgængelig.
For yderligere oplysninger henvendelse til V. Askegaard eller P. Mossing, ABK.

Instrumentation of a bored concrete pile in pier 2 at the Vejleffjord-bridge has been carried out in order to deter-

to determine the normal force along the pile, the length of which is about 30 m.

The determination of the normal force is based on a measurement with strain gages mounted on the inner side of two steel tubes cast in the concrete. The tube length is about 30 m, the outer diameter is 50 mm and the inner diameter is 41 mm. The gages are placed at 6 levels.

The strain condition has been followed through the erection period of the bridge.

Client: Cowiconsult.

The report in its entirety is not available to the public. Requests for further information may be addressed to V. Askegaard or P. Mossing, ABK.

Kontrol af epoxylim. (Control tests on epoxy glue. In Danish).

Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sagsrapport nr. S 30/76, 1977, 16s.

I forbindelse med opførelse af Sallingsundbroen gennemføres i vor sag 23/75 omfattende analyse af forskellige typer epoxy-lim med udvælgelse af den mest bestandige kvalitet til byggeriet (se Rapport R 74, pag. 42). I nærværende undersøgelse blev der ført løbende kontrol på udvalgte stikprøver fra de forskellige leverancer lim til byggepladsen.

Der blev således foretaget undersøgelse af limernes reaktionsvarme, densitetsbestemmelse, måling af E-modul og krybning samt bestemmelse af epoxy-materialets vandabsorption og vandopløselighed.

Rekvirenter: Vejdirektoratet, Sallingsundkonsortiet, Danbond.

Rapporten i sin helhed er p.t. ikke offentlig tilgængelig. For yderligere oplysninger henvendelse til H. Krenchel, ABK.

For jointing the concrete components in the Sallingsund Bridge the Department carried out extensive investigations on different types of epoxy adhesives, selecting the most stable type of glue for the job with the highest water resistance (see report R 74, pag. 42).

In the present investigations selected samples from the different batches of epoxy material delivered at the building site were tested for uniform quality control. Each batch was controlled for reaction heat, density, Young's modulus and creep and for water absorption and water solubility of the cured epoxy material.

Client: Vejdirektoratet, Sallingsundkonsortiet, Danbond.

At the moment the report is not available to the public. Requests for further information may be addressed to H. Krenchel, ABK.

Tideguard-materiales brudforlængelse. (Ultimate elongation at rupture of Tideguard epoxy mortar). Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Sagsrapport nr. S 31/76, 1977, 4 s.

Materialet var anvendt som beskyttelses-coating på under-vandstrykrør til en boreplatform i Norge, men havde vist revner ved trykprøvning af rørene. Der blev fremstillet specielle trækprøvelegemer af epoxy materialet med måling af arbejdslinier til brud. Brudtøjningen viste sig at være kritisk.

Rekvirent: Dansk Entreprenørselskab, Christiani & Nielsen.

Rapporten er ikke offentligt tilgængelig. For yderligere oplysninger henvendelse til H. Krenchel, ABK.

The material had been used as protection coating sprayed on pressure pipes for a drilling platform in Norway but it had shown cracks during pressure testing of the pipes. Special tensile test specimens were made from the epoxy material and measurement of stress-strain curves was carried

out all the way up to rupture. The ultimate elongation appeared to be critical for the purpose.

Client: Dansk Entreprenørselskab, Christiani & Nielsen.

The report is not available to the public. Request for further information may be addressed to H. Krenchel, ABK.

Svingningsmålinger på Panum Instituttet. (Measurements of vibrations at the Panum Institute. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sag nr. 6/77, 1977.

På Panuminstituttet under Københavns Universitet foregår en del laboratoriearbejde, som kræver tolerancegrænser for svingninger. Afdelingen har bistået med svingningsmålinger og har diskuteret metoder til begrænsning af svingninger, hvor dette skønnes nødvendigt.

Rekvirent: Steensen & Varming, Rådgivende ingeniører.

Rapporten er ikke offentlig tilgængelig. Yderligere oplysninger kan fås ved henvendelse til C. Dyrbye, ABK.

At the Panum Institute under the University of Copenhagen, some laboratory operations are in the need of restrictive tolerance levels of vibrations. The Structural Research Laboratory has assisted with vibration measurements and has discussed methods of limiting vibrations where it was found necessary.

Client: Steensen & Varming, Consulting engineers.

The report is not available to the public. Requests for further information may be addressed to C. Dyrbye, ABK.

Måling på silo i Karpalund. (Measurement on silo in Karpalund. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Sagsrapport nr. S 11/77, 1977.

I syv punkter langs en revne i en 46 meter høj kornsilo i

Karpalund er målt revneændringer under fyldning, hvile og tømning med byg, hvede og havre. Der er udført 6 forsøg med det oprindelige ekscentrisk placerede udløb og 5 med et installeret Reimbert-rør.

Til måling er udnyttet et nyudviklet beslag for montering af flytningsmålere med henblik på måling af revneændringer under udendørsforhold.

Rekvirent: Skånska Cementgjuteriet AB, Malmø.

Kopi af rapporten kan fås i særlige tilfælde og med fornøden tilladelse fra rekvirenten. For yderligere oplysninger henvendelse til Jørgen Nielsen, Peter Mossing eller Vagn Askegaard, ABK.

Measurements were taken of the changes taking place at seven points along a crack in a 46 metre high grain silo in Karpalund during filling, rest and discharge with barley, wheat and oats. Six tests were carried out with the original eccentrically located discharge and five tests with a Reimbert-tube.

The tests were carried out with fittings lately developed for mounting displacement gauges with a view to measuring crack changes under outdoor conditions.

Client: Skånska Cementgjuteriet AB, Malmø.

In special cases and with the permission of the client, copy of the report can be obtained. Requests for further information may be addressed to Jørgen Nielsen, Peter Mossing or Vagn Askegaard, ABK.

Trækforsøg med tværpladesamlinger til Enstedværket. (Tensile

tests on end plate connections in the Ensted power plant.

In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sag nr.

12/77, 1977.

Tværpladesamlinger er i vid udstrækning anvendt som bjælke-søjlesamlinger i stålskeletbygningerne til Enstedværkets

blok 3. På Afdelingen er udført trækforsøg med typiske tværpladesamlinger til bestemmelse af disses styrke- og deformationsegenskaber.

Rekvirent: ELSAM, Kraftværksgruppen.

Rapporten er ikke offentlig tilgængelig. Yderligere oplysninger kan fås ved henvendelse til H. Agerskov, ABK.

End plate connections have to a large extent been used as beam-to-column connections in the new block 3 of the Ensted power plant. The Structural Research Laboratory has carried out tensile tests on typical end plate connections with the purpose of determining the strength and stiffness characteristics of the connections.

Client: ELSAM, Kraftværksgruppen.

The report is not available to the public. Requests for further information may be addressed to H. Agerskov, ABK.

Laboratory Tests On Gedser Wind Turbine's Blades. (Laboratorieforsøg med Gedservindmøllens vinger. In English). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sagsrapport nr. S 28/77, 1977.

As participating institution in the "Gedser Test Group" (other institutions: Risø National Labs., Danish Ship Res. Lab.), the Structural Research Laboratory of the Technical University of Denmark, has performed static and dynamic laboratory tests on blade No. 3 of the restored Gedser Wind Turbine (200 kW, 25 m rotor diameter). The tests were carried out in the Laboratory's testing hall.

The results of the tests have been used for final instrumentation with strain gauges of this blade and blade No. 2 in order to determine certain of the internal forces in four sections of the main spar of the blade under operating conditions to enable specification of the external load on the blade.

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.

Afdelingen for Bærende Konstruktioner har som deltagerinstitution i Gedser Test Group (andre institutioner: Forsøgsanlæg Risø, Skibsteknisk Laboratorium) foretaget statiske - og dynamiske laboratorieforsøg med vinge nr. 3 på den genopbyggede Gedservindmølle (200 kW, rotordiameter 25 m). Forsøgene er foregået i Afdelingens prøvesal.

På grundlag af resultaterne fra disse forsøg er der foretaget en endelig instrumentering med strain gages af denne vinge og af vinge nr. 2. Med denne instrumentering søges visse af snitkræfterne i fire snit på vingens hovedbjælke fastlagt under driftsforhold, så den ydre belastning på vingen kan fastsættes her ud fra.

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

Kopier af rapporten kan fås hos rekvirenten.

Letbetons frostbestandighed. (Frost resistance of lightweight aggregate concrete. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Sagsrapport nr. S 29/77, 1977, 15 s.

Visse dele af overbygningen på Sallingsundbroen var foreskrevet støbt i letbeton. Der valgtes en beton med cylinderstyrke ca. 35 MPa, og densitet ca. 1,75, og rekvirenten ønskede denne betons frostbestandighed bedømt sammenlignet med en normal beton i samme styrkeklasse.

Forsøgene viste, at letbetonens frostbestandighed var en smule bedre end den normale betons. Efter 25 frysninger og optøninger var normalbetonens trykstyrke således reduceret med 14%, medens letbetonens styrke kun var reduceret med 5%.

Rekvirent: Sallingsundkonsortiet.

Rapporten i sin helhed er p.t. ikke offentlig tilgængelig. For yderligere oplysninger henvendelse til H. Krenchel, ABK.

Parts of the super structure of the Sallingsund Bridge should be cast in lightweight aggregate concrete. A concrete quality was chosen having a compressive strength of approximately 35 MPa and a density about 1.75 and the contractor wanted an examination of the frost resistance of this type of concrete in correlation with frost resistance tests on an ordinary concrete with the same compressive strength. The tests showed that the frost resistance was slightly better for the lightweight concrete than for the ordinary concrete. After 25 cycles of freezing and thawing the ordinary concrete had lost about 14% of its original compressive strength whereas the lightweight concrete had lost only about 5%.

Client: Sallingsundkonsortiet.

At the moment the report is not available. Requests for further information may be addressed to H. Krenchel, ABK.

Trykforsøg og krybningsforsøg på cylinderprøvelegemer af dansk stensalt. (Compressive tests and creep tests on cylinder test pieces of rock-salt from the Danish underground. In Danish). Afdelingen for Bærende Konstruktioner. Sagsrapport nr. S 34/77 samt S 37/77. 1-5, 1977. Ialt 138 s.

Sammenlignende trykforsøg udført under forskellige forsøgsbetingelser med saltcylindre \varnothing 100 x 100 mm respektive \varnothing 100 x 200 mm. Desuden er udført trykforsøg med arbejdslinebestemmelse og måling af tværdeformationer helt til brud på saltcylindre \varnothing 100 x 200 mm.

Endelig er der gennemført krybningsforsøg med længde- og tværdeformationsregistrering. Disse forsøg er foregået

over længere tid (måned) og på forskellige belastningsniveauer.

Materialet har ret specielle mekaniske egenskaber, formentlig som følge af den krystallinske opbygning.

Rekvisit: Forsøgsanlæg Risø.

Rapporten i sin helhed er p.t. ikke offentlig tilgængelig. For yderligere oplysninger henvendelse til H. Krenchel, ABK.

Comparative compressive tests under different test conditions with rock-salt cylinders \varnothing 100 x 100 mm and \varnothing 100 x 200 mm, respectively. Further compressive tests with stress-strain curve registration and transverse strain measurement on salt cylinders \varnothing 100 x 200 mm all the way up to rupture.

Finally creep tests have been carried out with registration of longitudinal and transverse deformations. These tests have been carried out over a long period of time (several months) and at different stress levels.

The material has rather special mechanical properties, presumably as a consequence of its crystalline nature.

Client: Risø.

The report in its entirety is not available to the public. Requests for further information may be addressed to H. Krenchel, ABK.

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. 10.- 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) 883511.

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 kr. 0,50 per page plus a dispatch and forwarding charge of kr. 10.00 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.

ARPE, ROBERT: Dynamiske stabilitetsproblemer. (Dynamic stability problems. In Danish). Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 149s + 23s. bilag. Fotokopi, kr. 97.-.

Projektet består af 2 dele:

A. Hængebroflutter 43s.

B. Indspændt-fri søjle med harmonisk længdebevægelse.

101s + 23s. bilag.

Til grund for stabilitetsberegninger af de i de senere års anvendte strømlinede hængebrotværnsnit ligger et arbejde fra 1936 af T. Theodorsen omhandlende aerodynamisk påvirkning af en svingende plade. I del A er der søgt at lette forståelsen af dette arbejde samt at forklare flutterfænomenet. Der er endvidere udviklet et simpelt EDB-program til bestemmelse af den kritiske (instabilitetsgivende) vindhastighed med henblik på anvendelse i praksis.

Det er kendt, at der for en søjle med tidsvarierende normalkraft kan optræde instabilitet. I del B er undersøgt en indspændt fri søjle, hvor indspændingen bevæges harmonisk i længderetningen, og en teori til forklaring af instabilitetens afhængighed af frekvens, samt amplitude er opstillet. Normalkraften vil, da den fremkommer som inertikraften i søjlen, variere både i tid og sted, og en analytisk løsning af den styrende partielle differentiaalligning er umulig. Der er derfor udført forsøg med forskellige stålsøjler og med støtte i resultater og konklusioner her fra opnås en fysisk og en teoretisk forklaring af instabiliteten.

Lærer: C. Dyrbye.

The project consists of 2 parts:

A. Suspension bridge flutter 43p.

B. Clamped-free column with axial harmonic movement.

101p + 23p supplement.

The basis of stability calculations of the streamlined suspension bridgedecks that have been used lately, is a work from 1936 by T. Theodorsen dealing with aerodynamic forces on a oscillating plate. In part A it is tried to make the understanding of this work easier and to explain the mechanism of flutter. Further a simple computer program determining the critical (instabilitycausing) vind velocity is developed with reference to application in bridge designing.

It is known, that a column with timevarying axial force might become unstable. In part B a clamped-free column with axial harmonic movement of the clamped end is investigated, and a theory explaining, how the instability depends of frequency and amplitude, is developed. The axial force will, because it appears as the inertia force in the column, vary both with time and place, for which reason an analytical solution to the governing partial differential equation is not achieveable. Therefore experiments with different steel columns have been made and based upon the test results and conclusions a physical and theoretical explanation of the instability is achieved.

Project leader: C. Dyrbye.

BRINCKER, RUNE: Beregning af tværbelastede murede vægge. (Design of brick masonry loaded as plates. In Danish). Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 212s. Fotokopi, kr. 116.-.

I rapporten gøres der forsøg på at formulere metoder for beregning af tværbelastede vægge af uarmeret murværk, samt undersøge fordele og ulemper ved disse metoder.

Der er således formuleret en teori for lineær-elastiske ortotrope plader med hensyntagen til membransnitkræfter, samt en brudmekanisk teori, som forudsætter et idealpla-

stisk materiale uden trækstyrke. Disse metoder, samt almindelig brudlinieteori afprøves på nogle eksempler, og resultaterne sammenlignes med forsøgsresultater fra litteraturen.

Til sidst skitseres et relevant forsøgsprogram til afklaring af endnu uklare punkter, og der udvikles metoder til bestemmelse af de 5 elastiske konstanter for ortotroppe plader uden trækstyrke. Der udføres en forsøgsopstilling, og metoderne afprøves med gode resultater på modelmurværk.

Lærer: Bent Erik Pedersen.

In the thesis an attempt has been made to formulate methods of design of unreinforced brick masonry walls loaded as plates and to investigate the possibilities and drawbacks of these theories.

A theory has thus been formulated for linearly elastic, orthotropic plates considering the membrane forces, and an ultimate load theory assuming a perfectly plastic material without tensile strength. These methods and the ordinary yield line theory have been applied to a few examples and the theoretical results compared to the test results from the literature.

In the last section a test programme has been sketched with the purpose of clarifying some of the assumptions. Methods have been indicated for the determination of the five elastic constants for orthotropic plates without tensile strength. A test rig has been constructed and the methods have been tested on brick masonry models with good results.

Project leader: Bent Erik Pedersen.

DAMKILDE, LARS: Ikke-lineære elementmetodeligninger for gummi-
materialer. (Non-linear finite elements for rubber materials.
In Danish). Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Kon-
struktioner, 1977, 109s + EDB udskrifter. Fotokopi, kr. 65.-.

Formålet med arbejdet har været at opstille en rationel beregningsmetode for gummilejer, der er påvirket af en stor, statisk belastning og en mindre, dynamisk belastning. Elementmetoden har vist sig anvendelig.

De ikke-lineære bidrag til elementmetodeligningerne skyldes, dels at der regnes med store tøjninger og flytninger, dels at gummimaterialer bør regnes usammentrykkelige. Elementmetodeligningerne er udledt ud fra den potentielle energi, hvori usammentrykkelighedsbetingelsen er indført ved hjælp af en Lagrange-multiplikator.

På grund af usammentrykkeligheden har det vist sig nødvendigt at bruge et specielt element. Et firkant-element sammensat af fire constant-strain trekantner.

Der er opstillet et EDB-program, der bestemmer påvirkninger fra den statiske belastning. Der er vist kørsels-eksempler. Til sidst er der opstillet elementmetodeligninger for dynamiske belastninger.

Lærere: Esben Byskov og Leif Otto Nielsen.

The report deals with analysis of rubber bearings, subjected to a great, static load and a smaller, dynamic load. The finite element method was found to be a useful tool in this connection.

The fact, that the deformations are large, and the fact, that rubber is incompressible, result in non-linear finite elements. The finite element equations have been derived from the principle of stationary potential energy. The incompressibility constraint has been taken into account by means of a Lagrangian multiplier.

Because of the incompressibility it has been necessary to use a special element, a quadrilateral element formed by four constantstrain triangles.

A computer program has been developed in order to find the influence of static load. Finally finite element equations for dynamic loading have been derived.

Project leaders: Esben Byskov and Leif Otto Nielsen.

JENSEN, JESPER FRØBERT: Jernbetonbjælker uden forskydningsarmering. (Reinforced concrete beams without web reinforcement. In Danish). Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 217s. Fotokopi, kr. 120.-.

Del 1: Forskydning i sandwichelementer af LECA-beton.

Ved hjælp af plasticitetsteoriens øvre værdimetode findes en bæreevneformel til beregning af sandwichelementernes forskydningsbæreevne, der i praksis oftest er dimensionsgivende. Beregningerne eftervises ved forsøg.

Del 2: Jævnt belastede jernbetonbjælker uden forskydningsarmering.

Der opstilles en nedreværdi for bæreevnen af jævnt belastede jernbetonbjælker uden forskydningsarmering, og der gøres forarbejde til en senere fundet øvre værdi, identisk med nedreværdien, der således er den plasticitetsteoretisk eksakte bæreevne. Det vises, at det fundne bæreevneudtryk ligger meget nær den rene bøjningsbæreevne, beregnet efter CEB's mønsternorm, og der drages sammenligning med over 100 forsøg refereret i litteraturen.

Lærer: M.P. Nielsen.

Part 1: Shear in LECA-sandwich-elements.

By means of the upper bound technique from the theory of plasticity a formula is found to calculate the strength in shear of the sandwich elements. Tests are carried out to prove the calculations.

Part 2: Reinforced concrete beams under distributed loading.

A lower bound solution to calculate the shear capacity of reinforced concrete beams without web reinforcement subjected to distributed loading is found, and preliminary work is done to a later found upper bound solution coinciding with the lower bound which in other words is the exact solution. It is demonstrated, that the solution is close to the flexural capacity calculated from the CEB model code, and comparison is done with more than 100 tests from the literature.

Project leader: M.P. Nielsen.

JENSEN, VERNER: Revnet jernbetons stivhed. (Stiffness of cracked reinforced concrete. In Danish). Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 111s. Fotokopi, kr, 67.-.

Ved en plastisk dimensionering af jernbetonbjælker kan betontrykkets hældning i bjælkekroppen vælges frit, således at der i brudstadiet opnås bedst mulig udnyttelse af såvel betonen som bøjlearmeringen. Ved denne dimensioneringsmetode når man i visse tilfælde frem til så små mængder forskydningsarmering, at der kan opstå flydning i bøjlerne længe før bjælkens bæreevne er udtømt med uacceptabel revnedannelse til følge allerede i brugsstadiet. Analoge forhold kan gøre sig gældende ved skiver.

I rapporten behandles bjælker og skiver i det elastiske område ved at opstille statisk tilladelige spændingsfordelinger og optimere disse ved at minimalisere den komplementære potentielle energi. Herved findes bl.a. kræfterne i tværarmeringen, som altså må kræves at ligge under flydegrænsen i brugsstadiet. Det vises, hvorledes dette krav altid opfyldes, dersom der indføres grænser på den anvendte hældning af betontrykket ved den plastiske dimensionering, og disse grænser bestemmes for de forskellige konstruktionstyper. Der drages sammenligninger med forsøg.

Lærer: M.P. Nielsen.

When reinforced concrete beams are designed in the ultimate state only using the theory of plasticity, it is possible to achieve fully utilization of both shear reinforcement and concrete. This design might, however, under certain circumstances lead to so small amount of shear reinforcement, that yielding occurs long before failure load is reached, and perhaps already under service load, which would cause unacceptable cracks. Similar problems are known from discs as well.

In the report beams and discs are considered in the elastic state by setting up statically admissible stress fields and optimize these by minimizing the complementary potential energy. Using this method it appears, that the forces in the transverse reinforcement can be estimated, and it is demonstrated how these forces can be limited under service load by introducing limits on the permissible inclination of the concrete pressure used at the plastic ultimate design. The necessary limits to avoid yielding under service load are found for different kind of beams and discs. The report includes comparison with test results.

Project leader: M.P. Nielsen.

HANSEN, JENS C.: Stabilitet af afstivede cylinderskaller.

(Stability of stiffened cylindrical shells. In Danish).

Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 102s. Fotokopi, kr. 61.-.

Der undersøges aksialt stringerafstivede cylinderskaller under hensyntagen til stringernes diskrete placering.

Opgaven omfatter en skal af endelig længde. Skallen, som er belastet med aksial kompression, kan eksempelvis udgøre et midterstykke i en uendelig lang, simpelt understøttet skal.

Stabilitetsteorien, der anvendes, er en enkelt-mode analyse svarende til: Hutchinson & Amazigo, AIAAJ., Vol. 5, 1967. Der opnås herved en problemformulering i den radiære flytning, w , og en Airy-type spændingfunktion, f .

Løsningen fremskaffes numerisk ved elementmetoden, som er velegnet til at inkorporere de diskrete effekter fra stringerne. Elementmetodeligningerne opskrives som følge af problemformuleringen i dette tilfælde efter Galerkin's metode, og de knudeovertallige i de endelige ligningssystemer bliver således en kombination af w og f samt afledede heraf.

Lærer: Esben Byskov.

Cylindrical shells, axially stiffened by stringers, are examined in consideration of the discrete location of the stringers.

The investigation covers a shell of finite length. It might e.g. be a central piece taken from an infinitely long, simply supported shell. The loading is axial compression.

The theory of stability is a single mode analysis similar to: Hutchinson & Amazigo, AIAAJ., Vol. 5, 1967. By this is achieved a formulation of the problem using the variables w , the radial deflection, and f , an Airy-type stressfunction.

Finally, a numerical solution is provided by means of the Finite Element Method because of its suitability for incorporating discrete effects. The Finite Element equations are, as a consequence of the formulation of the problem, put down according to the Galerkin method, and thus the variables of the final systems of equations become a combination of w , f , and their derivatives.

Project leader: Esben Byskov.

NIELSEN, BENT L.: Rammehjørner i armeret beton. (Reinforced concrete corners. In Danish). Eksamensprojekt, Afdelingen for Bærende Konstruktioner, 1977. 151s. Fotokopi, kr. 77.--.

I eksamensprojektet er udført en undersøgelse af rammehjørner i beton udsat for et positivt moment (træk i indersiden). Undersøgelsen består af et litteraturstudium samt en eksperimentel undersøgelse.

Formålet med den eksperimentelle undersøgelse var at klarlægge om et af de ofte anvendte armeringsarrangementer kan anvendes ved rammehjørner med store tværsnitsdimensioner og store armeringsgrader.

Der blev udført fire forsøg. Forsøgene viser, at forholdet mellem hjørnets bæreevne og de tilstødende bjælkers

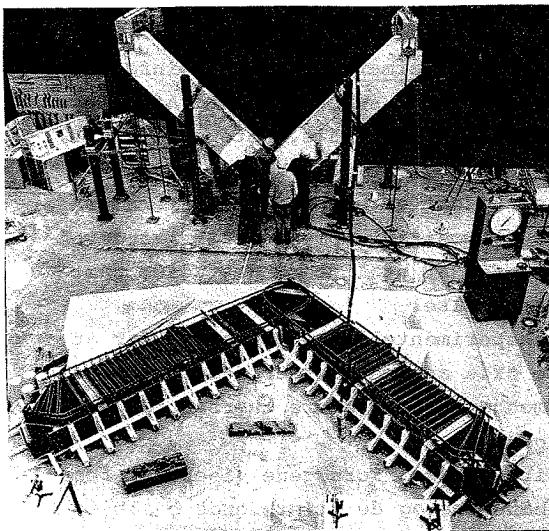
bæreevne falder når armeringsmængden forøges. Ved en armeringsmængde svarende til det mekaniske armeringsforhold 0,35 var bæreevneforholdet således 53%.

Lærere: T. Brøndum-Nielsen og E. Skettrup.

An investigation of reinforced concrete corners subjected to positive bending moments (tensile stresses in the inner side of the corners) was carried out. The work covered a study of relevant literature and an experimental investigation.

The aim of the experimental investigation was to test the efficiency of a common reinforcement arrangement for corners with large cross-sections and high ratios of reinforcement. Four tests were carried out. The tests showed that the ratio between the load bearing capacity of the corner and that of the adjacent beams decreases for increasing ratios of reinforcement. For a value of the mechanical ratio of reinforcement equal to 0.35 the load bearing capacity ratio was 53%.

Project leaders: T. Brøndum-Nielsen and E. Skettrup.



Forsøg til afprøvning af rammehjørne. I forgrunden ses armeringen til et prøvelegeme. / Arrangement for test of reinforced concrete corner. In front is seen the reinforcement for a test specimen.

Ref.: NIELSEN: Rammehjørner i armeret beton.

EMNEREGISTER.

akustisk emission 4, 50, 51
armeringsnet, svejste 27
asbest cement 29
beton 25, 58
betonkonstruktioner 9, 12, 14, 26, 44, 45, 46, 50, 66, 67, 69
bjælker 9, 12, 17, 26, 34, 41, 42, 44, 50, 66, 67, 69
blokmurværk 11
bolte 43
bolteforbindelser 5, 43
borepæl 52
brudforlængelse 54
buling 16
bygningdynamik 16
bøjler 9, 12, 67
cellulosecement 29
centrifugeforsøg 39, 40
cylinderskaller 68
delvis forspænding 14, 45
densitetsbestemmelse 53
dækelementknaster 50
dæmpede systemer 16
elasticitetsteori 23
elementmetode 64, 68
E-modul 53
endimensionale systemer 41
epoxylim 53
epoxy materiale 54
epoxy reparation 50
fiberarkmetode 29
fiberarmering 24, 29, 30
fibre 28, 30
finite elementer 22, 23, 33, 34, 41, 65, 68

flydelast 31
forankring 10, 27, 28
forskydning 9, 13, 44, 66
forskydningsstyrke 26
frc-materialer 29
frontmetode 21
frostbestandighed 58
Gedservindmøllen 57
gennemlokning 12
geometriske imperfektioner 38
gitterkonstruktioner 6
glasfiberarmering 25
glasfibercement 29
gummilejer 17, 19, 65
gummimaterialer 64
hængebroflutter 62
hængetage 36, 37
imperfektionsfølsomhed 16
integrationsformler 32
jernbeton 9, 12, 13, 15, 45, 50, 66, 67, 69
kabeldragere 36
kabelnet 36
kabelsystem 36, 37
knodeplader 6
kohæsive materialer 40
komplekse potentialer 23
kompositmaterialer 30
konform afbildning 24
konvergenskriterier 41
korttidsbelastning 25
krybning 14, 53
krybningsforsøg 59
letbeton 26, 58
limtræ 43

mikrorevner 50, 51
modelforsøg 9, 40
modellove 39
modelteknik 38
Monte Carlo metode 20, 35
mure 11
murede vægge 63

optimeringsmetoder 13
ortotrope plader 63
overlappingsstød 27

plastfiberarmering 25
plasticitetsteori 10, 12, 25, 30, 44

ramnehjørner 69
randværdiproblemer 24
reaktionsvarme 53
Reimbert-rør 56
relaksation 14
resumeoversigt 43
revnede betonbjælker 50
revneændringer 56
rumbjælker 41
rundjern 6
rundjernskonstruktioner 6

samlinger, svejste 6
sandwichelementer 26, 66
sandwichkonstruktioner 17
sikkerhed 35
siloeer 9, 38, 40, 55
skaller 16, 23, 33
slagsejhed 30
spændbeton 14, 44, 45, 46
stabilitet 4, 34, 41, 68
stabilitet, dynamisk 62
stensalt 59
stivhed 67

stokastiske belastninger 20
stokastiske svingninger 17
styrelseslov 42
stød, stumpsvejste 6
stålfiberarmering 25
stålkonstruktioner 4, 5, 6, 7, 56
svind 14
svingninger 16
svingningsisolation 20
svingningsmålinger 18, 55
teoretisk forskning 15
Tideguard-materiale 54
trykceller 8
trækonstruktioner 43
træspærfag 20
tværbelastede vægge 63
tværdeformationer 59
tværpladesamlinger 5, 56
tøjningsmåling 52
undervisning 4
usammentrykkelighed 65
vandabsorbtion 53
vandopløselighed 53
øvre værdimetode 66
årsberetning 47

SUBJECT INDEX.

acoustic emission 50, 52
anchorage 10, 27, 29
annual report 47
beams 9, 12, 18, 26, 34, 41, 42, 44, 50, 66, 67, 70
bolted connections 4, 44
bolts 43
boundary problems 24
brick masonry 11, 63
buckling 15
cable structures 36, 37
cellulose-cement 30
centrifuge tests 39, 40
cohesive materials 40
concrete 25, 58
concrete structures 9, 11, 12, 14, 26, 44, 45, 46, 50, 51, 66,
67, 69
connections 4, 6, 44, 56
convergence criteria 41
crack changes 56
cracked concrete beams 50
creep 14, 54
creep test 59
cylindrical shells 68
density 54
dynamic stability 62
elasticity 24
end plate connections 56
epoxy glue 53
epoxy material 54
epoxy resin repair 50
fatigue strength 6
fibre reinforcement 24, 29

fibres 24, 28, 29, 30, 31
finite elements 22, 23, 32, 33, 34, 41, 64, 69
frames 32
frontal method 21
frost resistance 58
FRC-material 29

Gedser wind turbine 57
geometrical imperfections 38
glassfibre cement 30
glass fibres 25
gluelam 43
granular media 38, 40
hanging roofs 36
impact strength 30
incompressibility 65
integration fromula 32
lap joint 28
law of management 42
lightweight concrete 26, 58
mapping 24
masonry walls 11, 64
microcracks 50, 51
mode interaction 15
model laws 38
model tests 9, 40
Monte Carlo technique 20, 35
one-dimensional bodies 41
orthotropic plates 64
partial prestressing 13, 45
plastic fibres 25
plasticity theory 10, 12, 25, 31, 45
post buckling 15
pressure cell 8

prestressed concrete 13, 14, 44, 45, 46
prying 4
punching shear 12
random vibrations 18
reaction heat 54
Reimbert-tube 56
reinforced concrete 9, 11, 12, 14, 45, 50, 66, 67, 69
relaxation 14
reliability 35
rock-salt 59
rubber bearings 17, 65
rubber materials 64
rubber mountings 18
sandwich-elements 26, 66
sandwich structures 18
shear 9, 11, 12, 44, 66
shear strength 26
shells 15, 22, 32, 68
short-time loading 25
shrinkage 14
silo 38, 40, 55
space beams 41
stability 34, 42, 68
steel fibres 25
steel structures 4, 6, 7, 56
stiffness 67
stirrups 10, 12, 67
stochastic loadings 20
strain measurement 52
structural dynamics 16
structural optimization 13
summaries 43
support cams 50
suspension bridge flutter 62
theoretical research 15

theory of plasticity 10, 12, 25, 31, 45
Tideguard epoxy mortar 54
timber structures 20, 44
transverse deformation 60
ultimate elongation 54
upper bound technique 32, 66
vibrations 17, 34, 55
vibration isolation 18
vibration measurements 18
viscous damping 17
water absorbtion 54
water solubility 54
welded wire fabric 27
yield load 32
Youngs modulus 54

AFDELINGEN FOR BÆRENDE KONSTRUKTIONER

DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Structural Research Laboratory

Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby

RAPPORTER (Reports)

(1975 -)

- R 61. NIELSEN, LEIF OTTO: Spændingshybride finite elementer til svingningsproblemer. 1975.
- R 62. EGERUP, ARNE RYDÉN: Theoretical and experimental determination of the stiffness and ultimate load of timber trusses. 1975.
- R 63. LAURSEN, MARTIN: A curved beam equilibrium element applicable in standard finite element program systems. 1975.
- R 64. BACH, FINN: Metoder til måling af egenspændinger. 1975.
- R 65. BACH, FINN: En teoretisk og eksperimentel undersøgelse af den akustoelastiske metodes anvendelighed til egenspændingsmåling. 1975.
- R 66. PEDERSEN, FLEMMING BLIGAARD: Measurement of the complex modulus of viscoelastic materials. 1975. *)
- R 67. PEDERSEN, FLEMMING BLIGAARD: Svingningsforsøg med viskoelastisk dæmpede sandwichbjælker. 1975.
- R 68. AGERSKOV, HENNING: Analysis of high strength bolted connections subject to prying. A simplified approach. 1975.
- R 69. PEDERSEN, MAX ELGAARD: En 2.ordens tilnærmelse til de konstitutive ligninger for beton. 1976.
- R 70. RIBERHOLT, HILMER and PETER CHR. NIELSEN: Timber under combined compression and bending stress. 1976.
- R 71. KRENCHER, HERBERT og J. BJØRNBAK-HANSEN: Undersøgelse af let konstruktionsbetons væsentligste materialearparametre. 1976.
- R 72. BRÆSTRUP, M.W., M.P. NIELSEN, FINN BACH and B.CHR. JENSEN: Shear tests on reinforced concrete T-beams. Series T. 1976.
- R 73. NIELSEN, M.P. and M.W. BRÆSTRUP: Plastic shear strength of reinforced concrete beams. 1976.
- R 74. Resume-oversigt 1975. Summaries of papers 1975. 1976. *)
- R 75. BRÆSTRUP, M.W., M.P. NIELSEN, B.CHR. JENSEN and FINN BACH: Axisymmetric punching of plain and reinforced concrete. 1976.
- R 76. BRØNDUM-NIELSEN, TROELS: Partial prestressing. 1976.
- R 77. LAURSEN, M.E.: EQSHELL. An equilibrium shell finite element for arbitrary shell geometry. 1977.
- R 78. DYRBYE, CLAES and FLEMMING BLIGAARD PEDERSEN: Rubber mountings and vibration isolation. 1977.
- R 79. BRÆSTRUP, M.W., M.P. NIELSEN and FINN BACH: Rational analysis and design of stirrups in reinforced concrete beams. 1977.

*) Udsolgt. Out of print.

- R 80. ABK's informationsdag 1977. 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. BJØRNBAK-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, ESBEN og STEEN KRENK: Konstruktionstræs mekaniske styrke. 1978.

AFDELINGEN FOR BÆRENDE KONSTRUKTIONER

Danmarks tekniske Højskole

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

FORELÆSNINGSNOTATER

- F 21. Bærende Konstruktioner. Opgaver ved 2. og 3. del, 1966-1970, 1970. Uds.
- F 22. MØLLMANN, H.: Stabilitetsteori. 1970. Uds.
- F 23. SOLNES, J.: Stochastic dynamic loads. 1970. Uds.
- F 24. LANGE-HANSEN, P.: Elementær plasticitetsteori for rammer med kombineret bøjning og vridning. 1970. Uds.
- F 25. ASKEGAARD, V.: Transducere. 1971. Kr. 14.-.
- F 26. DYRBYE, C.: Dæmpede svingninger. 1971. Uds.
- F 27. POULSEN, P.E. og ASKEGAARD, V.: Spændingsoptik. 1971. Uds.
- F 28. JOHANSEN, K.W.: Stabilitetsproblemer. 1971. Kr. 12.-.
- F 29. BORCHERSEN, E.: Flytnings- og deformationsmålinger med Moire. 1971. Uds.
- F 30. Udvalgte eksamensopgaver i bærende konstruktioner. 1971. Kr. 6.-.
- F 31. DYRBYE, C.: Pladesvingninger. 2. udg. 1976. Kr. 15.-.
- F 32. BYSKOV, E.: Kraftmetoden & deformationsmetoden. 1971. Kr. 10.-.
- 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. 9.-.
- F 36. GRAVESEN, S.: Plane elasticitetsteoretiske problemer. 1972. Kr. 11.-.
- F 37. LARSEN, H.J.: Fri vridning. 1972. Kr. 11.-.
- F 38. RIBERHOLT, H.: Statisk bestemte søjler. 1973. Kr. 8.-.
- F 39. DYRBYE, C.: Opgaver i bygningsdynamik. 3. udg. 1978. kr. 22.-.
- F 40. SØRENSEN, H.C.: Forskydning. Statisk ubestemte betonbjælker. Søjlefundamenter. 1972. Uds.
- F 41. DYRBYE, C.: Svingninger med geometrisk tvang. 1972. kr. 6.-.
- F 42. DYRBYE, C.: Bygningsdynamik. edb orienterede beregninger. 1972. Kr. 7.-.
- F 43. HOLST, O.: Lineær programmering med EDB program og eksempler. 1972. Kr. 10.-.
- F 44. LARSEN, H.J. og RIBERHOLT, H.: Sammensatte sømmede bjælker. 1973. Kr. 6.-.
- 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. 14.-.
- 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. 13.-.

- F 50. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Variationsprincipper og elementtyper. 2. udg. 1976. Kr. 26.--.
- 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. 17.--.
- F 53. BRÆSTRUP, MIKAEL W: Shear strength of reinforced concrete beams. 2. udg. 1978. Kr.
- F 54. MØLLMANN, H.: Beregning af hængekonstruktioner ved hjælp af deformationsmetoden. 1975. Kr. 24.--.
- F 55. LANGE-HANSEN, P.: Generel plasticitetsteori I. Konstitutive ligninger for idealt plastiske konstruktioner. Entydighedssætninger. 1975. Kr. 23.--.
- F 56. LANGE-HANSEN, P.: Generel plasticitetsteori II. Flydelastsætninger. 1975. Kr. 15.--.
- F 57. ASKEGAARD, V. og C. PHILIPSEN: Opgaver i forsøgsteknik 1. 1976. Kr. 18.--.
- F 58. DYRBYE, C.: Stokastiske svingninger. 1976. Kr. 17.--.
- F 59. ASKEGAARD, V., J. CHRISTENSEN, H. LUND og P. MOSSING: Opgaver og auditorieøvelser i forsøgsteknik 2. 1976. Kr. 10.--.
- F 60. GRAVESEN, S. og STEEN KRENK: 2-dimensionale elasticitetsteoretiske problemer. 1977. Kr. 25.--.
- F 61. NIELSEN, LEIF OTTO: Opstilling af og eksempler på finite elementer. 1977. Kr. 21.--.
- F 62. MØLLMANN, H.: Beregning af hænggetagskonstruktioner. 1977. Kr. 21.--.
- F 63. LANGE-HANSEN, P.: Plasticitetsteori for rammer med kombineret bøjning og vridning. 1977. Kr. 25.--.
- F 64. DYRBYE, CLAES: Bølger i faste medier. 1978. Kr. 15.--.
- F 65. NIELSEN, LEIF OTTO: Elementmetoden. Løsning af egenværdiproblemer. 1978. Kr. 18.--.

Abonnement på serien "Forelæsningsnotater".

Afdelingen for Bærende Konstruktioner
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 118
2800 Lyngby

Undertegnede anmoder om abonnement på serien "Forelæsningsnotater", dækkende perioden 1.7.1978 - 1.7.1979. 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

Fretidig 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:
Structural Research Laboratory
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.....