

Die Komplementärmethode: ein neues Verfahren in der dynamischen Boden-Struktur- Interaktion

Doctoral Thesis

Author(s):

Szczesiak, Tadeusz

Publication date:

1996

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001658970>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH Nr. 11707

DIE KOMPLEMENTÄRMETHODE: EIN NEUES VERFAHREN IN
DER DYNAMISCHEN BODEN-STRUKTUR-INTERAKTION

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
TADEUSZ SZCZESIAK
Dipl. Arch. TH Warschau, Dipl. Bau-Ing. ETH
geboren am 7. März 1960
aus Warschau, Polen

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. H. Bachmann, Referent
Prof. Dr. M. Sayir, Korreferent
Dr. B. Weber, Korreferent

1996

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wird eine neue Methode zur Berechnung der dynamischen Steifigkeitsmatrix für einen Halbraum mit einer prismatischen Vertiefung vorgestellt, die sowohl zur Lösung von Problemen der Boden-Struktur-Interaktion wie auch zur Bestimmung der seismischen Bodenbewegungen am Rand der Vertiefung (Lösung des "Scattering" Problems) im Frequenzbereich angewendet werden kann. Mit Hilfe der neuen Methode kann auch der Erdbebeninput entlang des Fußes einer Bogenmauer bestimmt werden.

Die Grundidee der neuen Methode, im weiteren Komplementärmethode genannt, basiert auf einer Zerlegung des betrachteten Systems in zwei Teilsysteme, die einfach zu berechnen sind. Die gesuchte dynamische Steifigkeitsmatrix des Halbraumes mit einer Vertiefung wird als Differenz der Steifigkeitsmatrix für den Vollraum und der Steifigkeitsmatrix für den Halbraum mit einer Erhöhung ermittelt. Die Bestimmung der Lösungen für die Teilsysteme mit Hilfe der dynamischen Einflußkoeffizienten entspricht der Anwendung einer vereinfachten indirekten Randelementmethode.

Die Berechnung der dynamischen Einflußkoeffizienten ist ein wichtiger Bestandteil der Komplementärmethode dar. Aus diesem Grund wurde ein neues semi-analytisches Verfahren entwickelt. Dieses Verfahren, das analytisch integrierbare Approximationen benutzt, erlaubt eine effiziente und genaue Berechnung für Systeme mit oder ohne Materialdämpfung.

Bei der Berechnung mit der Komplementärmethode wird nur der Rand der Vertiefung und ein kleiner Teil der Oberfläche des Halbraumes beiderseits der Vertiefung diskretisiert. Die sehr wichtige Wellenabstrahlung an der Oberfläche des Halbraumes wird beim Teilsystem "Halbraum mit Erhöhung" exakt erfaßt.

Eine sehr effiziente Variante der Komplementärmethode ergibt sich, wenn die Vertiefung kreissegmentförmig ist. In diesem Fall müssen nur wenige Einflußkoeffizienten berechnet werden. Eine beliebige Form der Vertiefung kann durch Ergänzung mit Finiten Elementen modelliert werden.

Die betrachteten Anwendungsbeispiele umfassen Boden-Struktur-Interaktionsprobleme und zweidimensionales "Scattering". Es wird eine Staumauer, die auf einem viskoelastischen Halbraum fundiert ist, und ein mit Sedimenten gefülltes Tal, untersucht. Weitere Beispiele zeigen die Bodenbewegung am Rand eines halbkreisförmigen bzw. kreissegmentförmigen Tales, verursacht durch einfallende P -, SV - und Rayleigh-Wellen. Die Ergebnisse der Berechnungen mit Hilfe der Komplementärmethode stimmen mit den exakten analytischen Lösungen und den Angaben aus der Literatur sehr gut überein

SUMMARY

A new method called the Complementary-Domain Method is presented in this work. This method can be used to evaluate the dynamic stiffness matrix of a two-dimensional halfspace with a canyon. The method can be applied to interaction problems and to the scattering of waves on the canyon. In particular, the method can be used to determine the earthquake input along the dam-foundation interface of an arch dam.

The proposed method is based on a relatively simple engineering approach. A halfspace with a canyon can be considered as a fullspace from which the complementary domain (a halfspace with an elevation) is “subtracted”. Therefore the problem of finding the stiffness matrix of a halfspace with a canyon can be separated into the two subproblems of a halfspace with an elevation and a fullspace. These two subproblems can more easily be solved than the original problem using a simplified indirect Boundary Element Method.

The dynamic stiffness matrices for the two subproblems are determined using dynamic flexibility influence coefficients. The new semi-analytical method was developed to make the calculation of these coefficients more efficient and accurate than when using standard methods. Special approximating functions are used, which can be integrated analytically. The method also works for zero material damping.

In the Complementary-Domain Method only the surface of the canyon and a very small portion of the surface of the halfspace have to be discretised. The very important energy transport on the surface of the halfspace is exactly modelled in the subsystem “halfspace with elevation”.

A regular geometry of the canyon makes the Complementary-Domain Method very efficient because the number of dynamic influence coefficients required is reduced significantly. The geometric restriction is not a problem as the canyon can be filled with finite elements to fit an arbitrary shape.

Two examples of soil-structure interaction in the frequency domain are presented: a gravity dam on a viscoelastic halfspace and a canyon filled with soft soil. The dynamic excitation is given by the dynamic force applied to the structure and by incident waves (earthquake input). Other examples show the displacements on the surface of a circular canyon for incident P - SV - and Rayleigh waves. For cases documented in the literature the results compare well.