Spannbetonforschung am Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

Autor(en): **Caflisch, Reto**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 14

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73664

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Spannbetonforschung am Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

Von **Reto Caflisch**, Zürich

Das Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich wird geleitet durch die Professoren Dr. *H. Bachmann*, Dr. *C. Menn*, *J. Schneider* und Dr. *B. Thürlimann*. Zur Zeit sind am Institut 20 Assistenten und wissenschaftliche Mitarbeiter sowie acht weitere Mitarbeiter und Sekretärinnen angestellt.

Im Jahr 1976 bezog das Institut die neuen Räumlichkeiten auf dem *Hönggerberg*. Die experimentellen Forschungsarbeiten, die bis anhin an der EMPA in Dübendorf ausgeführt werden mussten, können nun in den *neuen Forschungsräumen* stattfinden. In der grossen, für verschiedene experimentelle Arbeiten vorgesehenen Forschungshalle wurde ein *Aufspannboden* der Grösse 10 × 30 m installiert, der je Rasterpunkt Ankerkräfte von 2 × 1000 kN zulässt. Dank der *pneumatischen Federung* des Aufspannbodens können umfangreiche *dynamische Untersuchungen* durchgeführt werden, ohne dass die übrigen Benützer der Forschungshalle bei ihren Arbeiten gestört werden.

Nebst der grossen Forschungshalle stehen dem Institut zwei weitere, voll klimatisierte Räume zur Verfügung, die *Langzeituntersuchungen bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit* erlauben. Als Hilfsgeräte für die Durchführung der Versuche sind Aufbauelemente für den Aufspannboden, eine servohydraulische Anlage, weitere Belastungseinrichtungen sowie elektronische Messsysteme vorhanden.

Am Institut für Baustatik und Konstruktion werden seit Jahren theoretische und experimentelle Untersuchungen auf verschiedenen Gebieten des konstruktiven Ingenieurbaus durchgeführt. Das Ziel der einzelnen Forschungsarbeiten besteht vor allem darin, der Praxis neue, zweckmässige Grundlagen für die Berechnung und Bemessung der verschiedenen Baukonstruktionen zur Verfügung zu stellen. Im weiteren finden die erzielten Ergebnisse Aufnahme in den entsprechenden schweizerischen und internationalen Normen. Die Forschungsresultate werden laufend in den *Institutsberichten* (Birkhäuser Verlag Basel) sowie in verschiedenen technischen und wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert.

Die *Forschungsarbeiten* auf dem Gebiet des Spannbetons befassen sich mit:

- Biege- und Durchstanzverhalten vorgespannter Platten mit und ohne Verbund,
- Biege- und Schubverhalten teilweise vorgespannter Balken aus Normal- und Leichtbeton,
- Torsionsverhalten offener und geschlossener Querschnitte.

Weitere laufende Forschungsprojekte betreffen folgende Gebiete:

- Stahlbetonstützen,
- Längsschub, Querbiegung und teilweise Quervorspannung in Druck- und Zugplatten von Betonbalken,
- Dynamisches Verhalten von Beton- und Leichtbetonkonstruktionen,
- Erdbebenverhalten von Beton- und Leichtbetontragwerken,
- Reaktion und Widerstand von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken unter dynamischen Belastungen,
- Fallprobleme,
- Ermüdung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken,
- Rotationsfähigkeit von Mauerwerk,
- Erarbeitung rationaler Grundlagen für die Sicherheitstheorie von Bauwerken.

Im folgenden werden die *Forschungsprojekte auf dem Gebiet des Spannbetons* kurz beschrieben.

Trag- und Bruchverhalten von vorgespannten Platten

Das Trag- und Bruchverhalten von auf Biegung und Durchstanzen beanspruchten Platten mit injizierten und nichtinjizierten Spanngliedern soll mit theoretischen und experimentellen Untersuchungen studiert werden.

Bis anhin wurden zwei Versuchsserien durchgeführt. Um das Biegeverhalten von vorgespannten, nichtinjizierten Platten zu ermitteln, wurden in einer ersten Reihe Versuche an *einer Quadratplatte* und *fünf Plattenstreifen* vorgenommen. Die Hauptparameter für die Plattenstreifen waren die seitliche Abstützung, die zusätzliche schlaffe Bewehrung und die Plattenschlankheit. In der zweiten Serie wurde das *Durchstanzverhalten* anhand von *zwei Plattenausschnitten* und *sechs Plattenstreifen* untersucht. Die Hauptparameter waren bei den Plattenausschnitten die Bügelbewehrung, bei den Plattenstreifen der Längsbewehrungsgrad, die Vorspannung, die Schubbewehrung und die seitliche Abstützung.

Als wesentlichste *Resultate* ergeben sich *für den Biegebereich* folgende Feststellungen: Platten mit Vorspannung in

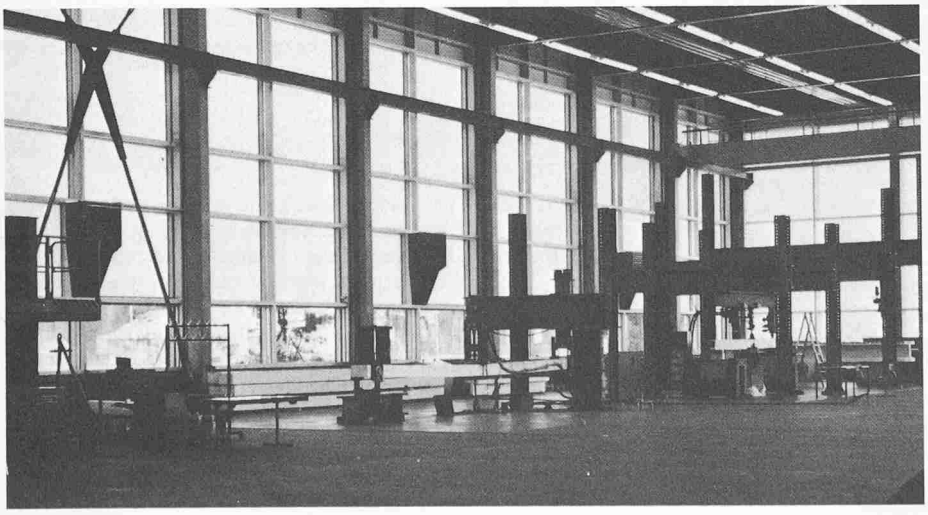

Bild 1. Versuchshalle HIF, ETH-Hönggerberg
Experimental hall HIF, ETH-Hönggerberg

Verbund können analog zu Platten mit schlaffer Bewehrung mit den heute bekannten Methoden der Elastizitäts- und Plastizitätstheorie berechnet werden. Bei vorgespannten Platten ohne Verbund werden die Lasten nicht über Biegung abgetragen, sondern werden durch ein gekoppeltes System, bestehend aus Beton- und Stahlmembran, aufgenommen. Der Grenzzustand der Nutzung ist für die vorgespannten Platten ohne Verbund oft das massgebende Bemessungskriterium.

Für den *Schubbereich* vorgespannter Platten sind folgende *Ergebnisse* erwähnenswert: Die Sicherheit gegen Durchstanzen kann entscheidend verbessert werden, sofern genügend Kabel über die Stützen geführt werden. Durch den Einsatz von Bügeln im Stützenbereich von Flachdecken werden die Schubtragfähigkeit und die Duktilität beträchtlich gesteigert, so dass unter zunehmender Belastung kein Sprödbruch, sondern ein sich durch grosse Verformungen ankündigender Bruch eintritt.

Als Fortsetzung der bisherigen Untersuchungen sind weitere Arbeiten geplant: Ergänzung des Schubtragmodells durch Berücksichtigung der auftretenden Verformungen, Untersuchungen des Zusammenwirkens von Biege- und Schubtragverhalten in Flachdecken, Ausarbeitung von Bemessungsverfahren und -vorschriften.

Marti P., Thürlimann B.: «Versuche über das Biegeverhalten von vorgespannten Platten ohne Verbund», Versuchsbericht Nr. 7305-1.

Marti P., Pralong J., Thürlimann B.: «Schubversuche an Stahlbetonplatten», Versuchsbericht Nr. 7305-2.

Marti P., Ritz P., Thürlimann B.: «Prestressed Concrete Flat Slabs», IVBH-Bericht S-1/77, Institutsbericht Nr. 68.

Teilweise Vorspannung

Mit diesem Forschungsprojekt wurde das *Trag- und Bruchverhalten* teilweise vorgespannter *Beton- und Leichtbetonbalken im Biege- und Schubbereich* untersucht. Bei den *Leichtbetonbalken* wurde zusätzlich das *Langzeitverhalten* überprüft.

Die experimentellen Untersuchungen erstreckten sich über sechs Versuchsserien mit total 26 Betonbalken und fünf Leichtbetonbalken, wovon zwei einer Langzeitbelastung ausgesetzt waren. Die Hauptparameter waren für den Biegebereich: Vorspanngrad, Querschnittsform, Bewehrungsgehalt der Zugzone, Durchmesser und Betonüberdeckung der Bewehrung, und für den Schubbereich: Art, Durchmesser, Abstand und Gehalt der Schubbewehrung, Grösse und Neigung der Vorspannkraft. Die kurz- und langzeitbelasteten Leichtbetonbalken waren Duplikate zu entsprechenden Betonbalken. wobei vor allem der Einfluss der unterschiedlichen Betonqualität interessierte.

Die erzielten *Ergebnisse* lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Biegebereich: Das Bruchmoment teilweise vorgespannter Beton- und Leichtbetonbalken kann mit den üblichen Annahmen genügend genau berechnet werden. Das Fliessmoment lässt sich mit dem n-Verfahren sehr gut bestimmen. Das Rissverhalten teilweise vorgespannter Betonbalken ist bedeutend günstiger als bei entsprechenden schlaff bewehrten Balken. Im Gebrauchszustand sind die Risse bei normaler konstruktiver Ausbildung kleiner als 0,2 mm, die Durchbiegungen bedeutend geringer als bei entsprechenden schlaff bewehrten Balken. Die Durchbiegungen der Leichtbetonbalken waren im ungerissenen Bereich ca. 40% grösser als bei vergleichbaren Betonbalken; nach Rissbeginn verschwand dieser Unterschied grösstenteils.

Schubbereich: Die Fliesslast der Schubarmierung kann mit der Norm SIA 162, Richtlinie 17, zutreffend bestimmt werden. Die Schubbruchlast wird mit der Richtlinie 34 derselben Norm genügend exakt erfasst. Das Schubrissverhalten im Gebrauchszustand ist völlig normal; die maximalen Rissbreiten bleiben bei richtiger konstruktiver Ausbildung kleiner als 0,2 mm.

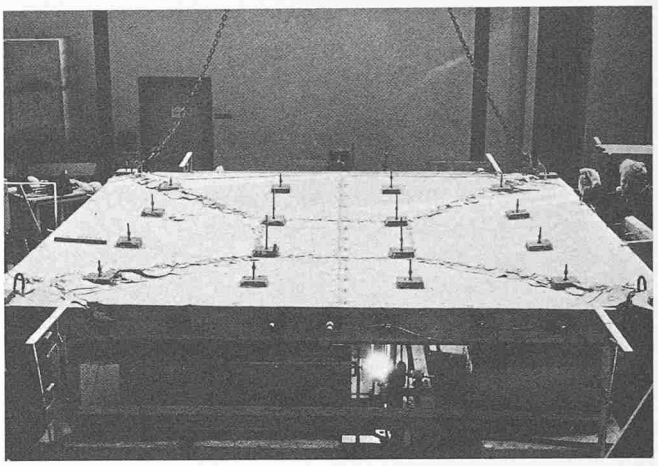

Bild 2. Versuchsanlage «Vorgespannte Platten»
Test rig "prestressed slabs"

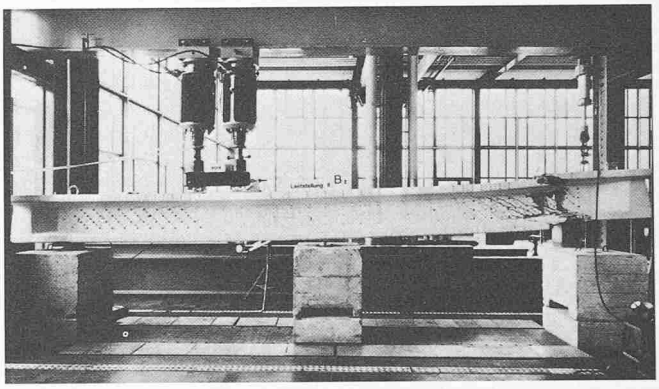

Bild 3. Versuchsanlage «Teilweise Vorspannung»
Test rig "partial prestressing"

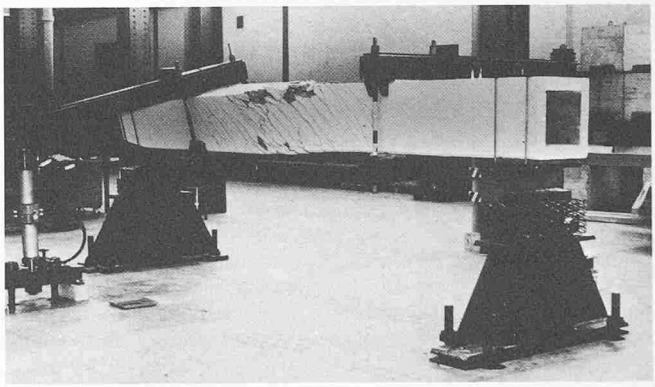

Bild 4. Versuchsanlage «Torsion»
Test rig "torsion"

Das Forschungsprojekt ist erfolgreich abgeschlossen worden.

Caflisch R.: «Teilweise vorgespannter Beton: Versuche, Auswertungen und Schlussfolgerungen», Schweiz. Bauzeitung, Heft 23, 1971. Institutsbericht Nr. 34.

Krauss R., Bachmann H.: «Biege- und Schubversuche an teilweise vorgespannten Betonbalken», Versuchsbericht Nr. 6504-4.

Bachmann H.: «Versuche über den Einfluss geneigter Spannglieder auf das Schubtragverhalten teilweise vorgespannter Betonbalken», Der Bauingenieur, 51. Jahrgang, Heft 7. Institutsbericht Nr. 58.

Torsion

Das Ziel des Forschungsprojektes bestand darin, das *Bruchverhalten von Stahlbeton- und Spannbetonbalken* unter Torsion und *Torsion in Kombination mit Biegung und Querkraft*, sowohl theoretisch als auch experimentell, abzuklären.

Die experimentellen Untersuchungen umfassten insgesamt 33 Balken, wovon drei vorgespannt waren. Die Hauptparameter waren Querschnittsform (voll, Hohlkasten, offen, Rechteck, T-Form), Längs- und Bügelbewehrung, Bewehrungsanordnung, Vorspannung. Die Versuche an den vorgespannten Balken hatten zum Ziel, den Einfluss der Vorspannung auf das Tragverhalten von torsionsbeanspruchten Tragwerken zu ermitteln.

Als wichtigstes *Ergebnis* dieses Forschungsprojektes kann die *Entwicklung eines Bruchmodells* bezeichnet werden, das mit den Versuchsresultaten recht gut übereinstimmt *und* eine sicherere und wirtschaftlichere Konstruktion torsionsbeanspruchter Tragwerke erlaubt. Im weiteren wurde festgestellt, dass für die Bestimmung des Bruchwiderstandes unter bestimmten Voraussetzungen vorgespannte Spannglieder analog der schlaffen Längsbewehrung eingesetzt werden können.

Das Forschungsprojekt konnte erfolgreich abgeschlossen werden.

Lampert P., Lüchinger P., Thürlimann B.: «Torsionsversuche an Stahl- und Spannbetonbalken», Versuchsbericht Nr. 6506-4.

Grob J., Thürlimann B.: «Wölbversuche an Stahlbetonbalken mit offenem Querschnitt», Versuchsbericht Nr. 6506-6.

Lüchinger P.: «Bruchwiderstand von Kastenträgern aus Stahlbeton unter Torsion, Biegung und Querkraft», Institutsbericht Nr. 69.

Prestressed concrete research at the Institute of Structural Engineering, Swiss Federal Institute of Technology Zürich

The Institute of Structural Engineering at the Swiss Federal Institute of Technology Zurich is led by Professors Dr. *H. Bachmann*, Dr. *C. Menn*, *J. Schneider* and Dr. *B. Thürlimann*. Currently there are twenty assistents and research fellows and a further eight associates and secretaries.

In 1976 the Institute moved to the *new building* of the Swiss Federal Institute of Technology at *Hönggerberg*. The experimental research until then had been carried out at the EMPA (Swiss Federal Material Testing Laboratories) in Dübendorf. This work can now be carried out in the *new research facilities* at Hönggerberg. In the *large testing hall*, which has been built for a variety of research work, there is a 10 m × 30 m *floor area with fixtures* for the mounting of various testing installations. Each mounting fixture in the floor has a holding-down capacity of 2 × 1000 kN. Extensive dynamic tests have been able to be carried out without disturbing other research work being conducted simultaneously in the hall. This is due to the *pneumatic suspension* of the floor slab. *Two fully acclimatized rooms* in addition to the research hall are also available for use. *Long term tests* can be carried out under *controlled temperature and humidity conditions*. For the conducting of the tests, there are steel framing elements fos the floor slab mounting fixtures, an electrohydraulic closed-loop testing system, further testing installations and also electronic measuring systems.

At the Institute of Structural Engineering, theoretical and experimental investigations have been carried out for many years. The primary goal of these research projects consists in presenting new practical bases for various fields of structural design for use in engineering practice. Many results have been incorporated in the Swiss Specifications and also in International Codes. The research findings are continuously published in the institute's reports (Birkhäuser Publishers, Basle) as well as in various technical and scientific publications.

The *research work* in the area of prestressed concrete has included research into

- the bending and punching shear behavior of bonded and unbonded prestressed slabs,
- the bending and shear behavior of partially prestressed beams of normal- and lightweight concrete,
- the torsional behavior of open and hollow box cross-sections.

Further current projects are being made in the following areas of research:

- Concrete Columns,
- Dynamic Behavior of Concrete and Lightweight Concrete Structures,
- Behavior of Concrete and Lightweight Concrete Members under Earthquake Actions,
- Response and Strength of Reinforced and Prestressed Concrete Beams under Dynamic Loading,
- Fatigue of Concrete and Prestressed Concrete,
- The Rotational Capacity of Brickwork,
- Rational Basis for the Safety Theory of Structures,
- Case Studies.

In the following the research projects concerning prestressed concrete are presented.

Working load and ultimate load behavior of prestressed slabs

The working load and ultimate load behavior of bonded and unbonded slabs loaded in bending and also for punching shear are studied both theoretically and experimentally.

Until now two test series have been carried out. To establish the flexural behavior of prestressed unbonded slabs *a square slab* and *five slab strips* were tested in the first test series. The main parameters for the slab strips were the restraint against lateral movement, the additional unstressed reinforcement required and the slab's slenderness ratio. In the second series the localised punching shear behavior of two slab segments and six slab strips was tested. The main parameter for the slab segments was stirrup reinforcement. For the slab strips the main parameters were the percentage of longitudinal reinforcement, the amount of prestress, the shear reinforcement and the restraint against lateral movement.

For *bending* the following significant *results* were obtained: slabs with bonded prestress can be designed analogously to slabs with unstressed reinforcement according to the current methods in use, based upon either elastic or plastic theory. With unbonded prestressed slabs the loads are not taken by bending, but through a combined system consisting of concrete and steel membranes. The limit state of serviceability is often the critical criterion for these prestressed slabs.

For the *shear behavior* of prestressed slabs the following *results* were found to be important: the safety factor for punching shear failure can be significantly improved if a sufficient number of cables are carried over the columns.

Through the *placement* of stirrups in the column regions of flat slabs, the shear capacity and the ductility can be notably increased. Then under applied loading a visible gradual failure with large deformation instead of a sudden brittle failure will take place.

In addition to the tests already carried out further work is planned: supplementary work concerning the behavior model for shear taking into account the deformations occurring; tests on the combined effects of bending and shear behavior in flat slabs; proposals for design procedures and recommendations.

Partial prestressing

In this design project the *working load and ultimate load behavior* of partially prestressed *concrete and lightweight concrete beams were investigated for shear and bending*. In addition, the *long-term behavior* was tested.

The experimental tests stretched out over six test series with a total of 26 concrete beams and five lightweight concrete beams being tested. Two of the lightweight concrete beams were loaded