Zur Frage der Lagerung von Stahlbetonstützen bei aufgezwungenen Verformungen

Autor(en): **Grenacher, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen**

Band (Jahr): **17 (1974)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-16487

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

Zur Frage der Lagerung von Stahlbetonstützen bei aufgezwungenen Verformungen

The Problem of Support Conditions for Reinforced Concrete Columns subjected to Imposed Displacements

La question des conditions d'appui pour des colonnes en béton armé sous l'effet de déformations imposées

M. GRENACHER
Dipl. Ing. ETH
Institut für Baustatik, ETH, Zürich
Zürich, Schweiz

Problemstellung

Die Frage der Stützenlagerung ist bei vielen Stahlbetonkonstruktionen eines der vordringlichsten Probleme. Zum Beispiel bei Brücken mit grossen Spannweiten sind die auftretenden Horizontalverschiebungen, die durch Kriechen, Schwinden, Temperaturänderungen und andere Einflüsse bedingt sind, von entscheidender Bedeutung für die Wahl der Lagerung der Stützen. Grosse horizontale Stützenverschiebungen stellen bei eingespannten Stützen hohe Anforderungen an die Duktilität des Materials oder machen Gelenkanschlüsse notwendig. Wird die Art der Stützenlagerung aufgrund elastischer Untersuchungen unter Einhaltung irgendwelcher zulässiger Spannungen bestimmt, so bedingen schon relativ kleine Verschiebungen Gelenkkonstruktionen. Gelenke haben aber verschiedene Nachteile:

- Sie stellen gewisse konstruktive Probleme und sind dementsprechend teuer.
- Je nach Konstruktionsart erfordern sie einigen Aufwand für den Unterhalt.
- Die Einführung eines Gelenkes bedeutet eine Schwächung der Konstruktion und führt zu einer geringeren Gesamtstabilität.

Wegen dieser Nachteile sollten Gelenke möglichst vermieden werden können. Diese Forderung bedingt ein eingehendes Studium der Duktilität von Stahlbeton und der Rotationsfähigkeit der Einspannquerschnitte. Im Folgenden soll der Einfluss verschiedener Momenten-Krümmungsverhalten auf das Verformungsverhalten von eingespannten Stützen untersucht werden.

Verformungsfähigkeit von eingespannten Stützen

Die Traglast- und Verformungsberechnungen von Stahlbetondruckgliedern bieten zwei grundsätzliche Schwierigkeiten:

- Das Materialverhalten ist nichtlinear.
- Der Einfluss der Verformungen auf das Gleichgewicht bewirkt eine geometrische Nichtlinearität (Theorie 2. Ordnung).

Diese Einflüsse können praktisch nur mit Hilfe eines Computers berücksichtigt werden. Ein entsprechendes Programm wurde am Institut für Baustatik und Konstruktion der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich entwickelt [1], [2].

Der Zusammenhang zwischen dem Momenten-Krümmungsverhalten der Querschnitte und dem Verformungsverhalten von eingespannten Stützen kann aber auf einfache Art und Weise an einem Modell untersucht werden (Bild 1). Aus Symmetriegründen können die Ueberlegungen am Kragarm gemacht werden. Das Modell besteht aus nur zwei Elementen, und die Verformungsmöglichkeiten sind beschränkt auf die beiden Federverbindungen 1 und 2. Der am meisten beanspruchte Querschnitt ist bei der Einspannstelle. Dort muss die grösste Anforderung an die Rotationsfähigkeit des Querschnittes gestellt werden. Deshalb soll für die nachfolgenden Ueberlegungen immer von den Krümmungen resp. Verdrehungen θ im Einspannquerschnitt ausgegangen werden. Diese werden bei der Untersuchung der Verformungseigenschaften stetig erhöht. Es handelt sich also um einen verformungsgesteuerten Rechenvorgang.

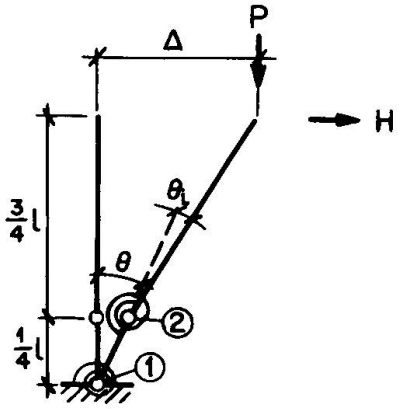

Bild 1: Federmodell

Schon dieses einfache Federmodell zeigt die Wichtigkeit der Elementeinteilung. Vor allem die Länge des untersten Elementes ist von grosser Bedeutung für die Berechnung der Stützenauslenkungen. Diese Elementlänge ist bestimmt durch die Ausbreitung des Fliessbereiches bei der Einspannstelle.

Bild 2 zeigt vier schematische Momenten-Verdrehungsbeziehungen für eine Last p = 0.3. Es stellt sich nun die Frage, welchen Einfluss das verschiedene Materialverhalten auf die Auslenkungskurven hat. Die vier Kennlinien unterscheiden sich nur im Bereich grosser Verformungen nach Ueberschreiten des maximalen Momentes m_u. Dieser Bereich ist für Stahlbeton grossen Streuungen unterworfen und ist stark beeinflusst von der Art und Weise wie die Last aufgebracht wird und von der Anordnung der Armierung. Die getroffenen Annahmen sind sehr extrem und schliessen das wirkliche Materialverhalten ein.

Bild 3 zeigt die maximalen horizontalen Stützenkopfverschiebungen Δ/h für die vier Materialkennlinien in Abhängigkeit der Rotation Θ des Einspannquerschnittes. Bis zum Erreichen des maximal möglichen Einspannmomentes m_u sind die Beziehungen entsprechend der Annahmen für das Materialverhalten identisch. Bei weiterer Verformung im Einspannquerschnitt nimmt das Einspannmoment gemäss Kennlinie a) wieder ab. Da infolge der äusseren Belastung das Moment bei der Einspannung maximal ist, muss auch das Moment im Stützeninnern kleiner werden, was nur möglich ist bei einer Abnahme der Krümmungen. Die Biegelinie streckt sich also bei weiterer Stützenfussverdrehung. Dies führt zu einer verminderten Zunahme der maximalen Auslenkungen. Für einen steileren Momentenabfall gemäss Kennlinie b) ist dieser Effekt noch deutlicher und die Auslenkungen können sogar abnehmen trotz weiterer Verdrehung beim Einspannquerschnitt. Ein horizontaler Momentenverlauf für grosse Verdrehungen gemäss Kennlinie c)

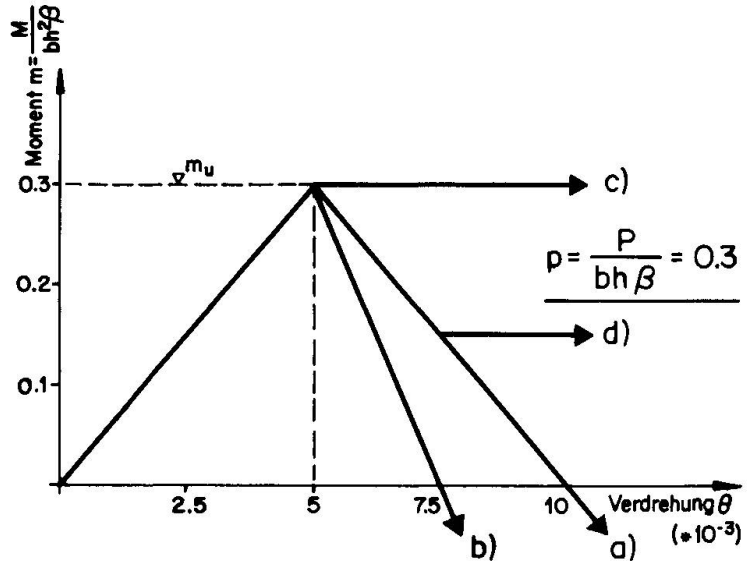

Bild 2: Schematische Momenten-Verdrehungsbeziehung

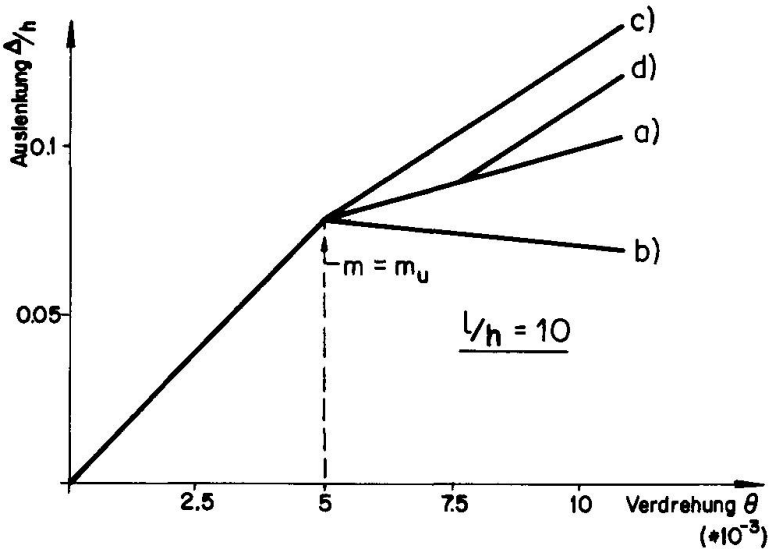

Bild 3: Maximale Stützenkopfverschiebung Δ/h

oder Kennlinie d) bewirkt ein "Erstarren" der Biegelinie. Auch die Momente im Stützeninnern müssen konstant bleiben. Die Stütze verhält sich daher wie ein gekrümmter Pendelstab und dreht sich nur noch um den Einspannquerschnitt. Bei weiterer Stützenfussverdrehung Θ nehmen die Auslenkungen wieder vermehrt zu. Diese unterschiedliche Veränderung der Auslenkungen ist nur möglich durch die Verformungssteuerung bei der Einspannstelle. Wird die maximale Auslenkung Δ/h erzwungen und stetig vergrössert, so muss die Rotation bei der Einspannstelle sprungartig zunehmen. Dieser Vorgang entspricht einem Durchschlagen und ist vergleichbar mit einer "Rutschkupplung", die nach dem Erreichen der Haftreibung plötzlich nachlässt bis die Gleitreibung massgebend wird.

Aufgrund dieser einfachen Ueberlegungen am Federmodell können zusammenfassend folgende Feststellungen über das Verformungsverhalten von eingespannten Stahlbetonstützen gemacht werden:

- Die Momenten-Krümmungsbeziehung ist von zentraler Bedeutung bei der Berechnung des Trag- und Verformungsverhaltens von Stützen.
- Abnehmender Momentenverlauf bei zunehmender Verformung, wie er für Stahlbeton bei grossen Stauchungen vorkommt, bewirkt ein "Strecken" der Stütze und damit eine verringerte Zunahme der Stützenkopfverschiebung bei weiterer Rotation am Stützenfuss.
- Ein horizontaler Ast des Momenten-Krümmungsverhaltens bewirkt ein "Erstarren" der Stütze. Diese biegt sich nicht mehr weiter und dreht sich wie ein Pendelstab nur noch um den Stützenfuss.

Schlussfolgerungen

Umfangreiche Computerberechnungen mit realistischen Annahmen für das Materialverhalten haben die vom einfachen Federmodell abge-

leiteten Schlüsse bestätigt. Die Verformungseigenschaften von Stahlbeton nach dem Erreichen des maximalen Momentes m_u sind grossen Streuungen unterworfen und können nur experimentell erfasst werden. Verschiedene Forschungsergebnisse zeigen zum Teil widersprüchliche Resultate. Immerhin lässt sich daraus ableiten, dass vor allem die Querarmierung die maximal möglichen Stauchungen erheblich erhöht. Es wurden Stauchungen gemessen von mehreren Prozenten ohne wesentlichen Spannungsabfall. Dies führt zu Momenten-Krümmungsbeziehungen, die dem Extremfall c) in Bild 2 sehr ähnlich sind. Die daraus resultierende Duktilität gewährleistet auch bei eingespannten Stützen eine grosse Verformungsfähigkeit. Die maximal erreichbaren Stützenkopfverschiebungen nähern sich damit einer Grössenordnung, die auch für einseitig gelenkig gelagerte Stützen im Bruchbereich liegen. Auf diese Weise sind eingespannte Anschlüsse möglich, die konstruktiv einfach und für die Gesamtstabilität des Tragwerkes günstig sind.

Literaturverzeichnis

[1] Aas-Jakobsen K., Grenacher M.: Berechnung unelastischer Rahmen nach der Theorie 2. Ordnung, Institut für Baustatik, ETH Zürich, Bericht Nr. 45, 1973.

[2] Aas-Jakobsen K., Grenacher M.: Analysis of Slender Reinforced Concrete Frames, IVBH-Abhandlungen, Band 34 I, 1974.

ZUSAMMENFASSUNG

An einem einfachen Modell wird der Einfluss verschiedener Momenten-Krümmungsbeziehungen auf das Verformungsverhalten von eingespannten Stahlbetonstützen diskutiert. Es können einige Schlüsse gezogen werden, die für die Frage der Stützenlagerung bei aufgezwungenen Verformungen von entscheidender Bedeutung sind.

SUMMARY

The influence of different moment-curvature relations on the deformation capacity of reinforced concrete columns with fixed ends is discussed on a simple model. Some conclusions can be drawn which are of great importance for the problem of column support conditions for imposed deformations.

RESUME

A l'aide d'un modèle simple on examine l'influence de différentes relations moment-courbure sur les déformations de colonnes encastrées en béton armé. On en tire quelques conclusions d'une importance primordiale pour les conditions d'appui de colonnes lorsque les déformations sont imposées.