



Doctoral Thesis

Zur Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Stahlbetonbauten

Author(s):

Stoffel, Philipp

Publication Date:

2000

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003930843> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Dissertation ETH Nr. 13692

Zur Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Stahlbetonbauten

Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
Philipp Hermann Stoffel
dipl. Bauingenieur ETH
geboren am 1. April 1968
von Visperterminen VS

angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. Peter Marti, Referent
Prof. Dr. Eugen Brühwiler, Korreferent

2000

Kurzfassung

Die Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Stahlbetonbauten stellt im Rahmen der Erhaltung der baulichen Infrastruktur einen wichtigen Aspekt dar. Wegen der Vielzahl von Objekten, die in naher Zukunft zu überprüfen sind, drängen sich ergänzende rechnerische Untersuchungen auf, die über den mit den aktuellen Normen für Neubauten gesteckten Rahmen hinausgehen. Mit der vorliegenden Arbeit wird versucht, zu einem besseren Verständnis des Bruchverhaltens bestehender Stahlbetonbauten beizutragen. Gleichzeitig soll ein mögliches Vorgehen bei der statischen Überprüfung aufgezeigt werden.

Im ersten Teil dieser Arbeit werden relevante Eigenschaften von Beton und Bewehrung erörtert, die Grundzüge der Traglastberechnungen zusammengefasst und der Einfluss der Vorspannung in statisch unbestimmten Systemen bei plastischen Verformungen untersucht. Zusätzlich wird die Entwicklung der Normvorschriften bezüglich Einwirkungen und deren Konsequenzen auf die Beurteilung der Tragsicherheit erörtert.

Im zweiten Teil werden rechnerische Überprüfungen vorgestellt, die eine verfeinerte Aussage über die Höhe der zu erwartenden Traglast zulassen. Dabei werden die Normvorschriften ergänzt und erweitert. Grundelemente diskontinuierlicher Spannungsfelder werden vorgestellt, und deren Anwendung auf vorgespannte Träger ohne und mit zusätzlicher schlaffer Längsbewehrung wird vertieft untersucht. Für parabolisch gekrümmte Spannglieder wird eine Differentialgleichung zur Bestimmung des Kraftverlaufs im Spannglied hergeleitet. Spezielle Beachtung wird den Verankerungszonen der Vorspannglieder an den Trägerenden geschenkt. Grundsätzliche Überlegungen zur Ausbildung von Fächern über dem Zwischenaufleger von Durchlaufträgern werden erörtert, und Unterschiede zu Normnachweisen werden quantifiziert. Indirekt gelagerte Trägerstege mit mangelnder oder fehlender Aufhängebewehrung werden mit räumlichen Spannungsfeldern untersucht, welche mit Versuchsergebnissen verglichen werden. In Ergänzung zu diskontinuierlichen Spannungsfeldern werden mittels Bruchmechanismen obere Grenzwerte der Traglast von Stahlbetonträgern ermittelt. Die praktische Anwendung solcher Bruchmechanismen und deren Anwendungsgrenzen werden diskutiert. Abschliessend wird der Einfluss von Dauerlasten sowie von verteilten und konzentrierten Nutzlasten auf die Traglast durch Aufteilung in Belastungsanteile visualisiert, und der Einfluss von Zwangsbeanspruchungen auf den Verformungsbedarf beim Erreichen der Traglast wird am Beispiel eines Zweifeldträgers untersucht.

Im dritten Teil wird ein mögliches Vorgehen bei der rechnerischen Überprüfung bestehender Stahlbetonbauten vorgestellt. Dieses wird durch einen Bewertungskatalog ergänzt, der pro Haupttragelement anhand quantitativer Grössen zu einer statischen Klassifikation beitragen soll. Drei Beispiele aus dem Brückenbau setzen die theoretischen Überlegungen in die praktische Anwendung um. Eine Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die praktische Anwendung runden die Arbeit ab.

Summary

Strength assessments of existing concrete structures represent an important aspect within the framework of the preservation of our infrastructure. There is a great demand for refined evaluations which go beyond the limits set by standards for the design of new structures. The present thesis aims at contributing to a better understanding of the ultimate limit state of existing concrete structures and it proposes a methodology to be applied in structural evaluations.

The first part of the thesis presents relevant material properties and provides a summary of the basis of limit analysis methods. Furthermore, the effect of prestressing in combination with plastic deformations of statically indeterminate systems is investigated and the historical development of code requirements for actions and associated consequences for strength assessments are discussed.

The second part of the thesis comprises methods which allow for a refined assessment of the load carrying capacity and which supplement relevant requirements in standards for the design of new structures. The application of discontinuous stress fields to prestressed girders with and without non-prestressed longitudinal reinforcement is demonstrated. A differential equation is derived to determine the force variation in curved prestressing tendons and the anchorage zones of prestressing tendons at the girder ends are investigated in detail. Basic considerations for the development of fan-shaped stress fields in intermediate support regions are made and differences to current code requirements are highlighted. Indirect support situations are analysed with spatial stress fields and comparisons with experiments are provided. The lower-bound limit analyses based on discontinuous stress fields are supplemented by corresponding upper-bound analyses considering potential failure mechanisms. The practical application of such mechanisms is demonstrated and the interaction of dead and live loads is pointed out. Finally, the influence of restraint actions on the demand for plastic deformations at ultimate is evaluated for the example of a two-span girder.

The third part of the thesis proposes a methodology for the evaluation of existing concrete structures. This includes a set of criteria which allow for a classification of whole structures or structural members. Three examples illustrate the practical implementation of the theoretical approaches and a summary and a number of recommendations conclude the thesis.

Résumé

L'analyse structurale des constructions en béton armé représente une étape importante des travaux de maintenance des ouvrages d'art. Des analyses complémentaires reprenant et élargissant les bases des normes actuelles sont nécessaires, en particulier à cause du grand nombre des objets qui seront à évaluer dans le futur. Cette thèse a pour but de contribuer à une meilleure compréhension du comportement de rupture des structures en béton armé et précontraint ainsi que de développer une méthode pour les contrôles statiques.

La première partie de la thèse décrit les propriétés du béton et de l'acier. Elle récapitule l'application au béton armé des principes de la théorie de la plasticité et discute l'influence de la précontrainte sur les systèmes statiquement indéterminés déformés au-delà de leur limite d'élasticité. Elle considère enfin l'évolution des charges à considérer durant la vie de l'ouvrage et les conséquences sur la sécurité structurale.

La deuxième partie présente des contrôles qui permettent d'affiner la détermination de la charge ultime. Les prescriptions de la norme sont complétées et étendues. Les bases des champs de contraintes discontinus sont d'abord présentées. Leur adaptation à des poutres précontraintes avec ou sans armature passive longitudinale est ensuite examinée. L'équation différentielle permettant de déterminer l'évolution de la force dans les câbles de précontrainte est établie pour des tracés paraboliques. Les ancrages des câbles de précontrainte aux extrémités des poutres sont spécialement analysés. Des champs de contraintes avec différents types d'éventails sont développés pour les zones des appuis intermédiaires. Les différences entre ces champs de contraintes et les contrôles selon la norme sont ensuite examinées. Les appuis indirects avec peu ou pas d'armature de suspension sont également analysés avec des champs de contraintes spatiaux et comparés aux résultats d'essai. Les bornes supérieures de la charge ultime déterminées à l'aide des mécanismes de rupture complètent l'analyse avec les champs de contraintes discontinus. L'application pratique de ces mécanismes est discutée ainsi que leurs limites d'application. Finalement l'influence des charges permanentes, des charges variables réparties et concentrées est visualisée par la répartition de la charge ultime. L'effet des sollicitations dues aux déformations empêchées sur la demande de déformation est examinée dans l'exemple d'une poutre à deux travées.

La troisième partie enfin présente une méthode pour les contrôles statiques des structures en béton armé existantes. Cette méthode est complétée par un catalogue d'évaluation. Ce catalogue permet une classification statique quantitative des éléments structuraux importants. Trois exemples de ponts présentent l'application pratique des idées théorétiques. Un résumé et quelques conclusions récapitulent et discutent les résultats obtenus et donnent des recommandations pour la pratique.