

EL USO DEL METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO EN EL CALCULO DINAMICO DE PROBLEMAS AXISIMETRICOS.

Emperador, J.M. †; Dominguez, J. ††

S.7.S. Ingenieros : Serials de Las Palmas
 : tra lei : entro s/n (afira 3a:a), 35017 tas ?al=as :e ...
 tt s.:s. Ce ::lgnir::s : dt!s":r!al es :!eSevi:la
 :,,;en::!2ei:::a) ercedes s/n, 410!2 Sevilla.

Resumen. - **S:** o jeti'lc je es:a
 comunicaci3n es :ostrar la ::exi i:i:lad
 :le: dto:lo le :os E=e=entos :e Co torno
 para a cr:lar e: ci:: :o :le :as
 :.pe:lancias !:ni=icas :le ci entaciones
 r!gidas ... :!:=Q:-!a :le revo:uci3n
 e=e i:las en :ed::s omog6necs y
 es:raticaf:los. Ale=as :le presentar :a
 fcr=:aci n !esarrr::a:la. el =, o:lo se
 aplica al caso de e:me t ac: :les
 semiesf6ricas poniendoe le a:f:es:o
 cier::s aspect:s !es co=pcrtamien:o y
 :a :n::encia e :os diferentes
 fac:cres s: re :.as.!!l. J.lice je
 ... á.icas :á:as :.!!l. J.lice je
 a=crtig a=:entc y rig:dez relativa ?9
 :a ase para e: caso le terrenos
 es:raticadcs e :ipc i:apa. Les
 res :a:lcsc ten::lcs se ::=paran con
 :es :le ::res a :cres.

Abstrac:t.- The objctive of this papar
 is to show the flexibility of the
 B.E.M. fer calculation of the dynamic
 impedances cf axisymmtric rigid
 :oundations in homogeneucs and layered
 media.

Beside introducing the below
 fcrmlulation the ethod is applied to
 the case of hemispherical foundation in
 crder to show cartain aspects of its
 behavior and the influencia of different
 factcrs upen dynamical impedances such
 as intarnal soil damping and relativa
 rigidity of the base in the case of two
 layered media.

The results are co pared with those
 o! other au hors.

1• INTR. COUCCI ON

n :es J:::=:s a?cs. el Métcco je
 :os E=e=entcs :le :entorno se ha
 ti:::zad para el cálc lc de las
 :pedancias :iná icas de ci=entaciones
 r!gidas con ariada tipclogia y
 s s!er.taias en !iferentes odelcs da
 terreno. as pri eras aplicacienes del
 método datan e f:ales e la decada
 ar.e- r :::,l, pa!""a =.imen-tacines
 recta gulares s:::a an semiespacio
hor:cgeneo. Alal"=.in at al ••• ,/2/
 trataren a: =is o problema mediante un
 ódelo bidi=ensional. Abascal /3/
 extendió el estu:lio al caso ?9
 :i=entaciones caadradas. con mócelos i
 y tridimensionales y dentro del primero
 de al:cs :onte=pl6 terrenos con
 estratificaci3n cualquiera. Cano /4/
 Alarc3n. Dominguez y Gomez-Lera /5/
 aplicaron el M.E.C. a cimentaciones
 superficiales r!gidas axilsim,tricas en
 suelos hcmog6neos y estratificados

horizontalmente. Emperador y Dominguez.
 16/ y /7/, extienden la formulaci3n
 anterior a ci entaciones embebidas en
 terrenos del mismo tipo que les autores
 anteriores. Todas estas publicaciones
 abordan el problema suponiendo que la
 excitaci3n es arm3nica y presentan
 ?alores de las impedancias en funci3n
 de la frecuencia.

El Método de los Elementos de
 Contorno resulta muy adecuado para la
 resoluci3n de este tipo de problemas ya
 ue por una parte permite el estudio
 del mismo con sólo discretizar su
 superficie reduciendose su dimensi3n en
 un orden y por otra los medios no
 acotados, como el suelo, r.o precisan
 contorno de cierre ya que se satisfacen
 las condiciones de radiaci3n y
 regularidad. ?ara abordar este tipo de
 problemas se han u ilizado otros
 métodos analíticos, semianalíticos y
 numéricos, con alguno de los cuales se

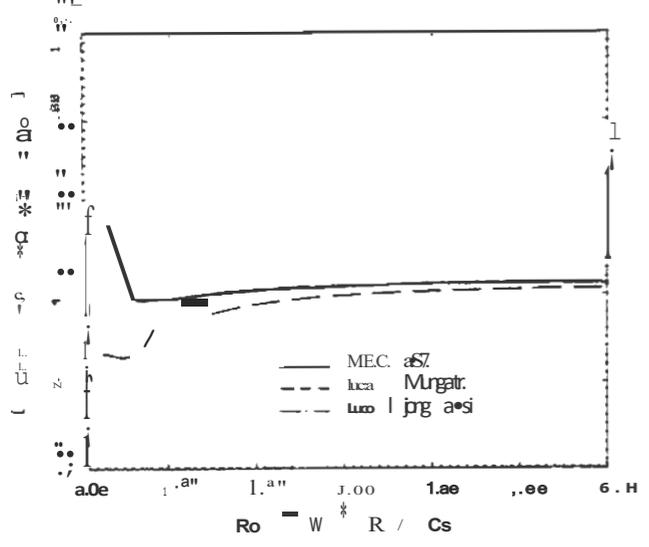
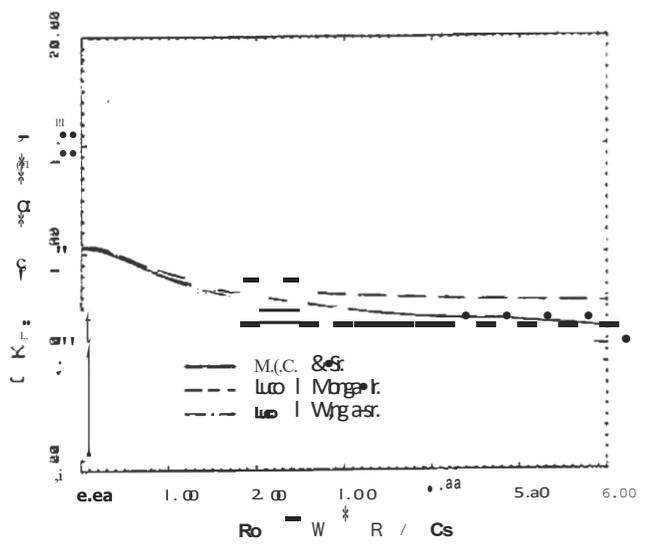


Fig. -2b Impedancia de Torsión en un semiespacio homogéneo

Como puede verse en las figuras aparece ante nosotros un comportamiento fundamentalmente elástico en la parte real de la impedancia. Es esto debido a la extrapolación realizada a fin de comparar los resultados obtenidos por el M.E.C. y una solución exacta obtenida por Luco y Hrg para la impedancia de torsión, en la que se observa la coincidencia de ambas gráficas en todo el rango de frecuencias estudiado.

La solución del M.E.C. con simetría de revolución presenta para valores del amortiguamiento bajos una oscilación de los valores de las impedancias a frecuencias bajas y altas, que se incrementa a medida que disminuye el valor del parámetro. A fin de evitar esta oscilación indeseada se ensayaron diversos tipos de discretizaciones.

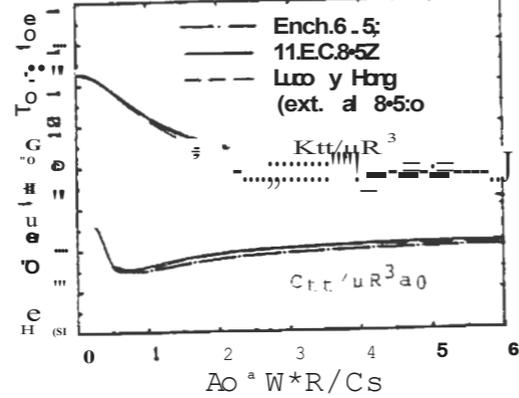


Fig. -3 Impedancia de Torsión cimentación semiesférica en un semiespacio

variándose tanto el tamaño de los elementos como el valor de la distancia A. Esto nos manifiesta la gran influencia de la cantidad de suelo libre discretizada lo que puede indicar la existencia en el modelo de ondas elásticas distintas de las P y S, tales como las de Rayleigh, cuando no están recogidas implícitamente en la formulación implementada. El hecho de utilizar un amortiguamiento del orden del 5% no es una limitación excesivamente importante ya que la práctica totalidad de los materiales reales son amortiguados.

4. SUELO ESTRATIFICADO

Cuando el terreno no puede ser modelado correctamente por un semiespacio homogéneo de acuerdo a las características inherentes al mismo estratos de potencias y materiales diferentes o bien interesa simular una rigidización progresiva con la profundidad, es conveniente disponer de métodos que permitan el empleo de estos modelos de suelo.

A continuación se presenta la aplicación del M.E.C. axisimétrico al cálculo de las impedancias de cimentaciones semiesféricas en medios bicapa. En este caso se recurre a discretizar la interfase entre estratos por medio de elementos de contorno además de los necesarios para modelar el semiespacio homogéneo.

El estrato superior se asienta sobre un medio deformable más rígido. El parámetro que cobra importancia es la rigidez relativa de ambos estratos, R_{es} que está dado por la relación de las velocidades de propagación de las ondas S. $R_{es} = C_{s2}/C_{s1}$. Se presentan a continuación Fig. 4a y 4b, las impedancias correspondientes a los movimientos verticales y de torsión de una cimentación semiesférica embebida en un estrato de características idénticas a las del semiespacio

del ejemplo anterior y con una potencia relativa $H/R=2$, sustentado sobre un semiespacio cuya rigidez transversal se varia lo necesario para obtener unos valores de $R_{es}=2, 4, 100$. Este último con objeto de simular una base rígida utilizada en los modelos de E.F.

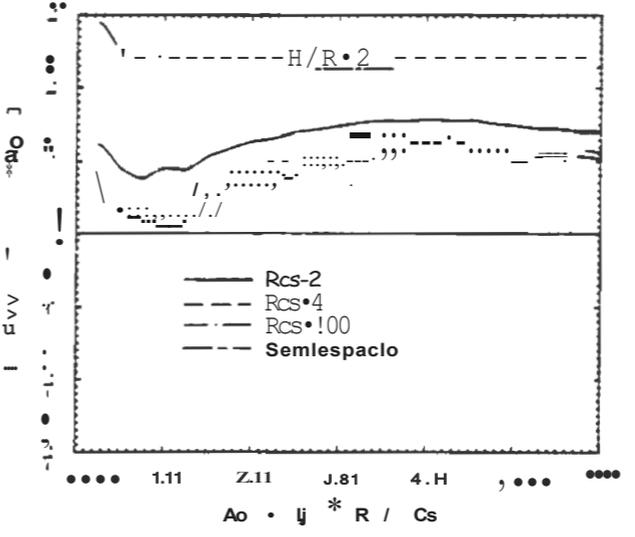
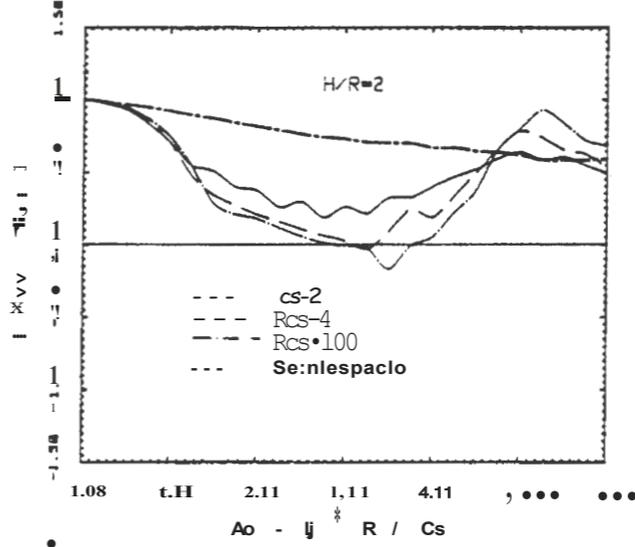


Fig. -4a Impedancia Vertical. medio bicapa

En las figuras se han incluido las gráficas obtenidas para el semiespacio, normalizadas por la rigidez estática a efectos de comparación debido a que los autores no han encontrado en la literatura resultados equivalentes con los que poder contrastar.

Del análisis de las figuras se puede afirmar que el comportamiento de la cimentación en este caso difiere notablemente del que presenta en el apartado anterior. La impedancia correspondiente al movimiento de sólido rígido vertical presenta una marcada variación con la frecuencia, tanto en su parte real como en la imaginaria, con picos y valles asociados a las diferentes frecuencias propias del estrato. Los valores del coeficiente de

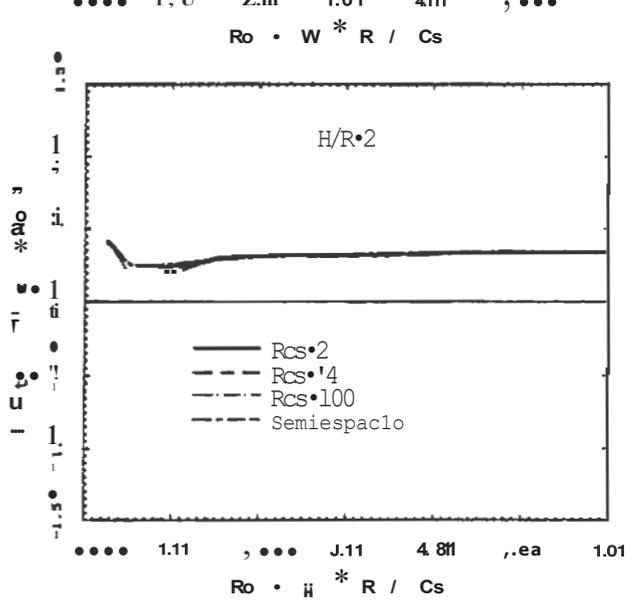
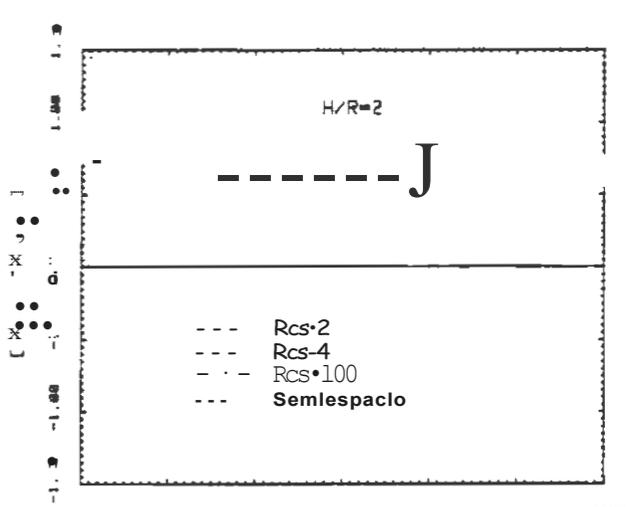


Fig. -4b Impedancia de Torsión. medio bicapa

amortiguamiento toma valores inferiores a los del semiespacio, creciendo estos a medida que decrece R_{es} , lo que indica una mayor extracción de energía del modelo cuanto más deformable es la base. En cuanto a la parte real se observa como se incrementa el valor absoluto de los picos y un mejor ajuste de los mismos a las frecuencias citadas a medida que se incrementa el valor de R_{es} . Para el valor inferior de éste último parámetro se observa como en la parte real de la impedancia, aparecen unas oscilaciones las cuales no pueden asociarse a ninguna frecuencia propia de estrato correspondiente a las ondas P y S que tienden a desaparecer cuando se incrementa la rigidez de la base lo que hace pensar de nuevo la existencia dentro del modelo de ondas distintas a las ya mencionadas que influyen en el comportamiento de la cimentación.

La impedancia de torsión presenta una variación muy suave con la frecuencia superponiéndose tanto la parte real como la imaginaria sobre la

gráfica d: iliedio homogéneo siendo por
ello ir:relevante la influencia de la
íjidez relativa ya que para este tipo
de ovimiento tan solo influyen las
ord.as SH..

5. CONCLUSIONES

Esta co unicaciér. pretende mostrar
la potencia y !flexibilidad del Metodo
de los S!ementos de Contorno con
simetría de revolución a la resolucién
de algunos problemas elastcdinámicos y
en particular ~~se~~ ha aplicado al cálculo
de las i:pedancias dinámicas de
cimentacicres semiesféricas embebidas
en suelos tanto homogéneos como
estra"ificajos, este mismo método había
sido utilizado previamente /7/ para el
case de cimentaciones cilíndricas.

Los rrs:..ados obtenidos se han
co paradc 2at:s!actoriamente con les de
c:,cs a:..tores que emplean iliétcds de
resolución diferentes. Se ha incluido
n estudie de la influencia de la
rigidez relativa del semiespacio
soporte. : método propuesto presenta
no o:s ante ciertas limi:acicnes en
c:..anto al [::dice de a ortiguamiento a
tilizar accnsejandose no bajar je un
valor en torno a un 3 5 para las
apl:..cacio es practicas del mis=0.

6, REFERENC:.\S

1. :ouinguez. J., "Oyna:nic Stiffnes of
Rectangular F"cl...=ations... Research
epor R78-20, Oept. Civil !ng..M.I.T.,
Cambr:..dge,)iass .. :.. 78
2. Alarcón, E., Dominguez. ;. y Del
caño. F.. "'Dynamic Stif!rness of
Fou:..da'ticns'!. sw)evel:..pr:ent in s:..-t.,
Edit: c. 3rebbi a. CML ?ublications,
1980.
3. Abasca.l. ?. , "Es":udi 29 Problemas
Dinám:ccs en Interacció n suelo-
estructura por el Métcdc de les
!lamentos de Contorno", Tesis Doctoral.
lJhi:.. de Sevilla, 1984
- 4, Cano, J.J. "Calculo de impedancias
:iina:nicas :ca zapatas circulares rígidas
en terrenos estratificados con
amortiguamiento histerético", Tesis
Doctoral. Univ. Pol. Valencia. 1985.
5. Gcmez- era. s., Dcminguez. J. y
Alarcón. E. "On the Use of 3-D Funda
mental Solutions fer Axysymmetric
Steady State Dynamic Problems". ?roe.
7th !nt. Conf. en B.E.M., Sprlnger -
Verlag, 1985
6. Emperador, J.M. y Dcminguez,
J., "Cálculo de impedamcias dinamicas de
cimentaciones axisimetricas embebidas
en el terreno", Anales de !ngenieria
Mecanica, Año S.No. 1, :.987
7. Emperador. J.M. "El Metodo de los
Elementos de Contorno en problemas
elastodinámicos con simetría de
revolución", Tesis Doctoral, Univ. Pol.
de Canarias, 1988

8. Kermanidis, i'.A., "Numer:cal
Solutions of Axia:ly Sy met:ica:
Elasticity Probleos", Jcur. cf Se:ids
and S:tructures. ' ./ol.11.p.493, 1975
9. Cruse, '!'.A., Snow. O.A. y 'Hilson,
R.B., "Numerical Sclutions in
Axisymmetric Elasticity", Computar &
Structu:-es, Vol. 7,p.445, 1977
10. Wilson, E.. " Structural Analys of
Axisymmetric Solids", AIAA Journal,
Vol. 3. No 12, 1965.
11. Luco. J.E. y Wong, H.L., "Respcnse
cf Hemispherical foundations Embeded in
Half-space;I.Jcur. Eng. ech. ASCE, Vol.
112, No. 12, pp. 1363-1374. 1986
12. Luco. J.E. "'iorsicnal Response f:ca
SH Waves: the case of Hemispherical
Fcundations", Bull. Seism. Scs. Am. 65,
pp. 1:J9-129, 1975