

INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN PROPAGACIÓN DE ONDAS COMO MÉTODO DE AUSCULTACIÓN DE CIMENTACIONES EXISTENTES

SOIL-STRUCTURE INTERACTION ON THE WAVE PROPAGATION FORMULATION USED AS A METHOD FOR INVESTIGATING EXISTING FOUNDATIONS.

F. CONSUEGRA¹, C. MARULANDA²

¹ Director Edificaciones y Puentes, INGETEC, Bogotá, fabianconsuegra@ingetec.com.co

² Vice-Presidente Técnico, INGETEC, Bogotá, marulanda@ingetec.com.co

Resumen

Un modelo realista de una cimentación ha de incluir tanto la estructura como el suelo circundante, porque ambos determinan el comportamiento del sistema. Una carga impulsiva o de corta duración sobre un sistema mecánico, es capaz de superar niveles de ruido ambiental que dificultan observaciones experimentales. Dicha carga, además, se puede representar mediante teoría de propagación de ondas de forma eficiente en términos de formulación y exactitud, en comparación con formulaciones tradicionales como la modal cuya precisión depende del número de modos considerados. Este artículo resume un método aplicado para identificar la cimentación de un puente mediante mediciones de impacto en bajas deformaciones contrastadas con modelos de propagación de ondas. Se usó una formulación matemática en que las ecuaciones fueron escritas en el dominio de la frecuencia por su ventaja de forma compacta y elegante. En el puente investigado se hicieron excavaciones profundas para confirmar la fidelidad del método propuesto mediante observación visual. Este artículo contiene los resultados obtenidos que prometen ser una alternativa viable y ágil en la investigación de la infraestructura antigua en Colombia, en que la necesidad de auscultación de su cimentación para repotenciar y extender su vida útil a la luz de cargas de la nueva normativa, es tan evidente como la dificultad de hacer excavaciones para observación directa a causa de la ausencia de planos originales de construcción.

Palabras clave: Propagación de ondas; interacción suelo-estructura; auscultación de cimentación; estructura antigua; prueba de impacto cimentación.

Summary

A realistic model of a foundation may include both representation of the structural element and the surrounding soil, because actual behavior of a pile, for instance, is related to the concrete element itself as much as to the soil. Impulsive loads could be effective on exciting a system such to produce magnitudes of vibration that can be properly measured with adequate instrumentation. Such type of loads is more feasible to apply to the structure than a pseudo-static load that requires of large set-up configurations, which are rarely viable in countryside regions where infrastructure bridges are located. One of the main challenges when investigating an antique existing bridge where usually no construction drawings are available, is to determine structural conditions of foundation, but even the first step in such endeavor that consist on determining the type of foundation, thus shallow or deep foundation, is not an easy task. This paper presents an applied methodology to investigate existing foundation of large bridges through wave propagation

analyses, which are more suitable to represent an impulsive excitation selected with a magnitude that is just enough to make the testing set-up portable and reliable. The results show how powerful the wave equation can be in representing complex systems and produce reasonable models when comparing to experimental data, in contrast to the traditional approach of modal analysis where assumptions of sensitive parameter like damping is needed and also more numerical-analysis resources are required.

Keywords: wave propagation; existing foundation investigation; unknown foundation.

1. Modelo y planteamiento del problema

El esfuerzo axial σ definido mediante la ecuación de la onda a lo largo de un sistema unidimensional como función de la densidad del material ρ , la velocidad de propagación de onda c y la velocidad de partícula $\dot{u}$, es $\sigma = \rho c \dot{u}$. El esfuerzo asociado a la onda que se propaga en el sentido positivo puede definirse como función de la posición x , la frecuencia de la onda ω y el número de onda $k = \omega/c$, como $\sigma^+ = \sigma_1^+ e^{i*(\omega t - k_1 x)}$, donde $i = \sqrt{-1}$. Una expresión análoga puede plantearse para el esfuerzo de la onda que se propaga en el sentido negativo σ^- y el esfuerzo total en cualquier punto será la superposición de las dos ondas σ^+ y σ^- . Esta formulación es la base para establecer condiciones de equilibrio y continuidad en términos de fuerzas y desplazamientos, en las fronteras en que la estructura (pilote o dado de cimentación) interactúa con el suelo circundante. La Figura 1(b) muestra el modelo usado para estudiar la propagación de ondas como instrumento para identificar el tipo de cimentación de un puente, considerando: la fuerza p de excitación del sistema, la masa tributaria de la superestructura sobre la cimentación m_{super} , la masa del dado m_{foot} y su sección transversal A ; la pila del puente y el medio semi-infinito conformado por el suelo de fundación son identificados por Medio 1 y Medio 2, respectivamente.



Fig. 1. (a) Puente estudiado; (b) Modelo propagación de ondas de la cimentación de un puente.

En función de las expresiones anteriores, las condiciones de i) equilibrio en el punto de impacto R, ii) continuidad de esfuerzos en la frontera entre estructura y suelo Q y iii) continuidad de

el suelo circundante, para obtener un modelo realista que permita una interpretación razonable en la identificación de la cimentación desconocida. Este método es ágil, práctico, portable y representa un recurso valioso para investigar la cimentación de puentes en Colombia de los que típicamente no se dispone de planos de construcción. Dicha investigación es parte fundamental en la conservación de la extensa y desconocida red de infraestructura vial del país, por lo cual urge la calibración de métodos estandarizados como el propuesto, que permitan la identificación de la cimentación para toma de decisiones importantes en la preservación o reforzamiento de los puentes antiguos.

Referencias

- [1] SCHNABEL, B., LYSMER, J., and SEED B., "SHAKE, A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered soils", Report No. EERC 72-12, December, 1972.
- [2] Gazetas, G. and Makris N., Dynamic Pile-Soil-Pile Interaction: Part I Analysis of Axial Vibration, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 20, 115-32, 1991.
- [3] Safak, E., Wave Propagation Formulations of Seismic Response of Multistory Buildings, ASCE, April, 1999.
- [4] Rashidyan, R., Characterization of Unknown Bridge Foundations, Ph.D., Thesis, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, July 2017.

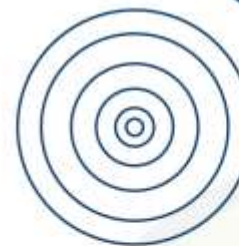


Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Facultad de Ingeniería
Departamento de
Ingeniería Civil



Congreso
Nacional
DE INGENIERÍA
SÍSMICA
2022



La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana y La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

Certifican que el artículo:

INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN PROPAGACIÓN DE ONDAS COMO MÉTODO DE
AUSCULTACIÓN DE CIMENTACIONES EXISTENTES.

Fabián Consuegra y Camilo Marulanda.

Fue presentado en el X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Junio 15, 16 y 17 de 2022
en Bogotá, Colombia.

Lope Hugo Barrero Solano
Decano Facultad de Ingeniería

Eduardo Castell Ruano
Presidente de la AIS

Jesús Daniel Villalba
Coordinador académico



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Facultad de Ingeniería

ais Asociación Colombiana
de Ingeniería Sísmica