



Doctoral Thesis

Die Anwendung der Bruchmechanik zur Bemessung von Holzbauteilen, untersucht am durchbrochenen und am ausgeklinkten Träger

Author(s):
Pizio, Silvio

Publication Date:
1991

Permanent Link:
<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000601680> →

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](#).

**DIE ANWENDUNG DER BRUCHMECHANIK ZUR BEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN,
UNTERSUCHT AM DURCHBROCHENEN UND AM AUSGEKLINKTEN TRÄGER.**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN

HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

SILVIO PIZIO

dipl. Bau-Ing. ETH

geboren am 20. Dezember 1957
von Heiden, Appenzell-Ausserrhoden

angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. Dubas, Referent
Prof. Dr. Ch. Menn, Korreferent

Zürich 1991

Zusammenfassung

Ausklüngen und Durchbrüche in Holzträgern können deren Tragfähigkeit wesentlich vermindern. Die Ursache dafür sind Spannungskonzentrationen, die im Bereich der erwähnten Schwächungen entstehen. Sie haben wegen der kleinen Schubfestigkeit des Holzes und der noch kleineren Zugfestigkeit senkrecht zur Faser oft ein sprödes Aufreissen in Trägerlängsrichtung zur Folge.

In Rahmen dieser Arbeit wird das Bruchverhalten von Nadelholzträgern mit rechteckigen Durchbrüchen in Trägermitte und von Trägern mit Ausklüngen untersucht, und dies sowohl ohne Verstärkungsmassnahmen wie auch mit Armierung als Verstärkungsmassnahme in den geschwächten Bereichen.

Das Problem des Längsaufreissens wird theoretisch mit Hilfe des Modelles der linear elastischen Bruchmechanik behandelt. Dieses Modell ist deshalb geeignet, weil es sich einerseits um einen ausgesprochenen Sprödbbruch handelt und andererseits damit Spannungssingularitäten, wie sie an Einkerbungen und Rissspitzen entstehen mit Hilfe von Spannungsintensitätsfaktoren quantifiziert werden können. Diese werden hier vor allem mit der Risschliessungsintegralmethode und zum Teil auch mit dem Rice'schen Integral mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente numerisch berechnet.

Die für das Aufstellen des Bruchkriteriums notwendigen bruchmechanischen Materialkennwerte werden in Ergänzung zu bereits vorhandenen Daten durch geeignete Versuche ermittelt. Somit wird eine rechnerische Simulation des Bruchverhaltens ermöglicht, und zwar sowohl für den durch Armierung verstärkten wie auch den unverstärkten Fall.

Die Resultate aus den Modellberechnungen werden mit Versuchsergebnissen verglichen und diskutiert. Das Tragverhalten von Trägern mit Durchbrüchen (mit und ohne Armierung) ist an 31 Brettschichtträgern experimentell untersucht worden. Dabei variierte man die Durchbruchsgeometrie wie auch die Anordnung in Trägerlängsrichtung. Im Falle der Ausklüngen sind die Modellwerte mit Versuchsergebnissen externer Untersuchungen verglichen worden.

Zur Erfassung des oben erwähnten Längsaufreissens der Holzträger wird ein einfaches Verfahren zur Berechnung der Risslast für unverstärkte wie auch für mit Armierung verstärkte Träger mit Ausklüngen und Durchbrüchen vorgeschlagen. Dieses basiert auf dem bruchmechanischen Modell und berücksichtigt die Grösse von Ausklüngen und Durchbrüchen sowie die Anordnung der Durchbrüche in Trägerlängsrichtung.

Summary

Holes and notches in wooden beams can considerably reduce their load-bearing capacity. The cause thereof being concentrated stresses, which lie in the area of the weak points mentioned above. The low shear strength of wood and little tension strength perpendicular to the grain often leads to brittle splitting along the wood grain.

This study deals with the fracture behaviour of beams with rectangular holes in its center as well as beams with rectangular notches at the end. Reinforced beams and beams without reinforcement have been examined.

To solve the problem of the splitting along the grain the theory of the linear elastic fracture mechanics is applied. This model seems to be the most suitable because on the one hand it deals with a very brittle fracture and on the other hand stress singularities which develop at cracks and notches can be quantified by stress intensity factors. These stress intensity factors are numerically calculated with finite elements, primarily by the Crack Closure Integral method and partly by the Rice Integral method.

The fracture toughness of wood, necessary for fracture criteria, has been determined in appropriate tests in addition to existing results. This enables the simulation of fracture behaviour in the reinforced as well as the non reinforced case.

The results of the model-calculations will then be compared with experimental ones and discussed. The behaviour of beams with holes (with and without armaments) under short-term load has been examined on 31 glulam beams (spruce). Thereby the geometry of the holes and their disposition have been varied. In the case of the notches the data of model calculations was compared with experimental results found in literature.

To ascertain the splitting of the wooden beams mentioned above, a simple procedure for the calculation of the fracture load for beams with notches and holes (with and without armaments) is proposed. It bases upon linear elastic fracture mechanics and considers the size of notches and holes as well as the disposition of the holes along the beam length.