

# C. Conclusions and Suggestions

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# **C**

Conclusões e Recomendações

Conclusions et Suggestions

Conclusions and Suggestions

Schlussfolgerund und Anregungen

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# I

## **Solicitações das pontes e estruturas** **Sollicitations des ponts et des charpentes** **Loading and strength of bridges and structures** **Beanspruchung von Brücken und Hochbauten**

### Ia

#### *Comportamento dos materiais e das obras sob cargas estáticas de grande duração*

As comunicações apresentadas ao Congresso constituem uma contribuição importante para o estudo científico do comportamento dos materiais e das obras sob cargas estáticas de grande duração. Devem ser continuadas as pesquisas e ensaios valiosos a que se referem, especialmente os que tratam da reologia que contribuirão para um melhor conhecimento do comportamento dos materiais e das obras.

As pesquisas experimentais apresentadas demonstram a grande complexidade dos fenómenos reológicos em estruturas em que existe betão.

É de primordial importância continuar essas pesquisas, tanto nas obras, como no laboratório. É necessário continuar a estudar o problema da diminuição da resistência do betão em função do tempo e da carga, bem como a influência das formas e dimensões dos elementos reais em relação aos provetes de laboratório.

Para aprofundar com a possível brevidade os conhecimentos actuais neste capítulo, é de aconselhar, quando da construção de novas obras de certa importância, que se prevejam dispositivos permitindo observar o comportamento das referidas obras durante longos períodos de tempo.

Para este fim torna-se necessário dispor de pessoal e aparelhos de medida, de primeira qualidade. Torna-se igualmente necessário assegurar o controle permanente desses aparelhos e estudar, paralelamente, as propriedades reológicas dos materiais utilizados, de modo a poder interpretar correctamente os resultados das observações efectuadas nas obras.

Perante a falta de concordância dos resultados experimentais obtidos até hoje, só se pode atribuir uma confiança limitada aos métodos de previsão do comportamento das estruturas por teorias matemáticas baseadas em modelos reológicos exageradamente simplificados.

### Ib

#### *Comportamento dos materiais e das obras sob cargas dinâmicas (vibrações, fadiga, choque)*

No que respeita às acções dinâmicas (vibrações e choque) as comunicações apresentadas ao Congresso demonstram que os meios de deter-

minação experimental do comportamento dinâmico dos materiais e das estruturas aumentaram em quantidade e qualidade, que se conhecem cada vez melhor as reacções de certos materiais e de certas estruturas a estes tipos particulares de solicitações dinâmicas e que a análise complexa dos problemas dinâmicos se estende cada vez mais a fenómenos outrora desconhecidos mas cujos efeitos se não podem desprezar.

Os métodos de cálculo numérico aplicáveis ao comportamento dinâmico das construções têm de ser ainda desenvolvidos e aperfeiçoados.

A coordenação internacional das pesquisas, e principalmente das pesquisas experimentais, permitirá realizar progressos nesse capítulo. Para ser plenamente eficaz, esta coordenação deverá comportar a selecção dos problemas, a delimitação dos objectivos em vista e a comunicação dos resultados obtidos.

---

### Ia

#### *Comportement des matériaux et des ouvrages sous les actions statiques de longue durée*

Les communications présentées au Congrès constituent une contribution importante à l'étude scientifique du comportement des matériaux et des ouvrages sous les actions statiques de longue durée. Il y a lieu de poursuivre les recherches et essais hautement louables dont elles rendent compte, notamment ceux sur la rhéologie, qui aideront à mieux connaître le comportement des matériaux et des ouvrages.

Les recherches expérimentales présentées montrent la grande complexité des phénomènes rhéologiques dans les structures comportant du béton. Il est hautement nécessaire de continuer ces recherches, à la fois sur les ouvrages et au laboratoire. Il faut continuer l'étude du problème de la diminution de la résistance du béton avec le temps et la charge, ainsi que l'influence des formes et dimensions des pièces réelles par rapport aux éprouvettes de laboratoire. En vue d'améliorer aussi vite que possible nos connaissances dans ce domaine, il est vivement souhaitable que, à l'occasion de la construction d'ouvrages d'une certaine importance, des dispositifs soient prévus qui permettent d'observer le comportement de ces ouvrages pendant de longues périodes de temps.

A ce propos, il faut un personnel et des appareils de mesure de haute qualité. Il faut aussi assurer le contrôle permanent de ces appareils et étudier parallèlement au laboratoire les propriétés rhéologiques des matériaux mis en oeuvre, en vue d'interpréter correctement les résultats des observations sur les ouvrages.

Le manque de concordance des résultats expérimentaux obtenus à ce jour ne permet d'attribuer qu'une confiance limitée aux méthodes de prévision du comportement des structures par des théories mathématiques basées sur des modèles rhéologiques exagérément simplifiées.

## Ib

*Comportement des matériaux et des ouvrages sous les actions dynamiques  
(Vibrations, fatigue, choc)*

En ce qui concerne les actions dynamiques (vibrations et chocs), les communications présentées au Congrès montrent que les moyens de déterminer expérimentalement le comportement dynamique des matériaux et des constructions ont augmenté en nombre et en qualité, que l'on connaît de mieux en mieux le comportement de certains matériaux et de certaines structures à ces types particuliers de sollicitations dynamiques et que l'analyse complexe des problèmes dynamiques s'étend chaque jour davantage à des phénomènes méconnus, bien que d'effet non négligeable.

Les méthodes de calcul numérique applicables au comportement dynamique des constructions doivent encore être développées et perfectionnées.

Par la coordination internationale des recherches, et plus particulièrement des recherches expérimentales, on pourra obtenir des progrès importants dans ce domaine. Pour être pleinement efficace, cette coordination doit comporter la sélection des problèmes, la délimitation des objectifs envisagés et la communication des résultats obtenus.

## Ia

*Behaviour of materials and structures under statical  
long-time loading*

The papers presented at the Congress constitute an important contribution to the scientific investigation of the behaviour of materials and structures under statical long-time loading. It is most desirable that these valuable researches and tests should be continued, particularly those dealing with rheology which are of great importance for a better understanding of the behaviour of materials and structures.

The experimental researches which were reported show the great complexity of the rheological phenomena investigated in structures comprising concrete. It is most essential that these researches should be pursued both on structures and in the laboratory. The problem of the reduction of the strength of concrete in the course of time and with increasing load must be further investigated, as well as the effect of the shapes and dimensions of the actual structural members as compared to the laboratory test-pieces. In order to extend our knowledge in this field as rapidly as possible, it is highly desirable that, whenever structures of any considerable size are being erected, the necessary arrangements should be made for the systematic observation of their behaviour over long periods of time.

For this purpose, it is essential that the staff carrying out the observations and the measuring instruments should be of high quality. Steps must also be taken to ensure that the instruments are constantly checked and that the rheological properties of the materials employed are inves-

tigated at the same time in the laboratory, with a view to the correct interpretation of the results of observations on the structures.

Owing to the lack of agreement between the experimental results hitherto obtained, it is only possible to place a limited reliance on methods for the prediction of the behaviour of structures by means of mathematical theories based on rheological models that have been excessively simplified.

#### Ib

##### *Behaviour of materials and structures under dynamical loading (Vibrations, fatigue, impact)*

As far as dynamic agencies are concerned (vibrations and impacts) the papers presented to the Congress showed that the means for determining experimentally the dynamic behaviour of materials and structures have increased both in number and in quality, that the behaviour of certain materials and certain structures towards these particular types of dynamic stresses is becoming increasingly better known and that the complex analysis of dynamic problems is being constantly extended to phenomena which, although their effects were by no means negligible, were formerly not fully appreciated.

The methods of numerical calculation of the dynamic behaviour of structures must be developed and improved still further.

By the international co-ordination of research, and more particularly of experimental research, considerable progress might be achieved in this field. In order to be fully effective, this co-ordination must extend to the selection of the problems to be investigated, the indication of the objectives to be attained and the publication of the results obtained.

---

#### Ia

##### *Verhalten von Baustoff und Tragwerken unter statischer Langzeitbelastung*

Die dem Kongress vorgelegten Arbeiten stellen einen wichtigen Beitrag zur wissenschaftlichen Erforschung des Verhaltens von Baustoffen und Tragwerken unter statischer Langzeitbelastung dar. Es ist erwünscht, dass diese wertvollen Forschungen und Versuche, insbesondere diejenigen über das Kriechen, deren Bedeutung für eine bessere Erkenntnis des Verhaltens von Baustoffen und Tragwerken sehr gross ist, fortgesetzt werden.

Die vorgelegten Ergebnisse der Versuchsforschung zeigen die grosse Komplexität der Fliesserscheinungen in Tragwerken mit Bauteilen aus Beton. Es ist unbedingt notwendig, diese Untersuchungen sowohl am Bauwerk wie im Laboratorium weiterzuführen. Das Problem der Festigkeitsverminderung des Betons im Laufe der Zeit und mit wachsender Belastung muss weiter untersucht werden, ebenso der Einfluss der Formen und Abmessungen der wirklichen Bauelemente im Verhältnis zu Probekörpern des Laboratoriums. Um unsere Erkenntnisse in diesem Gebiet

so rasch wie möglich zu verbessern, ist es dringend erwünscht, dass beim Bau von einigermaßen wichtigen Tragwerken Einrichtungen vorgesehen werden, die eine Beobachtung des Verhaltens dieser Bauwerke während langer Zeitspannen erlauben.

Zu diesem Zweck benötigt man Beobachtungspersonal und Messapparate hoher Qualität. Die laufende Kontrolle dieser Apparate muss gesichert sein. Parallel dazu sind die Kriecheigenschaften der verwendeten Baustoffe im Laboratorium laufend zu untersuchen, um die Ergebnisse der Beobachtungen an den Bauwerken richtig deuten zu können.

Mit Rücksicht auf die nur mangelhafte Uebereinstimmung der bis heute gewonnenen Versuchsergebnisse kann den Methoden, die das Verhalten der Tragwerke, gestützt auf stark vereinfachte Modelle über das Kriechen, durch mathematische Theorien vorauszusagen suchen, vorläufig nur eine beschränkte Zuverlässigkeit zugesprochen werden.

## 1b

### *Verhalten von Baustoff und Tragwerken unter dynamischer Belastung (Schwingungen, Ermüdung, Stoss)*

Die dem Kongress vorgelegten Mitteilungen über dynamische Wirkungen (Schwingung und Stösse) zeigen, dass sich die Hilfsmittel zur versuchstechnischen Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Baustoff und Tragwerken sowohl in der Zahl wie in der Qualität gesteigert haben, dass man das Verhalten gewisser Baustoffe und gewisser Tragwerke gegenüber besonderen Arten dynamischer Beanspruchungen ständig besser erkennt und dass die komplexe Untersuchung dynamischer Probleme sich täglich mehr auf Erscheinungen ausdehnt, die früher verkannt wurden, obwohl ihr Einfluss auf die Tragwerke nicht vernachlässigbar ist.

Die auf das dynamische Verhalten der Tragwerke anwendbaren numerischen Berechnungsmethoden sind weiter auszubauen und zu vervollkommen.

Durch eine internationale Koordination der Forschung und besonders der Versuchsforschung dürften auf diesem Gebiet wesentliche Fortschritte zu erwarten sein. Um voll wirksam zu werden sollte sich diese Koordination auch auf die Auswahl der zu untersuchenden Probleme, auf die Bezeichnung der zu erreichenden Forschungsziele und auf die gegenseitige Mitteilung der erreichten Ergebnisse erstrecken.



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## II

### **Placas, lajes e paredes delgadas Voiles minces, dalles, parois minces Slabs and various curved structures Flächentragwerke**

#### IIa

Cálculo geral (nos campos elástico e plástico); métodos experimentais  
Calcul général (élastique et plastique); méthodes expérimentales  
General calculations (in elastic and plastic fields); experimental methods  
Allgemeine Berechnung (im elastischen und plastischen Bereich);  
experimentelle Methoden

#### IIb

Adaptação dos métodos de cálculo às construções metálicas  
Adaptation des méthodes de calcul aux constructions métalliques  
Application of the methods of calculation to steel structures  
Anwendung der Berechnungsmethoden auf Stahltragwerke

#### IIc

Adaptação dos métodos de cálculo às construções de betão armado  
Adaptation des méthodes de calcul aux constructions en béton armé  
Application of the methods of calculation to reinforced concrete structures  
Anwendung der Berechnungsmethoden auf Tragwerke in Eisenbeton

#### 1. *Métodos analíticos*

O cálculo pelos métodos rigorosos da análise matemática conserva o seu valor intrínseco, apesar da evolução dos outros métodos de investigação da acção das forças. No decorrer destes últimos anos esse método de cálculo permitiu realizar os seguintes progressos:

- Emprego de funções que se adaptam cada vez melhor às condições aos limites (lajes encastradas elásticamente, encurvadura de paredes delgadas, funções ortogonais particulares).
- Introduções de processos de cálculo por iteração na resolução de sistemas de equações diferenciais (parede delgada cilíndrica).

## 2. *Métodos da estática aplicada e cálculo numérico*

Realizaram-se progressos graças ao emprego de «analogias estáticas», nas quais um elemento é assimilado a outro, o mais semelhante possível estáticamente, mas mais acessível ao cálculo (parede de barragem em arco substituída por uma grelha formada de arcos e vigas, paredes delgadas cilíndricas assimiladas a uma viga, etc. e, inversamente, por exemplo, a laje e o sistema quadriculado de vigas de um tabuleiro de ponte substituídos por uma laje ortotrópica).

A equivalência estática pode ser total ou parcial e, neste último caso, conduzir a uma investigação complementar. Trata-se de um método particularmente bem adaptado à forma de raciocínio habitual do engenheiro que, em cada caso prático, deverá verificar a sua legitimidade.

A prática do cálculo numérico, cuja parte essencial é a característica descontínua dos resultados, provém principalmente do «cálculo por diferenças finitas». O facto, talvez mais significativo da evolução, é que, para muitos problemas, o cálculo «corrente» das diferenças não basta para a obtenção da exactidão que se pretende. Deve então recorrer-se a processos com um grau de aproximação mais elevado (extensão das expressões das diferenças finitas pela série de Taylor, cargas «nodais», etc.).

## 3. *Métodos experimentais (medições em modelos)*

O desenvolvimento é especialmente espectacular neste domínio, onde os progressos essenciais incidem nos pontos seguintes:

- Novos materiais para modelos, com características físicas e mecânicas particulares (módulo de elasticidade mais baixo, etc.).
- Novos processos técnicos diversos, não só de verificação do estado de tensão, mas ainda de determinação prévia das formas e das dimensões mais apropriadas das estruturas.
- Adaptação mais frequente da técnica das medições em modelos à resolução de problemas de ligações especialmente difíceis de resolver (lajes oblíquas contínuas, encastramento elástico das barragens, movimento dos terrenos de fundação, etc.).

São de prever novos progressos rápidos de grande interesse.

## 4. *Conclusão final*

É interessante verificar que, para vários problemas particularmente difíceis de resolver, encontramos solução pelo emprego sucessivo de vários métodos essencialmente diferentes, pela combinação apropriada, em cada caso, de processos analíticos rigorosos, dos da estática aplicada e do cálculo numérico, bem como das medições em modelos reduzidos.

Esta maneira de proceder apresenta a grande vantagem de assegurar, com elevado grau de aproximação, que os resultados obtidos são correctos, e a comparação dos resultados por processos diferentes torna-se não só extremamente instrutiva, como também fundamental.

Este caminho é, com razão, cada vez mais utilizado.

---

### 1. *Méthodes analytiques*

Le calcul par les méthodes rigoureuses de l'analyse mathématique garde, en dépit de l'évolution des autres méthodes d'investigation du jeu des forces, une valeur intrinsèque. Les progrès suivants peuvent être mis à son actif dans l'évolution de ces dernières années :

Emploi de fonctions s'adaptant de mieux en mieux aux conditions aux limites (dalles encastrées élastiquement, voilement des parois minces, fonctions orthogonales particulières).

Introduction de procédés de calcul par itération dans la résolution de systèmes d'équations différentielles (voiles minces cylindriques).

Emploi des imaginaires dans certains problèmes particuliers de connexion (p. ex. dalles, voiles minces, etc.).

### 2. *Méthodes de la statique appliquée et calcul numérique*

Des progrès ont été réalisés par l'emploi des «analogies statiques», où l'on assimile un élément à un autre, statiquement aussi semblable que possible, mais mieux accessible au calcul (coque de barrage arqué remplacée par un treillis formé d'arcs et de poutres, les voiles cylindriques assimilés à une poutre, etc. et, inversement, p. ex. la dalle et le quadrillage de poutres d'un tablier de pont remplacés par une dalle orthotrope).

L'équivalence statique peut être totale ou partielle et, dans ce dernier cas, donner lieu à une investigation complémentaire. Il s'agit là d'une méthode particulièrement adaptée à la façon habituelle de penser de l'ingénieur, qui, dans chaque cas pratique, devra se rendre compte de sa légitimité.

La pratique du calcul numérique, dont l'essentiel est le caractère discontinu des résultats, découle principalement du «calcul aux différences finies». Le fait, peut-être le plus significatif, de l'évolution est que, pour de très nombreux problèmes, le calcul aux différences «ordinaire» ne suffit pas à assurer l'exactitude exigée. On doit dès lors avoir recours à des procédés d'un degré supérieur d'approximation (extension des expressions des différences finies par la série de Taylor, charges «nodales», etc.).

### 3. *Méthodes expérimentales (mesures sur modèles)*

Le développement est particulièrement spectaculaire dans ce domaine, où les progrès essentiels portent sur les points suivants :

Nouveaux matériaux pour modèles, ayant des caractéristiques physiques et mécaniques remarquables (très faible module d'élasticité, etc.).

Nouveaux procédés techniques divers, non seulement pour vérifier l'état de contrainte, mais aussi pour déterminer à l'avance les formes et les dimensions les plus appropriées des structures.

Adaptation accrue de la technique des mesures sur modèles à la résolution de problèmes de connexion particulièrement ardues (dalles obliques continues, encastrement élastique des barrages, affaissement des terrains de fondation, etc.).

On peut s'attendre à de nouveaux progrès rapides et intéressants.

#### 4. *Conclusion finale*

Il est remarquable de constater que plusieurs problèmes particulièrement ardues ont été résolus par l'emploi successif de plusieurs méthodes essentiellement différentes, par combinaison appropriée dans chaque cas des procédés analytiques rigoureux, de ceux de la statique appliquée et du calcul numérique ainsi que de la mesure sur modèles réduits.

Cette façon de procéder a le grand avantage d'assurer avec un très haut degré d'approximation les résultats acquis, et la comparaison par différents procédés est non seulement extrêmement instructive, mais aussi essentielle.

Cette voie est, à just titre, suivie de plus en plus fréquemment.

---

#### 1. *Analytical methods*

In spite of other methods for the investigation of the action of forces, calculation by the strict methods of mathematical analysis still retains an intrinsic value. The following advances may be placed to its credit in the developments which have taken place during the last few years.

The use of functions that are increasingly better adapted to limit conditions (slabs with elastically-fixed ends, buckling of thin walls, special orthogonal functions).

The introduction of methods of calculation by iteration for the solution of systems of differential equations (thin cylindrical shells).

The use of imaginary quantities in certain special connexion-problems (for example slabs, thin plates, etc.).

#### 2. *Methods of applied statics and numerical calculation*

Progress has been achieved by the use of «static analogies» whereby one member is compared with another, which resembles it statically as closely as possible, but which is more readily accessible to calculation (wall of an arch dam replaced by a lattice consisting of arches and beams, cylindrical shells assimilated to a beam, etc. and conversely, for example, the slab joined to the lattices of the deck of a bridge replaced by an orthotropic slab).

The static equivalence may be either total or partial, and in the latter case, it necessitates a complementary investigation. This method is particularly well adapted to the usual manner of thinking of the engineer who, in each practical instance, must satisfy himself that it is justified.

The carrying out of the numerical calculation characterised by the discontinuous nature of the results, is derived mainly from the «calculation by finite differences». Perhaps the most significant feature of the development is the fact that, for a large number of problems, the calculation with «ordinary» differences does not provide the degree of accuracy required. Recourse must then be had to processes giving a close degree of approximation (extension of expressions of finite differences by Taylor's series, «nodal» loads, etc.).

### 3. *Experimental methods (measurements on models)*

The development is particularly striking in this field where the chief progress relates to the following points:

New materials for models which have outstanding physical and mechanical properties (very low modulus of elasticity, etc.).

Various new technical processes not only for verifying the state of stress, but also for determining beforehand the most suitable shapes and dimensions for the structures.

Increased adaptation of the method of measurement on models to the solution of particularly difficult connection problems (continuous skew slabs, non-rigid encastrement of dams, setting of foundation soils, etc.).

Further rapid and interesting progress may be anticipated.

### 4. *Final conclusion.*

It is noteworthy that a number of particularly difficult problems have been solved through the successive use of several fundamentally different methods, by a suitable combination, in each case, of strict mathematical analysis, of methods of applied statics and numerical calculation as well as of measurement on small-scale models.

This method of procedure has the great advantage of ensuring that the results obtained are correct to a very close degree of approximation and comparison of the results from different processes is not only extremely instructive, but is actually essential.

This procedure is quite rightly being followed to an ever increasing extent.

---

### 1. *Analytische Methoden.*

Trotz der Entwicklung anderer Methoden zur Erforschung des Kräftespiels behalten die strengen Berechnungsmethoden der mathematischen Analysis ihre wesentliche Bedeutung. Folgende Fortschritte können in der Entwicklung der letzten Jahre verzeichnet werden:

Verwendung von Funktionen, die sich besser den Randbedingungen anpassen (elastisch eingespannte Platten, Ausbeulen dünner Wände, besondere orthogonale Funktionen).

Einführung von Iterationsmethoden für die Lösung von Differentialgleichungssystemen (Zylinderschalen).

Verwendung von komplexen Größen bei gewissen Verbundproblemen (z. B. Platten, Schalen. usw.).

## **2. Baustatische Methoden und numerische Berechnung.**

Fortschritte wurden erzielt durch die Verwendung der «statischen Analogien», wobei ein Tragelement durch ein anders ersetzt wird, das ihm statisch so ähnlich wie möglich, jedoch der rechnerischen Behandlung besser zugänglich ist (Schale einer Bogenstaumauer ersetzt durch einen Bogen-Balken-Rost; Zylinderschalen werden ersetzt durch einen Balken, usw.; umgekehrt z. B. Ersatz von Platte und Trägerrost einer Brücke durch eine orthotrope Platte).

Die statische Gleichwertigkeit kann vollständig oder teilweise sein und, im letztern Falle, Anlass zu einer zusätzlichen Untersuchung geben. Es handelt sich dabei um eine Methode, die der gewohnten Denkweise des Ingenieurs ganz besonders angepasst ist, der sich in jedem einzelnen Falle über die Zulässigkeit der Methode Rechenschaft geben muss.

Die Praxis der numerischen Berechnung, deren wesentliches Kennzeichen der diskontinuierliche Charakter der Ergebnisse ist, leitet sich hauptsächlich von der «Differenzenrechnung» ab. Das vielleicht auffälligste Merkmal der Entwicklung ist, dass bei zahlreichen Fällen die Berechnung mit der «gewöhnlichen» Differenzenrechnung der verlangten Genauigkeit nicht mehr genügt. Man muss dann Verfahren mit besserer Annäherung zu Hilfe nehmen (Ersatz der Ausdrücke der Differenzenrechnung durch eine Taylorreihe, «Knotenlasten», usw.).

## **3. Experimentelle Methoden (Modellmessungen)**

Die Entwicklung ist auf diesem Gebiet besonders auffällig, wo die wesentlichsten Fortschritte die folgenden Punkte umfassen:

Neue Modellbaustoffe mit bemerkenswerten physikalischen und mechanischen Eigenschaften (sehr kleiner Elastizitätsmodul).

Verschiedene neue technische Verfahren, nicht nur zur Kontrolle des Spannungszustandes, sondern auch um zum vornherein die geeignetste Form und Abmessungen der Konstruktionen festzulegen.

Verbesserte Anpassung der Modellmesstechnik zur Lösung von besonders verwickelten Verbundproblemen (schiefe Durchlaufplatten, elastische Einspannung der Staumauern, Setzung von Foundationen, usw.).

Neue und rasche Fortschritte dürfen mit Interesse erwartet werden.

## **4. Schlussfolgerung.**

Es ist bemerkenswert festzustellen, dass mehrere, besonders schwierige Probleme durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer, vollständig

verschiedener Methoden gelöst wurden; die in jedem Falle geeignetste Kombination von strengen analytischen Verfahren, von baustatischen Methoden, der numerischen Berechnung und der Modellmessung führt zu brauchbaren Lösungen.

Diese Art des Vorgehens hat den grossen Vorzug, einen hohen Annäherungsgrad der Ergebnisse zu sichern. Der Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Methoden ist nicht nur äusserst lehrreich, sondern auch notwendig.

Dieses Vorgehen wird deshalb mit Recht mehr und mehr angewendet.



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

### III

## **Construções metálicas soldadas** **Constructions métalliques soudées** **Welded steel structures** **Geschweisste Stahltragwerke**

### IIIa

#### *Estudo sistemático das formas construtivas*

Realizaram-se progressos no estudo de alguns aspectos das formas construtivas, principalmente no estudo das formas das ligações soldadas. Estes progressos referem-se à economia e à facilidade da perfeita execução dessas ligações, ao seu acabamento, à apreciação dos seus efeitos mecânicos e metalúrgicos, ao cálculo da sua resistência e segurança.

Os construtores concordam com a ideia de que as formas de conjunto das construções soldadas não podem ser simplesmente inspiradas das formas tradicionais das construções rebitadas mas sim que devem evoluir para disposições mais adaptadas às particularidades das obras soldadas. No entanto resta fazer a síntese destas considerações. São notáveis as tendências manifestadas em certos domínios das estruturas metálicas, principalmente nas construções hidráulicas: comportas para barragens, comportas para eclusas. Nota-se uma orientação a favor do emprego de chapas relativamente delgadas sob a forma de elementos que exploram as vantagens da continuidade superficial em conjunto com a da rigidez das ligações soldadas e da sensibilidade à soldadura dos elementos de forte espessura. O estudo do reforço destas paredes delgadas está em franco progresso e executaram-se, ou estão a executar-se, pontes importantes em conformidade com esta técnica, empregando especialmente elementos resistentes principais em forma de caixão.

### IIIb

#### *Os aços empregados na construção soldada*

A colaboração entre os metalúrgicos, os soldadores e os construtores teve por efeito a uniformização, na maioria dos países, do tipo de aços denominados soldáveis, adaptados às exigências dos diversos tipos de construções soldadas.

A definição relativa da noção de soldabilidade é agora reconhecida de uma maneira geral. Os esforços conjugados dos metalúrgicos, dos soldadores e dos construtores devem tender a definir uma gama de aços permitindo realizar construções soldadas económicas. Resta apenas agora a normalizar ensaios de recepção bastante simples e pouco numerosos para

os aços que convêm às construções soldadas, segundo a sua importância e a dificuldade da sua realização.

### IIIc

#### *Diferentes processos de soldadura utilizados na realização das ligações*

Enquanto a natureza própria das construções soldadas torna inevitável manter, numa proporção importante, a soldadura manual, realizam-se progressos notáveis no emprego da soldadura automática e semi-automática. Estes processos têm principalmente um interesse notável na técnica de construção de elementos reproduzidos em grande quantidade numa mesma obra.

O emprego de tratamentos especiais, tais como, o aquecimento prévio e o tratamento térmico local ou geral, bem como o emprego de certos processos especiais de soldadura, pode ser tomado em consideração quando a natureza do aço, a forma construtiva e o destino da obra o tornarem necessário.

Torna-se enfim evidente que, nas construções soldadas, os três aspectos, materiais (metais de base e metais de soldadura), concepção e execução são inseparáveis e interdependentes.

---

### IIIa

#### *Etude systématique des formes constructives*

Des progrès ont été effectués dans l'étude de certains aspects des formes constructives, notamment dans l'étude des formes des assemblages soudés proprement dits. Ces progrès concernent l'économie et la facilité de réalisation de ces assemblages sans défaut, leur parachèvement, l'appréciation de leurs effets mécaniques et métallurgiques, le calcul de leur résistance et de leur sécurité.

Les constructeurs sont acquis à l'idée que les formes d'ensemble des constructions soudées ne peuvent être simplement inspirées des formes traditionnelles des constructions rivées mais qu'elles doivent évoluer vers des dispositions plus adaptées aux particularités des ouvrages soudés. Cependant la synthèse de ces considérations reste à faire. L'attention est attirée sur les tendances qui se sont manifestées dans certains domaines des charpentes métalliques, notamment pour les constructions hydrauliques: vannes de barrages, portes d'écluses. Une orientation se dessine en faveur de l'emploi de tôles relativement peu épaisses sous forme d'éléments qui exploitent les avantages de la continuité superficielle joints à ceux d'une souplesse suffisante pour éviter les effets défavorables de la rigidité des assemblages soudés et de la sensibilité à la soudure des éléments de grande épaisseur. L'étude du raidissage de ces parois minces

est en grand progrès et des ponts importants ont été réalisés ou sont en cours de réalisation selon ces techniques, notamment par l'emploi d'éléments portants principaux en caissons.

### IIIb

#### *Les aciers employés en construction soudée*

La collaboration des métallurgistes, des soudeurs et des constructeurs a eu pour effet d'uniformiser dans la plupart des pays les types d'aciers dits soudables, adaptés aux exigences de divers types de constructions soudées.

Le caractère relatif de la notion de soudabilité est maintenant généralement reconnu. Les efforts conjugués des métallurgistes, des soudeurs et des constructeurs doivent tendre à la mise au point d'une gamme d'acier permettant de réaliser des constructions soudées économiques. Le dernier pas à franchir est celui de la normalisation d'essais de réception assez simples et peu nombreux pour les aciers convenant aux constructions soudées, selon leur importance et la difficulté de leur réalisation.

### IIIc

#### *Différents procédés de soudage utilisés dans la réalisation des assemblages*

Tandis que la nature même des constructions soudées rend inévitable le maintien, pour une grande part, du soudage manuel, des progrès importants sont réalisés dans l'emploi du soudage automatique et semi-automatique. Ces procédés sont notamment intéressants pour la technique de la construction d'éléments qui se trouvent reproduits un certain nombre de fois dans un même ouvrage.

L'emploi de traitements spéciaux, tels que le préchauffage et le traitement thermique local ou généralisé, de même que celui de certains procédés spéciaux de soudage, peut être pris en considération lorsque la nature de l'acier, la forme constructive et la destination de l'ouvrage le nécessitent.

L'attention est finalement attirée sur le fait que, dans les constructions soudées, les trois aspects : matériaux (métaux de base et métaux d'apport), conception et exécution sont inséparables et interdépendants.

---

### IIIa

#### *Systematic investigation of constructional details*

Progress has been achieved in the study of certain aspects of structural design, particularly in the study of the design of welded assemblies in the proper meaning of the term. This progress relates to economy and facility in the fabrication, free from defects, and the finishing of such

assemblies, the determination of their mechanical and metallurgical efficiencies, and the calculation of their strength and safety.

Constructors have been won over to the idea that general designs for welded structures cannot be based simply on the traditional designs for riveted structures, but must develop in the direction of arrangements that are better adapted to the peculiarities of welded structures. However, the synthesis of these considerations has yet to be effected. Attention is drawn to certain trends which have become apparent in some fields of metallic engineering structures, particularly in the case of hydraulic structures, such as sluice gates for dams, and lock-gates. There is a growing tendency to make use of relatively thin metal sheets employed in the form of elements which take the fullest advantage of surface continuity allied to that of sufficient flexibility to avoid the unfavourable effects of the rigidity of welded assemblies and the sensitivity towards welding of members of considerable thickness. The study of the stiffening of these plates is making substantial progress and large bridges have been constructed, or are in course of construction, in accordance with these techniques, particularly those in which the main bearing members are of the box section type.

### IIIb

#### *Structural steels for welded structures*

Co-operation between metallurgists, welders and constructors has resulted, in most countries, in the standardisation of the types of steel known as weldable steels, which are adapted to the requirements of the various types of welded structures.

The relative character of the conception of weldability is generally recognised nowadays. The combined efforts of metallurgists, welders and constructors should lead to the development of a range of steels which will enable welded structures to be fabricated economically. The final step that has to be taken is the standardisation of a few fairly simple tests to be made on delivery and capable of being applied to steels suitable for welded structures, according to their size and complexity.

### IIIc

#### *Various welding methods for the execution of welded steel construction*

Although the very nature of welded structures makes it inevitable that manual welding should be retained to a large extent, considerable progress has been achieved in the utilisation of automatic and semi-automatic welding. These processes are of particular interest for the fabrication of members which happen to be duplicated a certain number of times in a single engineering structure.

The use of special treatments, such as pre-heating and local or generalised thermal treatment, as well as the utilisation of certain special welding processes, may be taken into consideration when this is rendered necessary by the nature of the steel, the structural design and the purpose for which the structure is intended.

Lastly, attention is drawn to the fact that in welded structures the three aspects, materials (base metal and weld metal), design and execution are inseparable and interdependent.

---

### IIIa

#### *Systematische Untersuchung der baulichen Einzelheiten*

In der Untersuchung gewisser Gesichtspunkte der Bauformen besonders von geschweissten Verbindungen sind Fortschritte erzielt worden. Diese Fortschritte beziehen sich auf die Wirtschaftlichkeit und eine fehlerfreie einfache Ausführung, sowie auf ihre einwandfreie Durchbildung, die Beurteilung der mechanischen und metallurgischen Wirkungen, sowie die Berechnung von Festigkeit und Sicherheit.

Die Konstrukteure haben erkannt, dass die Bauformen geschweisster Tragwerke nicht einfach von den traditionellen Formen genietetes Tragwerke her abgeleitet werden können, sondern dass sie sich in Richtung auf Anordnungen entwickeln müssen, die den Besonderheiten der Schweißtechnik angepasst sind. Immerhin muss die Synthese solcher Betrachtungen noch gemacht werden. Es zeigen sich deutliche Tendenzen in verschiedenen Anwendungsgebieten des Stahlbaues, besonders bei Stahlwasserbauten, wie Schützen- und Schleusentoren, in Richtung der Anwendung von verhältnismässig dünnen Blechen, wobei die Vorzüge von Flächentragwerken verbunden werden mit einer genügenden Nachgiebigkeit, so dass die ungünstigen Auswirkungen der Steifigkeit geschweisster Verbindungen und ihre Empfindlichkeit bei grossen Blechstärken vermieden werden. Die Untersuchungen über die Aussteifung dünner Bleche sind erheblich weiter fortgeschritten und es sind denn auch schon weitgespannte Brücken ausgeführt worden oder in Ausführung begriffen, bei denen diese Gesichtspunkte besonders durch die Verwendung von Bauteilen mit Kastenquerschnitten zum Ausdruck kommen.

### IIIb

#### *Die Baustähle für geschweisste Tragwerke*

Die Zusammenarbeit von Metallurgen, Schweißern und Konstrukteuren hat in den meisten Ländern zu einer Vereinheitlichung der schweisbaren Baustähle geführt, die die Anforderungen an die verschiedenen Arten geschweisster Tragwerke erfüllen.

Es ist heute allgemein anerkannt, dass der Begriff der Schweisbarkeit ein relativer ist. Die Anstrengungen von Metallurgen, Schweißern und Konstrukteuren müssen auf die Bereitstellung einer Reihe von Stählen gerichtet sein, die eine wirtschaftliche Ausführung geschweisster Tragwerke erlauben. Der letzte ausstehende Schritt betrifft die Vereinheitlichung von möglichst einfachen und wenig zahlreichen Abnahmeversuchen für schweisbare Stähle abgestuft nach Wichtigkeit und Schwierigkeiten der Konstruktion.

**IIIc*****Verschiedene Schweissverfahren bei der Ausführung geschweisster Stahlbauten***

Es liegt in den Bauformen geschweisster Tragwerke begründet, dass die Handschweissung nach wie vor unentbehrlich ist; daneben sind jedoch bedeutende Fortschritte in der Anwendung der automatischen oder halbautomatischen Schweissung erzielt worden. Diese Verfahren sind von besonderem Interesse bei der Ausführung von Bauelementen, die im gleichen Bauwerk in grösserer Anzahl vorkommen.

Die Anwendung von Sondermassnahmen wie das Vorwärmen oder eine örtliche oder allgemeine Wärmebehandlung, sowie auch besondere Schweissverfahren können in Frage kommen, wenn die Art des verwendeten Stahles, die besondere Bauform oder die Zweckbestimmung des Tragwerkes dies erforderlich machen.

Endlich ist festzuhalten, dass bei geschweissten Tragwerken die drei Gesichtspunkte Baustoff (Grundmaterial und Schweissgut), bauliche Durchbildung und Ausführung untrennbar und wechselseitig voneinander abhängen.

## IV

### **Construções de aço e de ligas leves** **Constructions en acier et en alliages légers** **Structures in steel and light alloys** **Tragwerke aus Stahl und aus Leichtmetall**

#### IVa

##### *Construções ligeiras de aço*

As construções ligeiras de aço caracterizam-se pelo facto dos diversos elementos que as compõem comportarem paredes de fraca espessura. As tensões de compressão ou flexão que se exercem nestas secções delgadas podem causar uma instabilidade local (encurvadura), antes da destruição completa do elemento. No entanto, para obter uma utilização tão boa quanto possível dos materiais, o cálculo efectua-se neste caso, não segundo o limite local de resistência à encurvadura, mas sim segundo a carga limite super-crítica. As diferenças de concepção que se tornaram aparentes no decorrer do Congresso acerca do método de cálculo, não se referem a questões de princípio mas sim a pormenores; mostraram no entanto que é necessário proceder a pesquisas mais pormenorizadas. O interesse deve incidir em particular sobre o desenvolvimento e os ensaios de meios de ligação apropriados. Parece assente, que o emprego desses perfilados ligeiros só é económico para cargas pequenas e nos casos em que, sendo a resistência suficiente, se consideram outras propriedades dos elementos da estrutura (criação de superfícies utilizáveis, etc.).

#### IVb

##### *Construções de ligas leves*

As construções de ligas leves apresentam francas analogias com as construções de aço, no que diz respeito à forma dos elementos e aos processos de fabricação. Por outro lado, existem no entanto divergências essenciais que resultam directamente de diferenças de comportamento dos materiais. Segue-se que na construção das obras de ligas leves, não é possível aplicar os mesmos princípios de concepção e os mesmos métodos de cálculo que para construções de aço; deve-se, ao contrário, recorrer a princípios novos, correspondendo às características próprias das ligas leves.

Sob o aspecto da resistência e da deformação, essas características manifestam-se sob a forma de diferenças nos diagramas tensão-deformação e numa maior sensibilidade às cargas variáveis com o tempo e aplicadas durante um longo período. A ausência de um limite de fluência franca-



mente caracterizado sob o aspecto físico não se pode compensar pela adopção de um valor convencional (limite de alongamento a 0,2 %). O baixo valor do módulo de elasticidade é essencial, não só para o enformar das diferentes peças, mas também para a escolha da disposição geral do sistema resistente. A resolução do problema geral da resistência à fadiga apresenta aqui também uma importância particular, podendo as ligas leves dar lugar a fenómenos de fluência, mesmo à temperatura ambiente normal.

A resistência à corrosão não é absoluta; é no entanto melhor que a do aço e permite portanto muitas vezes economias nos gastos de conservação.

Na situação actual do mercado, as vantagens das ligas leves são geralmente anuladas por preços unitários mais elevados; em condições especiais (dificuldades de transporte e de montagem, estruturas móveis), as estruturas ligeiras podem no entanto ter um papel decisivo sob o aspecto económico.

A sugestão do Quarto Congresso da AIPE, em Londres, em 1952, sobre a necessidade imperiosa de prever uma simplificação das ligas destinadas à construção e da sua designação, no intuito de favorecer o seu desenvolvimento ulterior, deve ser tomada em consideração.

#### IVc

##### *Estruturas diversas*

Várias contribuições foram apresentadas ao Congresso, tratando do desenvolvimento de formas economicamente favoráveis para elementos de obras esbeltas e relativamente leves. Para estruturas trianguladas, ligeiras e de malha larga, tais como as que são empregadas em particular para os mastros e torres, os tubos estão a ser utilizados cada vez mais frequentemente; a realização simples e apropriada das ligações deve ser estudada. As vigas «ameiadas» constituem uma forma que merece novas atenções e que já tinha sido objecto de uma discussão quando do Primeiro Congresso de Paris de 1932 da AIPE.

#### IVd

##### *Conservação das construções metálicas*

O Congresso evidenciou o grande interesse apresentado pela melhoria da protecção das obras de aço contra a corrosão. Trata-se aqui de disposições cuja importância depende, na realidade, das condições climáticas e que podem no entanto tomar uma grande importância económica em certos países.

---

#### IVa

##### *Constructions légères en acier*

Les ouvrages légers en acier sont caractérisés par le fait que leurs divers éléments comportent des parois de très faible épaisseur. Les

contraintes de compression ou de flexion qui s'exercent sur ces profils minces peuvent donner lieu à une instabilité locale (voilement), avant la ruine de l'élément. Pour réaliser néanmoins une utilisation aussi bonne que possible des matériaux, le calcul doit raisonnablement être effectué non pas d'après la limite locale de résistance au voilement, mais d'après la charge de ruine post-critique. Les différences de conception qui se sont fait jour au cours du Congrès, sur le mode de calcul, ne touchent pas à des questions de principe, mais se rapportent à des détails; elles montrent cependant qu'il est hautement désirable de procéder à des recherches plus poussées. Une attention toute particulière doit être apportée au développement et aux essais de moyens d'assemblage appropriés. Il paraît établi que l'emploi de ces profils légers n'est économique que pour les faibles charges, ainsi que dans les cas où, la résistance étant suffisante, d'autres propriétés des éléments de structure sont envisagées (établissement de surfaces utilisables, etc.).

#### IVb

##### *Constructions en alliages légers*

Les ouvrages en alliages légers présentent de larges analogies avec les ouvrages en acier, en ce qui concerne la forme des éléments et les procédés de fabrication. D'autre part, il n'en existe pas moins des divergences essentielles, qui résultent directement de différences dans le comportement des matériaux. Il s'ensuit que, pour la construction des ouvrages en alliages légers, il n'est pas possible d'appliquer les mêmes principes de conception et les mêmes règles de calcul que pour la construction en acier; il faut au contraire faire appel à des principes nouveaux, correspondant aux caractéristiques particulières des alliages légers.

En ce qui concerne la résistance et les déformations, ces caractéristiques se traduisent par des différences dans les diagrammes contrainte-allongement et par une plus grande sensibilité vis-à-vis des charges variables dans le temps et appliquées pendant une longue durée. L'inexistence d'une limite d'écoulement nettement caractérisée du point de vue physique ne peut pas être remplacée par l'adoption d'une valeur conventionnelle (limite d'élasticité à 0,2 %). La faible valeur du module d'élasticité est essentielle non seulement pour la mise à forme des différentes pièces, mais aussi pour le choix de la disposition générale du système porteur. La résolution du problème général de la résistance à la fatigue présente ici aussi une importance toute particulière, car les alliages légers peuvent donner lieu à des phénomènes d'écoulement, même à la température ambiante.

La résistance à la corrosion n'est pas absolue; elle est néanmoins meilleure que celle de l'acier et elle permet souvent des économies dans les frais d'entretien.

Dans la situation actuelle du marché, les avantages de la légèreté sont généralement annihilés par des prix unitaires plus élevés; dans des conditions particulières (difficultés de transport et de montage, ouvrages mobiles), la légèreté peut néanmoins jouer un rôle décisif du point de vue économique.

Le vœu émis par le Quatrième Congrès tenu à Londres en 1952 par l'AIPC, concernant l'impérieuse nécessité de prévoir une simplification des alliages destinés à la construction et de leur désignation, en vue de favoriser leur développement ultérieur, doit être pris en considération.

#### IVc

##### *Ossatures diverses*

Différentes contributions présentées au Congrès tendent vers le même but: le développement de formes économiquement favorables pour les éléments d'ouvrages élancés et relativement légers. Pour les treillis légers et à larges mailles, tels que ceux qui sont employés en particulier pour les pylônes et les tours, le tube doit être de plus en plus largement utilisé; l'attention doit en particulier se porter sur une réalisation simple et appropriée des points d'assemblage. Les poutres «crénelées» constituent une forme qui retient à nouveau l'attention et qui avait déjà fait l'objet d'une discussion au cours du Premier Congrès tenu par l'AIPC à Paris en 1932.

#### IVd

##### *Entretien des constructions métalliques*

Le Congrès a mis en évidence le grand intérêt que présente l'amélioration de la protection des ouvrages en acier contre la corrosion. Il s'agit ici de dispositions dont l'importance dépend des conditions climatiques et qui peuvent toutefois prendre une très grande importance économique dans certains pays.

---

#### IVa

##### *Light construction in steel*

Light steel structures are characterised by the fact that very thin walls are employed in their various structural members. Compressive or flexural stresses, which are exerted on these thin-walled sections, can give rise to local instability (buckling), before the structural element undergoes complete breakdown. In order, nevertheless, to achieve the best possible use of the materials, the calculation is usually made in such cases, not in accordance with the local limit of resistance to buckling, but in accordance with the supercritical limiting load. The differences in approach, with regard to the method of calculation, which came to light during the Congress do not refer to fundamentals of the design, but to details; they show however that it is highly desirable to undertake further research. Attention should be directed more particularly to attempts to develop and test appropriate means of assembly. It appears to be established in principle that the use of such light sections has only proved economical for light loads. The light steel construction supplements the standard steel structures there, where the hot-rolled sections are

not economical and where besides sufficient strength other features of the elements (constitution of useful surfaces etc.) are desired

#### IVb

##### *Construction in light alloy*

Light alloy structures exhibit considerable similarities to steel structures as far as the shape of their structural members and the methods of fabrication are concerned. On the other hand, however, there are certain fundamental dissimilarities which are directly due to the differences in the behaviour of the materials. Consequently, it is impossible to apply the same principles of design and the same calculation procedures as are employed for steel constructions; on the contrary, new principles, which correspond to the special characteristics of light alloys, must be developed.

From the points of view of strength and deformation, these characteristic features take the form of differences in the stress-strain diagrams and of a greater sensitivity towards loads which vary with time and are applied for long periods. The absence of a yield point that is clearly defined from a physical point of view cannot be compensated by the adoption of a conventional value (ultimate elongation of 0.2%). A low value of the modulus of elasticity is essential, not only for shaping the various components, but also because it assumes decisive importance in the selection of the general arrangement of the supporting structure. The solution of the general problem of fatigue strength is also of particular importance in this instance, since light alloys can exhibit creep phenomena even at normal room temperatures.

Light alloys are not absolutely corrosion-resistant, but their resistance is nevertheless superior to that of steel and, consequently, economy in the cost of upkeep can often be achieved.

In the present state of the market, the advantages of lighter weight are usually counterbalanced by higher unit costs; under special circumstances (difficulties in connection with transport and erection, portable structures) lightness of weight may nevertheless prove to be a decisive factor from the economic point of view.

The suggestion put forward by the London Congress of the IABSE, in 1952, regarding the urgent need for the standardisation of alloys intended for constructional engineering purposes, and of their designation, with a view to promoting their ultimate development, must be taken into consideration.

#### IVc

##### *Various structures*

A number of papers were read during the Congress which aimed at the same objective, namely, the development of economically favourable forms for slender and relatively light-weight structural members. For light-weight, wide-mesh lattice structures, particularly such as are employed for pylons and derricks, tubes should be more extensively used; special attention should be directed to the design of simple and

suitable truss joints. The «castellated» beam, a structural form which is once more engaging attention, had already been the subject of discussion during the First Paris Congress of the IABSE in 1932.

#### IVd

##### *Maintenance of metal structures*

The Congress has clearly shown the great advantages resulting from improvements in the protection of steel structures against corrosion. This concerns protective measures, the extent of which depends upon climatic conditions, and which may attain considerable economic importance in certain countries.

---

#### IVa

##### *Leichtbauten in Stahl*

Leichtbauten in Stahl sind dadurch gekennzeichnet, dass Bauelemente mit sehr kleinen Wandstärken verwendet werden. Bei diesen dünnwandigen Profilen kann durch Belastung auf Druck oder Biegung örtliche Unstabilität (Ausbeulen) eintreten, bevor das Bauelement als Ganzes versagt. Um trotzdem noch eine möglichst gute Materialausnutzung zu erreichen, wird die Bemessung normalerweise hier nicht auf die örtliche Beulgrenze, sondern auf die überkritische Erschöpfungslast orientiert. Die am Kongress zu Tage getretenen Auffassungsunterschiede über die Art der Bemessung sind nicht grundsätzlicher Art, sondern beziehen sich auf Einzelheiten; sie zeigen jedoch, dass weitere Untersuchungen höchst erwünscht sind. Besonderes Interesse verdienen die Bemühungen um die Entwicklung und Erprobung von geeigneten Verbindungsmitteln. Es ist grundsätzlich festzustellen, dass die Verwendung solcher Leichtprofile nur bei kleinen Belastungen wirtschaftlich angezeigt ist; der Stahlleichtbau ergänzt somit den normalen Stahlbau dort, wo Walzprofile nicht wirtschaftlich sind oder wo neben genügender Festigkeit noch andere Eigenschaften der Bauteile (Bildung nutzbarer Flächen usw.) erwünscht sind.

#### IVb

##### *Bauwerke aus Leichtmetall*

Bauwerke aus Leichtmetall weisen in ihrer allgemeinen Anordnung, in der Form der Bauelemente und in den Herstellungsverfahren weitgehende Analogien mit dem Stahlbau auf. Andererseits bestehen aber auch grundsätzliche Unterschiede, die durch Verschiedenheiten im Materialverhalten bedingt sind; diese Unterschiede führen zur Forderung, dass für die Leichtmetallbauweise die Ausbildungsgrundsätze und Bemessungsregeln des Stahlbaues nicht einfach übernommen werden dürfen, sondern entsprechend den Besonderheiten des Baustoffes neu zu entwickeln sind.

In bezug auf Festigkeit und Verformung sind diese Besonderheiten durch das Spannungsdehnungsdiagramm und die grössere Empfindlichkeit

gegen zeitlich veränderliche Langzeitbelastung gekennzeichnet. Das Fehlen einer physikalisch ausgeprägten Fließgrenze kann nicht durch einen Konventionwert (0,2 % — Dehngrenze) ersetzt werden. Der kleine Elastizitätsmodul ist nicht nur für die Formgebung der Einzelteile wichtig, sondern kann sich schon bei der Wahl der Gesamtanordnung des Tragwerkes bestimmend auswirken. Von besonderer Wichtigkeit ist die Abklärung des allgemeinen Dauerfestigkeitsproblems hier auch deshalb, weil, Leichtmetalle auch unter normaler Raumtemperatur Kriecherscheinungen zeigen können.

Die Korrosionsbeständigkeit ist nicht eine absolute, aber sie ist besser als bei Stahl und erlaubt deshalb häufig Einsparungen in den Unterhaltskosten.

Die Vorzüge des geringen Gewichtes werden bei der heutigen Marktlage noch meistens durch den höheren Einheitspreis aufgewogen; sie können jedoch unter besonderen Bedingungen (schwierige Transport- und Montageverhältnisse, bewegliche Bauwerke) wirtschaftlich entscheidend ins Gewicht fallen.

Die Forderung des IV. Kongresses Cambridge-London 1952 der IVBH, wonach eine Vereinheitlichung der für das Bauwesen geeigneten Legierungen und ihrer Bezeichnungen für eine erfolgreiche Weiterentwicklung dringend notwendig ist, muss aufrecht erhalten werden.

#### IVc

##### *Verschiedene Tragwerksformen*

Dem Kongress wurden verschiedene Beiträge vorgelegt mit dem gemeinsamen Ziel, wirtschaftlich günstige Formen für schlanke und relativ leichte Bauelemente zu entwickeln. Bei leichten und weitmaschigen Fachwerken, wie sie besonders bei Masten und Türmen vorkommen, wird der rohrförmige Stab vermehrte Anwendung verdienen, besondere Aufmerksamkeit ist einer einfachen und zweckmässigen Ausbildung der Knotenpunkte zu schenken. Mit den «ausgezahnten» Trägern wird eine Bauform wieder aufgegriffen, die schon zur Zeit des I. Kongresses Paris 1932 der IVBH Gegenstand der Diskussion war.

#### IVd

##### *Unterhalt von Stahlbauten*

Der Kongress zeigte deutlich das grosse Interesse, das der Stahlbau an einer Verbesserung des Korrosionsschutzes besitzt. Bei diesen Schutzmassnahmen handelt es sich um Arbeiten, deren Umfang von den klimatischen Verhältnissen abhängig ist, die jedoch in einzelnen Ländern eine grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangen können.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## V

### **Questões especiais relativas ao betão armado e preesforçado**

### **Questions spéciales relatives au béton armé et au béton précontraint**

### **Special problems of reinforced and prestressed concrete**

### **Charakteristische Gesichtspunkte im Eisenbeton und im vorgespannten Beton**

#### Va

Fissuração (Utilização dos aços de alta resistência ou de grande aderência, ancoragens, repartição das armaduras, esforço cortante)

Fissuration (Utilisation des aciers à haut résistance ou à haute adhérence, ancrages, répartition des armatures, effort tranchant)

Crack formation (Use of high-tensile steels and steels with high bond strength, end anchorages, distribution of reinforcement, shear strength)

Rissebildung im Eisenbeton (Anwendung hochwertiger Stähle und Stähle mit grossem Haftvermögen, Endverankerungen, Verteilung der Bewehrung, Schubspannungen)

#### Vb

Alteração das construções sob a influência dos agentes atmosféricos e das variações de temperatura

Altération des constructions sous l'influence des agents atmosphériques et des variations de la température

Influence of atmospheric actions and of temperature changes on the behaviour of structures

Einflüsse atmosphärischer Einwirkungen und von Temperaturänderungen auf das Verhalten von Tragwerken

#### Vc

Segurança (Cálculo à fissuração, à rotura, etc.)

Sécurité (Calcul à la fissuration, à la rupture etc.)

Safety (Calculation against cracking, rupture etc.)

Sicherheit (Rechnerische Risse- und Bruchsicherheit usw.)

A duração das estruturas de betão armado e preesforçado depende de um grande número de factores entre os quais convém citar a natureza dos materiais utilizados, as condições atmosféricas, a espessura do revestimento das armaduras, etc.. A densidade do betão, as formas e a repartição dos poros exercem aqui também uma influência capital. É pois extrema-



mente importante continuar as pesquisas a este respeito. Os ensaios acelerados não permitem reproduzir as condições do comportamento efectivo; esses ensaios apresentam no entanto um grande valor qualitativo.

O conhecimento das condições de fissuração (largura e espaçamento das fissuras) deve apresentar um grande interesse num próximo futuro, especialmente no que se refere ao emprego, sempre em maior escala, do aço deformado por torsão a frio. Neste capítulo, convém definir de uma forma exacta quais os factores que influem no fenómeno da fissuração.

O emprego de tipos diferentes de aço pode conduzir à realização de vigas mais esbeltas e de lajes muito delgadas. Torna-se pois necessário estabelecer regulamentos para limitar as deformações. A espessura mínima das lajes deve igualmente ser fixada, de modo a permitir realizar construções seguras e estabelecer uma relação com as dimensões dos agregados utilizados.

---

La durabilité dépend d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels il faut citer les matériaux employés, les conditions atmosphériques, l'épaisseur du revêtement qui couvre les armatures, etc. La densité du béton, les formes et la répartition des pores exercent ici également une importante influence. Il est donc extrêmement important de poursuivre les recherches à ce sujet. Les essais accélérés ne permettent pas de reproduire les conditions du comportement effectif; ils n'en présentent pas moins une grande valeur qualitative.

La connaissance des conditions de fissuration (largeur et écartement des fissures) est appelée à présenter une grande importance dans le proche avenir, en particulier en ce qui concerne l'emploi croissant d'aciers de qualité supérieure. Dans ce sens, il est nécessaire d'établir nettement quels sont les facteurs qui jouent un rôle dans le phénomène de la fissuration.

L'emploi de différents types et qualités d'acier peut conduire à la réalisation de poutres plus élancées et de dalles très minces. Il est donc nécessaire d'établir des prescriptions pour limiter les déformations, rapportées aux dimensions des structures. L'épaisseur minimum des dalles doit également être fixée, afin de permettre la réalisation de constructions sûres et d'établir une corrélation avec les dimensions des agrégats employés.

---

Durability depends on a great variety of factors viz. the materials used, the atmospheric conditions, the thickness of the cover on the reinforcement etc. Also the density of concrete and the types and distributions of pores have an important influence. It is therefore of great importance that research should be continued. These tests in which the factor time is shortened do not reproduce the actual behaviour. Nevertheless they are of great qualitative value.

Knowledge of cracking (width and distance of cracks) will in the near future be of great value especially in regard to the increased use of high grade steel. To that end it should be clearly stated which factors play a part in the phenomena of cracking.

The use of higher grades of steel may lead to slender beams and very thin slabs. Therefore there is also a need for drawing up rules to restrict the deflections in relation to the dimensions of the structures. Also the minimum thickness of slabs should be fixed in order to ensure reliably constructed structures and to relate it to the size of the aggregates used.

---

Die Dauerhaftigkeit hängt von einer grossen Anzahl von Faktoren ab, nämlich der Art der verwendeten Baustoffe, den atmosphärischen Bedingungen, der Stärke der Ueberdeckung über der Armierung usw. Ebenso hat die Dichte des Betons, bzw. die Art und Verteilung der Poren einen ganz bedeutenden Einfluss. Es ist deshalb von grösster Bedeutung, dass die Forschung fortgesetzt wird. Kurzfristige Versuche können das wirkliche Verhalten nicht wiedergeben, sind jedoch trotzdem wertvoll.

Die Kenntnis der Verhältnisse bei der Rissbildung (Breite und Abstand der Risse) wird in naher Zukunft von grosser Bedeutung sein, besonders in Bezug auf die vermehrte Verwendung von hochfesten Stählen. Zu diesem Zweck sollte klar festgestellt werden, welche Faktoren bei der Erscheinung der Rissbildung eine Rolle spielen.

Die Verwendung hochfester Stähle dürfte zu schlankeren Trägern und sehr dünnen Platten führen. Es ist deshalb notwendig, Vorschriften zur Beschränkung der Verformungen im Verhältnis zu den Abmessungen der Tragwerke aufzustellen. Auch sollte das Minimum der Plattendicke festgelegt werden, um einwandfreie Konstruktionen zu erhalten; die Plattendicke sollte in Beziehung mit der Grösse der verwendeten Zuschlagstoffe gebracht werden.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## VI

### **Prática do betão armado e preesforçado** **Pratique du béton armé et du béton précontraint** **Practice of reinforced and prestressed concrete** **Praxis des Eisenbetons und des vorgespannten Betons**

#### VIa

Realização das construções (Andaimes, cofragens, fabricação e controle de betão, transporte do betão, ligação de elementos prefabricados, observação, controle e conservação das obras)

Réalisation de la construction (Echafaudages, coffrages, fabrication et contrôle du béton, transport du béton, liaison d'éléments préfabriqués, observation contrôle et entretien des ouvrages)

Execution of the structures (formwork, shuttering, placing and control of concrete, transport of concrete, jointing of prefabricated elements, observation, control and maintenance of structures)

Ausführung der Tragwerke (Lehrgerüste, Schalungen, Herstellung und Kontrolle des Betons, Betontransport, Verbindung von vorgefabrizierten Elementen, Beobachtung, Kontrolle und Unterhalt der Bauten)

#### VIb

Aperfeiçoamentos recentes

Développements nouveaux

New developments

Neue Entwicklungen

1 — Nas construções de betão armado em que os diferentes elementos da secção não são betonados simultaneamente, produz-se uma redistribuição importante das tensões, causada pela contracção, pela fluência e a deformação plástica do betão, e, até certo ponto, pela fluência do próprio aço. Problemas idênticos surgem nas estruturas de betão preesforçado e nas estruturas de construção mista. Estes efeitos foram estudados nestes últimos anos em muitos casos; é agora possível prevê-los pelo cálculo. É porém necessário proceder a pesquisas fundamentais mais pormenorizadas acerca da natureza e da importância efectivas da fluência e da deformação plástica dos dois materiais, bem como proceder a observações mais extensas nas obras executadas.

2 — Diversos sistemas de prefabricação estão a desenvolver-se rapidamente; pontes de grandes dimensões foram recentemente construídas com elementos prefabricados. Tenta melhorar-se a qualidade desses elementos, a precisão da construção, reduzir as diferenças de resistência e obter assim um maior grau de homogeneidade. A experiência adquirida em obras já realizadas mostra que as ligações de elementos prefabricados podem ser muito perigosas, podendo mesmo dar lugar a colapsos. Torna-se muitas vezes necessário reforçar essas ligações de modo a obter estruturas monolíticas.

3 — Os conhecimentos referentes à composição mais favorável e à preparação do betão, para obtenção, além da resistência mecânica, de características especiais, tais como a homogeneidade, a facilidade de colocação, a resistência às vibrações e aos agentes atmosféricos, especialmente as alternâncias de gelo e degelo, progrediram notavelmente.

4 — As verificações na própria obra melhoraram muito, especialmente graças a uma instrução mais completa dos operários, dos encarregados e dos inspectores.

5 — Estudaram-se novos sistemas de cofragens móveis permitindo realizar economias de mão de obra e de matérias.

6 — Também se desenvolveram outros sistemas de cofragens em que cada elemento pode ser utilizado muito mais vezes do que nos sistemas anteriores, o que permite realizar uma economia considerável.

---

1 — Dans les ouvrages en béton armé où différentes parties de la section ne sont pas bétonnées simultanément, il se produit une importante redistribution des contraintes, par suite du retrait, du fluage et de la déformation plastique du béton et, dans une certaine mesure également, du fluage que subit l'acier lui-même. Des problèmes semblables se posent dans le domaine du béton précontraint et dans celui des ouvrages mixtes. De tels effets ont été étudiés au cours des dernières années et dans de nombreux cas, il est maintenant possible de les prévoir par le calcul. Il est néanmoins nécessaire de procéder à des recherches fondamentales plus poussées sur la nature et l'importance effectives du fluage et de la déformation plastique de ces deux matériaux, ainsi que de procéder à de plus larges observations sur des ouvrages terminés.

2 — Différents systèmes de préfabrication sont en rapide développement; de très grands ponts ont été récemment construits à l'aide d'éléments préfabriqués. L'on s'efforce d'améliorer la qualité de ces éléments, de pousser plus loin la précision de la construction, de réduire les écarts de résistance et d'arriver ainsi à un plus haut degré d'homogénéité.

L'expérience acquise sur les ouvrages déjà réalisés montre que les joints entre éléments préfabriqués peuvent être très dangereux et même

donner lieu à des effondrements. Il est souvent nécessaire de renforcer de tels joints, pour obtenir des ouvrages monolithiques.

3 — Nos connaissances ont notablement progressé au sujet de la composition la plus favorable et de la préparation des mélanges de béton, dans le but d'obtenir, en plus de la résistance mécanique, des caractéristiques particulières, telles que l'homogénéité, la facilité de mise en oeuvre, la résistance aux vibrations et la durabilité sous l'action des éléments atmosphériques, en particulier aux alternances de gel et de dégel.

4 — Les contrôles sur le chantier même ont été améliorés, en particulier grâce à un entraînement poussé des ouvriers, des contremaîtres et des surveillants.

5 — De nouveaux systèmes de coffrages mobiles ont été mis au point, qui permettent de réaliser des économies de main d'oeuvre et de matériaux.

6 — D'autres systèmes de coffrages ont également été développés, dans lesquels chaque élément peut être employé un nombre de fois beaucoup plus grand que dans les systèmes antérieurs, d'où il résulte une plus grande économie.

---

1 — In reinforced concrete structures, where different parts of the sections are cast during different periods of time, a considerable redistribution of stresses takes place, due to the shrinkage, creep and relaxation in the concrete and to a certain degree also due to the creep in the steel. Similar problems arise in the fields of prestressed concrete and composite structures. Those effects have been studied during recent years, and it is now in many cases possible to predict them by calculation. Further fundamental research on the nature and amount of the creep and relaxation of both materials is however needed, as well as more data from observations on structures.

2 — Several prefabricating systems are in rapid development; and very large bridges have in recent times been built by use of prefabricated elements. Efforts are being made to improve the quality of such elements, increasing the accuracy of construction, diminishing the variation of strength and thus arriving at a greater degree of homogeneity.

The experience from erected structures shows that the joints between prefabricated elements can be very dangerous and even cause collapse. Such joints often need to be improved in order to get monolithic structures.

3 — Appreciable additions to our knowledge are observed about the suitable composition and mixing of concrete in order to obtain particular properties besides the strength, e.g. homogeneity, workability, stability, under vibration, and resistance to weathering, such as repeated freezing and thawing action.

4 — Control on the site has been improved particularly due to a thorough training of workers, foremen and inspectors.

5 — New systems of sliding forms have been invented, which are economical in saving manual work and material.

6 — Systems of formwork are also under development, where each form element can be used many times more than was possible in earlier systems, resulting in greater economy.

---

1 — In Eisenbetonkonstruktionen, bei denen verschiedene Teile des Querschnitts zu verschiedenen Zeitpunkten betoniert werden, finden bedeutende Spannungsumlagerungen statt, die auf das Schwinden, Kriechen und die plastische Verformung im Beton und bis zu einem gewissen Grade auch im Stahl zurückzuführen sind. Aehnliche Probleme treten beim vorgespannten Beton wie auch bei den Verbundkonstruktionen auf. Diese Einflüsse wurden in den letzten Jahren untersucht, und ihre Berechnung ist nun in vielen Fällen möglich. Eine weitere grundlegende Erforschung der Art und Grösse des Kriechens und der plastischen Verformung beider ist jedoch notwendig.

2 — Verschiedene Systeme der Vorfabrikation sind in rascher Entwicklung begriffen; sehr grosse Brücken wurden in jüngster Zeit unter Verwendung von Fertigelementen erstellt. Es werden Anstrengungen unternommen, um die Qualität solcher Elemente zu verbessern, die Genauigkeit der konstruktiven Einzelheiten zu erhöhen, die Festigkeitsunterschiede zu vermindern, um einen höheren Grad von Homogenität zu erreichen.

Bei Erfahrung bei ausgeführten Konstruktionen zeigt, dass die Verbindung zwischen vorgefabrizierten Elementen sehr gefährlich sein kann und sogar zu Einstürzen führt. Solche Verbindungen müssen oft noch verbessert werden, um monolithische Konstruktionen zu erhalten.

3 — Eine wertvolle Vermehrung der Kenntnisse der geeignetsten Zusammensetzung und Mischung des Betons kann festgestellt werden. Es soll dabei beabsichtigt werden, ausser der Festigkeit noch besondere Eigenschaften zu erhalten wie Homogenität, Verarbeitbarkeit, Stabilität bei der Vibration, Wetterbeständigkeit sowie gutes Verhalten bei wiederholten Frost- und Tauwechsel.

4 — Die Baustellekontrolle wurde verbessert durch eine eingehende Ausbildung von Arbeitern, Vorarbeitern und Bauführern.

5 — Neue Systeme von Gleitschalungen wurden eingeführt, um durch Einsparung von Handarbeit und Material die Bauten wirtschaftlicher zu gestalten.

6 — Andere Schalungssysteme werden weiter entwickelt, bei denen jedes Schalungselement öfters als bei früheren Systemen wieder verwendet werden kann, was eine bessere Wirtschaftlichkeit ermöglicht.