Die Ermittlung des Energieaufnahmevermögens von Konstruktionselementen aus Stahlbeton unter wiederholt aufgebrachter Belastung mittels der Methode der finiten Elemente

Autor(en): **Plauk, Günther**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **14 (1973)**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-14469

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

Die Ermittlung des Energieaufnahmevermögens von Konstruktionselementen aus Stahlbeton unter wiederholt aufgebrachter Belastung mittels der Methode der finiten Elemente

Calculation of the Energy Absorption Capacity of Concrete Structural Members acted on by Defined Repeated Loads by the Finite-Element-Method

La détermination de la capacité d'absorption d'énergie des éléments de construction en béton armé sous l'action de charges répétées au moyen de la méthode des éléments finis

Günther PLAUK
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Berlin, BRD

1. EINLEITUNG

Die Problematik einer theoretischen Ermittlung des Energieaufnahmevermögens ganzer Strukturen liegt in dem zum heutigen Zeitpunkt noch völlig unzureichend erforschten Last-Verformungsverhalten komplexer Tragwerksbereiche, die einer gegebenen wiederholten Belastung ausgesetzt sind, etwa den Verbindungspunkten von Balken und Stützen in Rahmenkonstruktionen. Die Fülle der hier noch offenstehenden Probleme lassen sich durch Versuche allein innerhalb eines kürzeren Zeitraumes nicht lösen. Es wird daher notwendig sein, Rechenverfahren, die besonders zur Feinstrukturanalyse geeignet sind, in verstärktem Maße zur Untersuchung des Energieaufnahmevermögens einer Reihe verschiedener Konstruktionselemente heranzuziehen.

2. METHODEN ZUR ERMITTLUNG VON LAST-VERFORMUNGSBEZIEHUNGEN

Eine Ermittlung von Last-Verformungsbeziehungen für einzelne Strukturbereiche einer Stahlbetonkonstruktion, im weiteren als Konstruktionselemente bezeichnet, kann entsprechend der in Bild 1 gegebenen Übersicht auf analytischem oder experimentellen Wege erfolgen. Für rechnerische Untersuchungen stehen im wesentlichen zwei Verfahren zur Verfügung, nämlich Rechenverfahren [1-5], denen weitgehend die Annahmen der Balkentheorie zugrunde liegen, und die Methode der finiten Elemente [6,8]. Die finite Elementmethode besitzt gegenüber allen anderen Berechnungsverfahren den Vorteil, allgemein ohne Einschränkungen anwendbar zu sein. Es lassen sich mit dieser Methode die Last-Verformungsbeziehungen sämtlicher interessierender Konstruktionselemente für jede gewünschte Wahl der Einflußparameter berechnen. Die bisher in diesem Zusammenhang auf theoretische Untersuchungen angewendeten Verfahren nach der Balkentheorie haben hingegen einen stark begrenzten Anwendungsbereich.

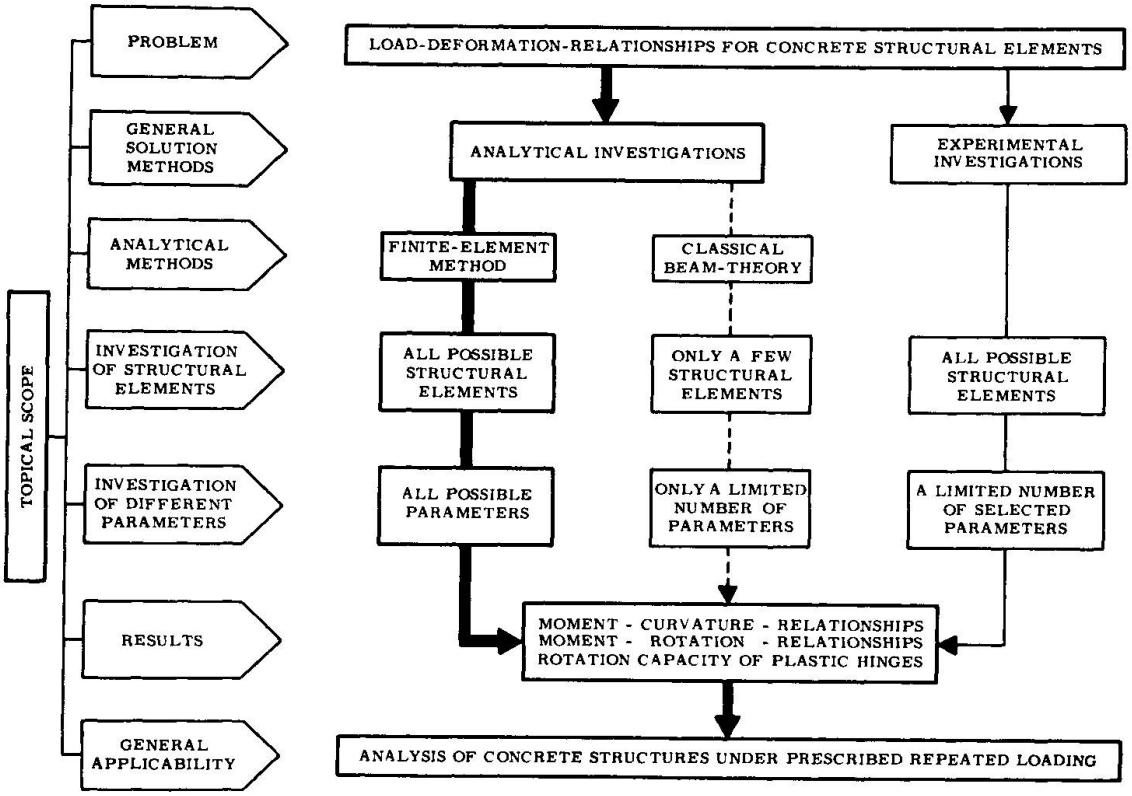

Bild 1: Methoden zur Ermittlung von Last-Verformungsbeziehungen

3. KRITERIEN ZUR AUSWAHL EINES GEEIGNETEN RECHENVERFAHRENS

Die Auswahl eines geeigneten Rechenverfahrens für die erforderlichen theoretischen Untersuchungen kann an Hand der in Bild 2 aufgeführten Kriterien weitgehend vorgenommen werden. Eine analytische Ermittlung des Last-Verformungsverhaltens wiederholt belasteter Konstruktionselemente kann nur zu wirklichkeitsnahen Resultaten führen, falls das zum Einsatz gelangende Rechenverfahren die im folgenden genannten Bedingungen weitgehend erfüllt.

Das einer Berechnungsmethode zugrundeliegende mechanisch-mathematische Modell muß eine wirklichkeitsnahe Spannungs-Verformungsberechnung des zu untersuchenden, im allgemeinen Fall räumlichen Konstruktionselementes ermöglichen. Ein durch geometrische Idealisierung gewonnenes Rechenmodell sollte dem Originalbauteil in allen wesentlichen Bestandteilen entsprechen. Die Spannungs-Verformungsermittlung von Konstruktionselementen, die bis an die Grenze ihrer Trag- oder Verformungsfähigkeit beansprucht werden, erfordert die Einbeziehung nichtlinearer Werkstoff- und Verbundgesetze in die Berechnung. Es muß weiterhin möglich sein, die Rißbildung und örtliche Zerstörung des Betons und des Verbundes durch die Rechnung zu erfassen.

Die Methode der finiten Elemente erfüllt die genannten Anforderungen weitgehend und ohne wesentliche Einschränkungen. Es kann daher mit diesem Verfahren eine realistische Ermittlung des Energieaufnahmevermögens komplexer Konstruktionselemente durchgeführt werden.

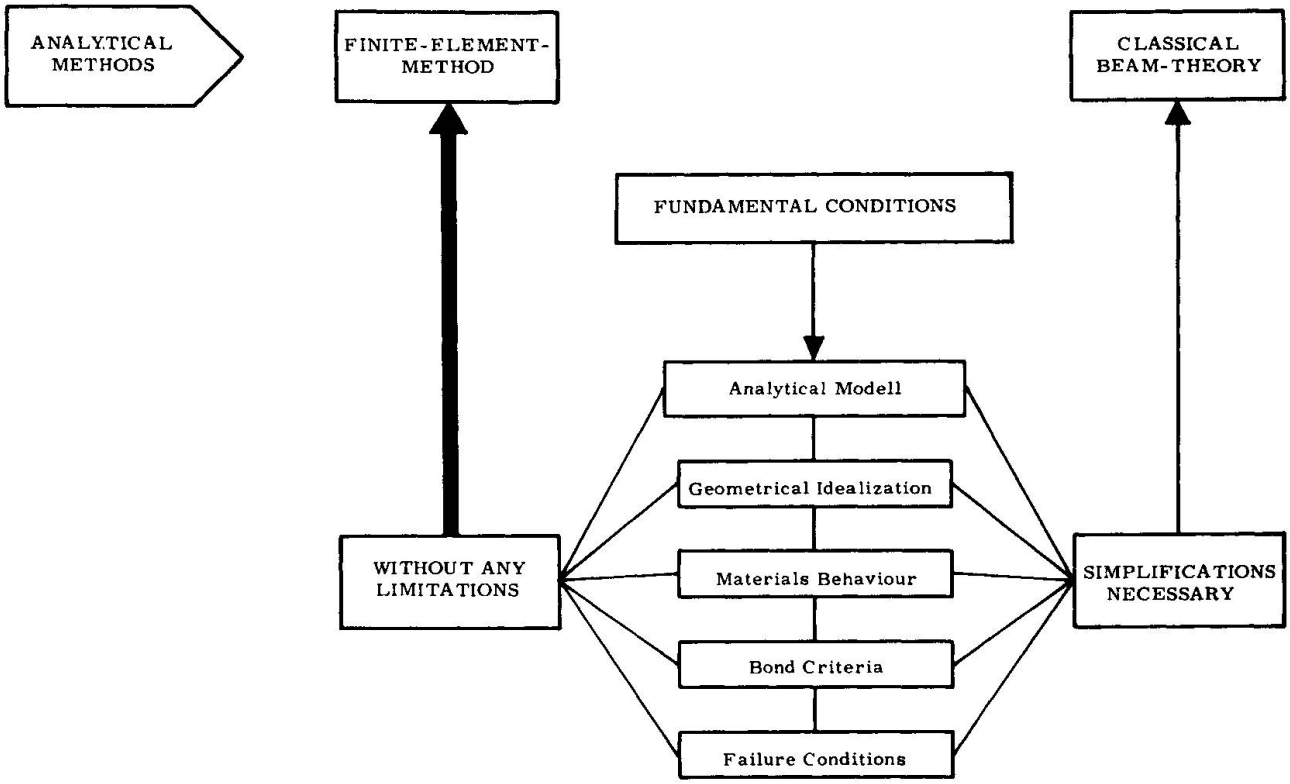

Bild 2: Kriterien zur Auswahl geeigneter Rechenverfahren

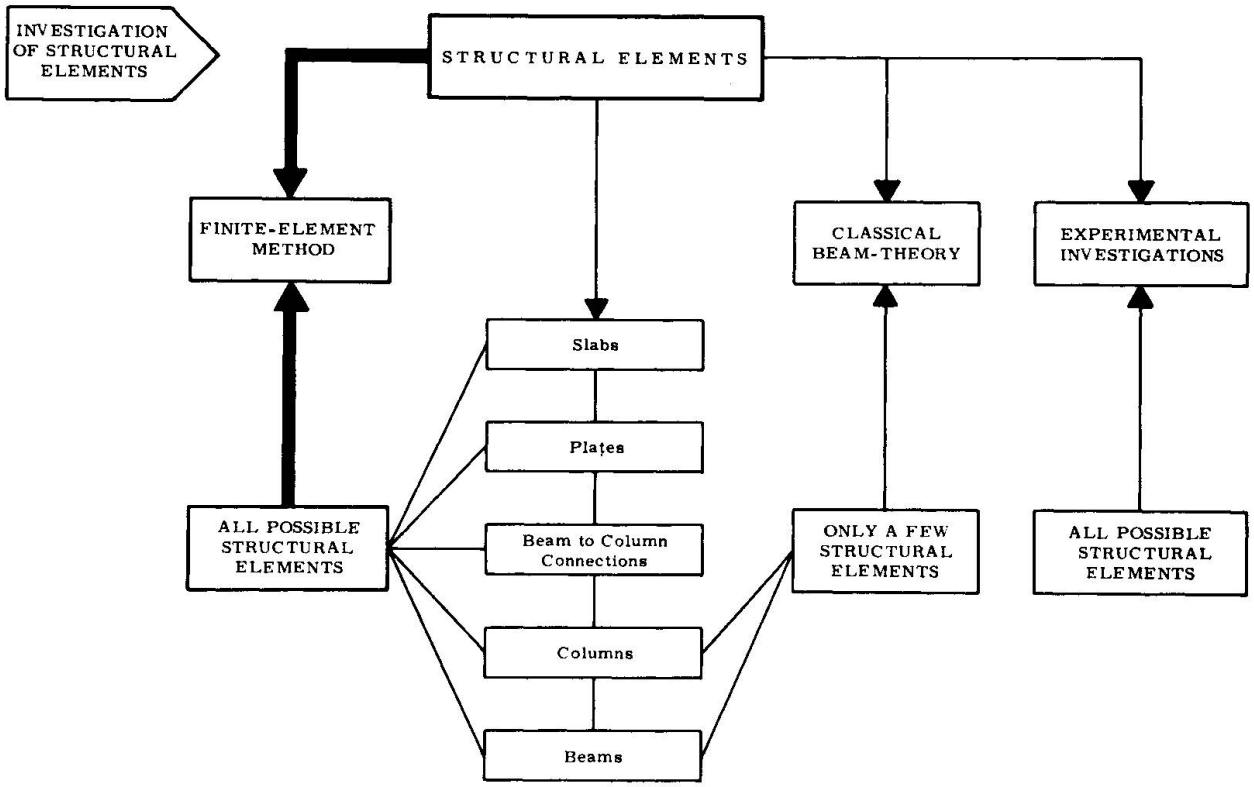

Bild 3: Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens von Konstruktionselementen

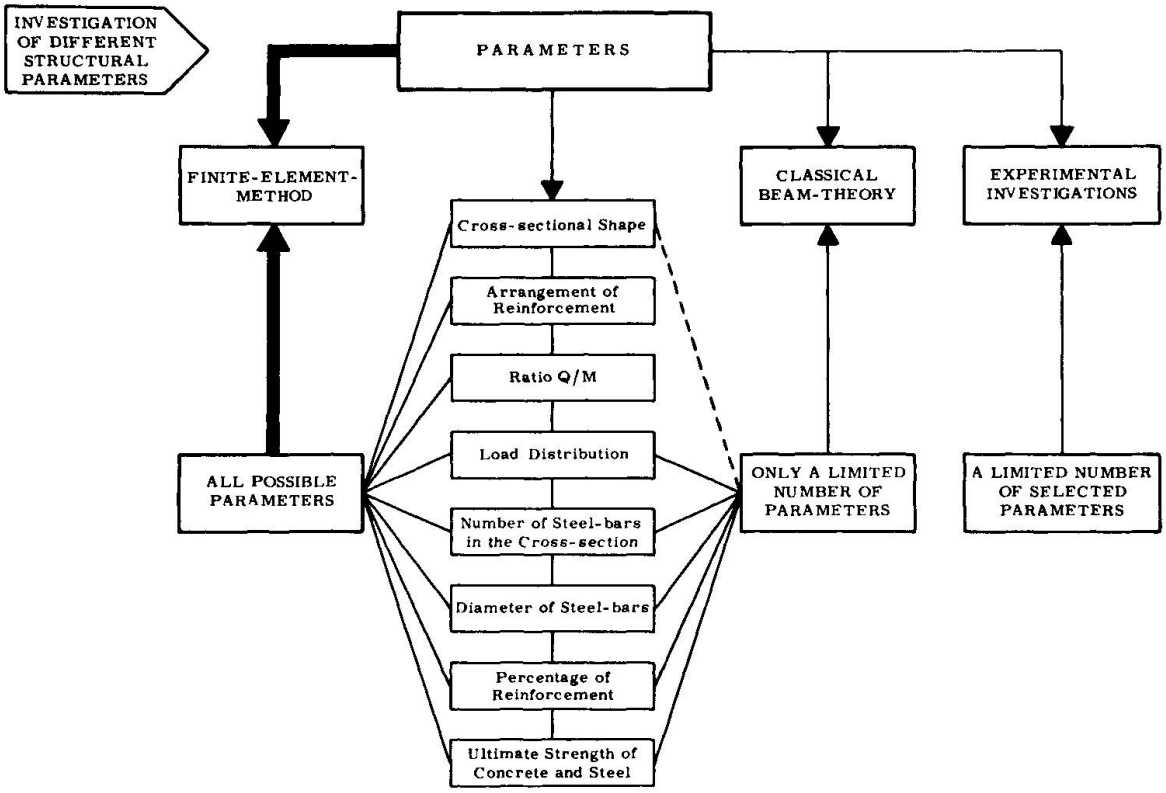

Bild 4: Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens in Abhängigkeit verschiedener Einflußparameter

4. UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENARTIGER KONSTRUKTIONSELEMENTE

Zu untersuchen ist das Energieaufnahmevermögen einer Reihe verschiedenartiger Konstruktionselemente, aus denen eine Stahlbetonkonstruktion zusammengesetzt gedacht werden kann. Aus Bild 3 ist zu entnehmen, daß hier die Methode der finiten Elemente universell einsetzbar ist, und insbesondere die Last-Verformungsbeziehungen räumlicher Kreuzungspunkte, z.B. die Verbindungsstellen von Unterzügen und Stützen in Rahmenkonstruktionen, untersucht werden können. Die Balkentheorie kann hier lediglich zur Ermittlung von Momenten-Krümmungsbeziehungen stabförmiger Bauelemente eingesetzt werden [1-5].

Verschiedentlich wurde die Methode der finiten Elemente bereits zur Erforschung grundlegender Zusammenhänge im Stahlbetonbau angewendet. Die Untersuchungen konzentrierten sich jedoch bisher im wesentlichen auf die Spannungs-Verformungsermittlung in Stahlbetonbalken und -Rahmen [7,9-12].

5. UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENARTIGER EINFLUßPARAMETER

Für die verschiedenartigen Konstruktionselemente sind die Last-Verformungsbeziehungen abhängig von einer ganzen Reihe von Parametern, von denen die wichtigsten in Bild 4 aufgeführt sind. Bei der Durchführung der Untersuchungen mit der Methode der finiten Elemente kann eine Berechnung für jede beliebige Kombination dieser Parameter durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu können bei einer Berechnung nach der Balkentheorie selbst bei der Betrachtung stabförmiger Bauteile wesentliche Einflußgrößen nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt werden.

LITERATUR

[1] Ferry-Borges, J.; Arantes e Oliveira, E.R.:
Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Structures.
Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau,
Vol. 23, S. 51-70 (1963)

[2] Rao, P.S.:
Die Grundlagen zur Berechnung der bei statisch unbestimmten Stahlbetonkonstruktionen im plastischen Bereich auftretenden Umlagerung der Schnittkräfte.
Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, H. 177 (1966)

[3] Yamada, M.; Kawamura, H.:
Elasto-plastische Biegeformänderung der Stahlbetonsäulen und -balken (einseitige Biegung unter Axiallast).
IVBH Vol. 28-1, S. 193-220 (1968)

[4] Beck, H.:
Der Zusammenhang zwischen Biegemoment und Krümmung für den Stahlbeton-Rechteckquerschnitt.
Stahlbetonbau, Berichte aus Forschung und Praxis, Festschrift Rüsch
Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1969

[5] Priestley, M.J.N.; Park, R.; Lu, F.P.S.:
Moment-curvature relationships for prestressed concrete in constant-moment zones.
Magazine of Concrete Research, Vol. 23, No. 75-76, pp. 69-78 (1971)

[6] Zienkiewicz, O.C.:
The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics.
McGraw-Hill Ltd. London 1967

[7] Nilson, A.H.:
Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete by the Finite Element Method.
Journal of the ACI Vol. 65, No. 9, p. 757-766, Sept. 1968

[8] Zienkiewicz, O.C.; Villiappan, S.; King, I.P.:
Elasto-Plastic Solutions of Engineering Problems "Initial Stress", Finite Element Approach.
International Journal for Numerical Methods in Engineering Vol. 1, p. 75-100 (1969)

[9] Franklin, H.A.:
Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Frames and Panels.
SESM Report No. 70-5, University of California, Berkeley, March 1970

[10] Saugy, B.; Zimmermann, Th.:
Analyse nonlinéaire des structures massives.
Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics No. 292 Avril 1972

[11] Eifler, H.; Plauk, G.:
Zwei Verfahren zur Berechnung der Drehfähigkeit plastischer Gelenke in biegebeanspruchten Stahlbetonkonstruktionen.
Materialprüfung Bd. 14, Nr. 8, S. 256-259, Aug. 1972

[12] Yuzugullu, O.; Schnobrich, W.C.:
A numerical procedure for the determination of the behavior of a Shear Wall Frame System.
Journal of the ACI Vol. 70, No. 7, p. 474-479, July 1973

ZUSAMMENFASSUNG

Zweck dieses Beitrages ist es, aufzuzeigen, dass eine theoretische Untersuchung des Energieaufnahmevermögens wiederholt belasteter Konstruktionselemente aus Stahlbeton ohne jegliche Beschränkungen mit der Methode der finiten Elemente möglich ist. Dieses Rechenverfahren ist in besonderem Masse dazu geeignet, das Last-Verformungsverhalten einer Reihe verschiedenartiger Konstruktionselemente - Balken, Stützen, Knotenpunkte usw. - in Abhängigkeit aller wesentlichen Einflussparameter - Belastung, Bewehrungsführung, Bewehrungsprozentsatz usw. - zu ermitteln.

SUMMARY

The purpose of this contribution is to show that the theoretical investigation of the energy absorption capacity of concrete structural members acted on by defined repeated loads can be well performed by the Finite-Element-Method.

The load-deflection behavior of various structural members - beams, columns, beam to column connections etc. - which is depending on essential influencing parameters - load-distribution, arrangement of reinforcement, percentage of reinforcement etc. - can be calculated by this method.

RESUME

La présente contribution a pour but de démontrer la possibilité de mener une étude théorique sans aucune restriction par la méthode des éléments finis concernant la capacité d'absorption d'énergie d'éléments de construction en béton armé soumis à des charges répétées.

Cette technique de calcul se prête particulièrement à la détermination du comportement charges-déformations d'une série d'éléments de construction différents - poutres, appuis, assemblages etc. - en tenant compte de tous les paramètres d'influence essentiels tels que charge, position des armatures, pourcentage d'armature etc.