



Doctoral Thesis

Design of slender reinforced concrete frames

Author(s):

Aas-Jakobsen, Knut

Publication Date:

1974

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000093352> →

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](#).

DESIGN OF SLENDER REINFORCED CONCRETE FRAMES

Abhandlung

zur Erlangung des Titels eines Doktors
der technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

KNUT AAS—JAKOBSEN

Dipl. Ing. The Norwegian Institute of Technology
geboren am 21. Dezember 1941
von Oslo, Norwegen

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. B. Thürlimann, Referent
Prof. J. Schneider, Korreferent

SUMMARY

The major aim of this investigation was to develop a reliable design method for slender reinforced concrete frames under short- and sustained loads. The two main problems involved were the increase of moments due to the displacements (geometrical non-linearity), and the non-linear material behavior of concrete and steel (material non-linearity).

As a basis for the design method, a method enabling the determination of maximum load capacity of a frame with given sections and reinforcements was outlined. This method was termed a "frame analysis". An arbitrary load history including sustained loads can be considered. The geometrical non-linearity was taken into account in a second order elastic analysis based on the finite element method. The material non-linearity was taken into account in a cross sectional analysis in which the real stress-strain-time relations of the materials were considered. A point on the real load-displacement curve of the frame was defined by the requirements, at all sections, of force equality and strain equality between the assumed elastic frame and the real non-elastic frame.

The maximum load capacity problem and the design problem are to a certain extent dual. In the latter, the loads are given and the cross sections and reinforcements are searched, while in the former cross sections and reinforcements are given and maximum load capacity is searched.

A general design method which agrees with the frame analysis was outlined. Based on given loads and assumed rigidities, the forces and strain distribution in the assumed elastic frame are determined in a second order elastic analysis. In the cross sectional analysis, cross sections and reinforcement are chosen in such a manner that force and strain equality are satisfied at all sections.

The general design method is a theoretical rather than a practical applicable method. A simplified design method which satisfies the practical requirements, was proposed. The simplifications were to partly neglect strain equality, which was considered in two parts, "middle-strain" and "curvature" equality.

The accuracy of the simplified design method was studied. Comparisons with the frame analysis indicated that for frames with additional moments due to the second order effect less than the first order moments, the error in load capacity was less than 10 per cent. The design method gave always re-

sults to the safe side.

The simplified design method was applied to three design examples, namely a tall bridge pier, an arch and a tall building. These examples demonstrate the efficiency of the proposed design method.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer zuverlässigen Bemessungsmethode für schlanke Stahlbetonrahmen unter Kurzzeit- und Langzeitlasten. Die beiden wichtigsten Probleme, die gelöst werden mussten, sind die durch die Verformungen bedingte Vergrößerung der Momente einerseits (geometrische Nichtlinearität) und das nicht lineare Materialverhalten von Beton und Bewehrung andererseits (Nichtlinearität des Materials).

Als Grundlage für die Bemessungsmethode wird eine Methode beschrieben, die die Bestimmung der Traglast eines Rahmens mit gegebenen Querschnitten und Bewehrungen ermöglicht. Diese Methode wird "Rahmen-Analyse" genannt. Es kann eine beliebige Lastgeschichte inklusive Langzeitlasten berücksichtigt werden. Die geometrische Nichtlinearität wird in einer elastischen Analyse 2. Ordnung nach der Methode der finiten Elemente berechnet. In einer Querschnittsanalyse mit den wirklichen Spannungs-Dehnungs-Zeitbeziehungen wird die Nichtlinearität des Materials berücksichtigt. Ein Punkt der wirklichen Last-Verschiebungsbeziehung des Rahmens ist gegeben durch die Forderung der Gleichheit der Kräfte und Verformungen in allen Schnitten sowohl des angenommenen elastischen Rahmens wie auch des zu berechnenden unelastischen Rahmens.

Die Traglastberechnung und das Bemessungsproblem sind in einer gewissen Beziehung dual. Im letzteren sind die Lasten gegeben und die Querschnitte und Bewehrungen gesucht, während in der Traglastberechnung die Querschnitte und Bewehrungen gegeben sind und die maximale Last gesucht wird.

Es wird eine generelle Bemessungsmethode entwickelt, die mit der Rahmen-Analyse übereinstimmt. Mit den gegebenen Lasten und angenommenen Steifigkeiten werden die Schnittkräfte und Dehnungsverteilungen im elastisch angenommenen Rahmen in einer Berechnung 2. Ordnung bestimmt. Die Querschnitte und Bewehrungen werden in der Querschnittsanalyse so bestimmt, dass die Kräfte und Dehnungsverteilungen in allen Schnitten übereinstimmen.

Die generelle Bemessungsmethode ist eher eine theoretische als eine praktisch anwendbare Methode. Es wird für die praktische Anwendung eine vereinfachte Bemessungsmethode vorgeschlagen. Zur Vereinfachung wird teilweise auf die Gleichheit der Dehnungen verzichtet. Die Uebereinstimmung der Dehnungen ist gegeben durch die Gleichheit der mittleren Dehnungen und der Krümmungen.

Die Genauigkeit der vereinfachten Methode wird untersucht. Vergleiche mit der Rahmen-Analyse zeigen, dass für Rahmen mit Momenten 2. Ordnung, die kleiner sind als die Momente 1. Ordnung, die Abweichungen in der Traglast kleiner sind als 10 Prozent. Die Bemessungsmethode gibt Resultate auf der sicheren Seite.

Die vereinfachte Bemessungsmethode wird gezeigt anhand dreier Beispiele, nämlich an einem hohen Brückenpfeiler, einem Bogen und einem Hochhaus. Diese Beispiele veranschaulichen die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Bemessungsmethode.

RESUME

Ce travail a pour but le développement d'une méthode de dimensionnement sûre pour les cadres élancés en béton armé soumis à des charges de courte et de longue durée. Les deux problèmes les plus importants qui ont dû être résolus sont d'une part celui de l'augmentation des moments due aux déformations (non-linéarité géométrique) et d'autre part le comportement non-linéaire du béton et de l'armature (non-linéarité du matériau).

Comme base pour la méthode de dimensionnement on présente un procédé qui permet de déterminer la charge ultime d'un cadre pour des sections et des armatures données. On nomme ce procédé "Analyse de cadres". On peut tenir compte de n'importe quelle forme de charges y compris les charges de longue durée. On calcule la non-linéarité géométrique par une analyse élastique du 2^e ordre selon la méthode des éléments finis. On tient compte de la non-linéarité du matériau dans une analyse de la section avec les relations tensions-allongements-temps réelles. Un point de la relation charge-déplacement réelle du cadre est donné par la condition d'égalité des forces et des déformations dans toutes les sections aussi bien dans le cadre admis élastique que dans le cadre inélastique à calculer. Il existe une dualité entre le calcul de la charge ultime et le problème du dimensionnement. Pour ce dernier les charges sont données et on cherche la section ainsi que les armatures, alors que pour le calcul de la charge ultime, la section et les armatures sont données et on détermine la charge maximale.

On développe une méthode générale de dimensionnement qui concorde avec l'analyse de cadres. Pour les charges données et les rigidités admises on détermine les efforts intérieurs et les répartitions des allongements dans le cadre admis élastique par un calcul du 2^e ordre. Les sections et les armatures sont déterminées dans l'analyse de la section de telle sorte que les efforts et les répartitions des allongements se correspondent dans toutes les sections. La méthode générale de dimensionnement est plutôt théorique que pratique. On propose une méthode simplifiée pour les applications pratiques. Par simplification on renonce en partie à l'égalité des allongements. La concordance des allongements est donnée par l'égalité des allongements moyens et des courbures.

On étudie d'autre part la précision de la méthode simplifiée. Des comparaisons avec l'analyse de cadres montrent que, pour des cadres dont les moments du 2^e ordre sont plus petits que les moments du 1^{er} ordre, les écarts pour la charge ultime sont plus petits que 10 pour-cents.

La méthode de dimensionnement donne des résultats avec une marge de sécurité suffisante.

A l'aide de trois exemples, un pilier de pont élevé, un arc et un bâtiment de grande hauteur, on présente la méthode simplifiée. Ces exemples illustrent l'utilité pratique de la méthode de dimensionnement proposée.