

Facultad Regional: Reconquista

Nombre del Proyecto: Utilización de herramientas de matemática para el cálculo estructural de entramados planos.

Código: ECUTIRQ0005176TC

Programa: Estructuras y Construcciones Civiles

Director: Dr. Héctor Martín

Co-Director: Ing. Norberto Maggi

Investigador de Apoyo: Alejandro Fabbro

Investigadores estudiantes: Walter Soto; Nicolás Martín Gutbrod, Marcos Nahuel Peresón

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

El motivo del proyecto aquí planteado es encauzar una investigación exhaustiva destinada a obtener desarrollos intrínsecos de sistemas cerrados aporticados planos, aplicando series de potencias enteras. En los mismos, se impone la automaticidad de las condiciones geométricas de continuidad y de equilibrio de esfuerzos característicos en los nodos, en los cuales acceden dos o más barras. Se pretende abordar el estudio del comportamiento mecánico-estructural de los pórticos abiertos y cerrados, identificando las variables que influyen en las respuestas ante las acciones estáticas y dinámicas y el planteo y resolución de las ecuaciones gobernantes del problema, siempre dentro del encuadre adoptado por la Resistencia de Materiales clásica y orientado principalmente a la automatización de la herramienta, con un reducidísimo número de incógnitas.

Se trabajará en la resolución de los problemas hiperestáticos por medio de la teoría de segundo orden -las cargas de punta debido a la deformación transversal modifican la acción flexional- problemática que no está, en general, incorporada en los programas comerciales tradicionales. Sistematizándolo para entramados arbitrarios por medio de series de potencias. Cabe añadir que, con esta teoría de segundo orden, fijando la relación de las cargas de punta con una carga de comparación, es posible entonces, indirectamente y cuando las deformaciones crezcan indefinidamente, hallar la denominada carga crítica.

Atento a lo expresado anteriormente, los objetivos generales del proyecto son:

Abordar el estudio del comportamiento mecánico-estructural de los pórticos abiertos y cerrados, identificando las variables que influyen en las respuestas ante las acciones estáticas y dinámicas. Luego, el planteo y resolución de las ecuaciones gobernantes del problema, siempre dentro del encuadre adoptado por la Resistencia de Materiales clásica, orientado principalmente a la disminución de incógnitas del problema y a la automatización de la herramienta.

Recurrir a distintas estrategias para la obtención de las soluciones a través de enfoques numéricos por medio de las correspondientes simulaciones computacionales.

Ampliar las soluciones y algoritmos conocidos para pórticos abiertos a entramados generales, entendiéndose como tales aquellos donde un número arbitrario de barras concurrían a un mismo nodo.

Desarrollar propuestas automatizadas enfocadas hacia una economía computacional, sin pérdida de precisión, comparándolas con los programas comerciales de rigidez o elementos finitos utilizados actualmente.

Propender a que los cuatro ítems previos puedan incorporarse como recomendaciones para todos aquellos profesionales que desarrollan su actividad en dichas ramas de la Ingeniería Estructural.

Estudiar el comportamiento estadístico en la variación de algunos de los parámetros geométricos o físicos de las barras que componen los pórticos.

Armar un programa que realice todos los cálculos y que contenga pantallas de ingreso-salida de fácil interpretación para los calculistas usuarios.

Dentro del abordaje específico del problema, al afrontar la estática, estabilidad, dinámica y teoría de segundo orden para la resolución de entramados generales de barras, se recurrirá a la aplicación sistemática de soluciones numéricas dentro de una propuesta en series de potencias enteras. Estas alternativas no demasiado difundidas tienen la virtud de un análisis más ingenieril que la fría utilización de los programas enlatados. Al aplicar lo que suele conocerse como condiciones de transferencia, es decir, la continuidad geométrica y el simultáneo equilibrio de los nudos, se consigue una particularidad muy destacable que es la reducción sustantiva del número de incógnitas a manejar y, de alguna manera, se van resolviendo las distintas barras en un circuito seleccionado. Entonces se produce una economía de manipulación algebraica y correspondientemente una economía de tiempo computacional. Éste es como se dijo, junto con la automatización del proceso, el objetivo principal de la propuesta aquí presentada.

Se recopila la aplicación de las series de potencias en el estudio de pórticos planos poligonales abiertos, con un número arbitrario de tramos para partir de una base conocida y numéricamente comprobada. Se amplía a la misma tipología estructural al problema de compresión excéntrica de segundo orden.

Logrado esto, se propone entonces automatizar el cálculo en pórticos cerrados y entramados cualesquiera, con las mismas herramientas analíticas.

Finalmente analizar los efectos que se producen, en los resultados de las frecuencias naturales de vibración por ejemplo, al variar alguno de los parámetros geométricos o físicos de los entramados. Esto sería dar como ingreso gran cantidad de valores, 100 al menos, siguiendo una curva normal por ejemplo, y verificar que los resultados obtenidos de las frecuencias naturales sigan la misma curva estadística.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Se ha realizado una investigación destinada a obtener desarrollos de pórticos planos, aplicando series de potencias enteras. Se ha logrado imponer automaticidad de las condiciones geométricas de continuidad y de equilibrio de esfuerzos característicos en los nodos, en los cuales acceden dos o más barras. Se ha abordado el estudio del comportamiento mecánico-estructural de los pórticos abiertos y cerrados. Se han identificado las variables que influyen en las respuestas ante las acciones estáticas y dinámicas. Se ha planteado y resuelto las ecuaciones gobernantes del problema dentro del encuadre

adoptado por la Resistencia de Materiales clásica. Se ha automatizado la herramienta con un reducidísimo número de incógnitas.

Se trabajó con problemas hiperestáticos utilizando la teoría de segundo orden, problemática que no suele estar incorporada en los programas comerciales tradicionales. Con esta teoría de segundo orden, fue posible hallar las cargas críticas de los entramados.

Básicamente, en este proyecto se propuso estudiar la dinámica de los pórticos planos, utilizando la teoría de Bernoulli-Euler, con herramientas matemáticas e informáticas. Esta es una meta que se logró, ya que se elaboró un programa que encuentra las frecuencias naturales de vibración y sus respectivas formas modales.

Se propuso estudiar los entramados en forma estática, hallando los esfuerzos en las barras. Se ha cumplido también esta meta ya que se ha elaborado un programa que calcula los esfuerzos de Momento, Corte y Normal de todos los elementos del pórtico.

Ampliando este último programa, en un proceso iterativo, aumentando los valores de todas las acciones sobre el pórtico y analizando las deformaciones en algún determinado punto de la estructura, se llegaron a las cargas que inestabilizan la estructura, encontrando así las llamadas cargas críticas de pandeo.

Otra de las metas cumplidas se logró al tomar características propias de la estructura y darle carácter de variable (por ejemplo, Módulo de elasticidad, área, etc.). Se observó el comportamiento de los resultados obtenidos al ingresar gran cantidad de valores de alguna de estas características, bajo determinada curva estadística.

La gran mayoría de los resultados fueron presentados en reuniones científicas como se lo enumera más adelante en este documento.

En el proyecto se han formado recursos humanos, ya que se dictó un curso de posgrado “Matemática aplicada en ingeniería” (de 80 hs de duración, UTN Facultad Regional Reconquista, Resolución 097/2019), en donde participaron los integrantes del proyecto. En el mismo se trataron varios de los temas de matemática que se encontraban en el desarrollo del proyecto.

OTRAS PUBLICACIONES DE LOS AUTORES SOBRE EL TEMA:

Publicado en: RIA-Repositorio Institucional Abierto

Autores: Martin, Héctor; Maggi, Norberto Claudio; Fabbro, Alejandro; Martin Gutbrod, Nicolás; Soto, Walter Ariel; Pereson, Marcos

Fecha: 2019-01-01

Título: Utilización de herramientas de matemática para el cálculo estructural de entramados planos.

URI/handle: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/4763>

Publicado en: RIA-Repositorio Institucional Abierto

Autores: Martin, Héctor; Maggi, Norberto Claudio; Piovan, Tulio; De Rosa, M.A.; Martin, Nicolas

Fecha: 2020-09-07

Título: Natural vibration and instability of plane frames: exact analytical solutions using power series.

URI/handle: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/4654>

Publicado en: RIA-Repositorio Institucional Abierto

Autores: Stechina, Darío; Mendoza, Sandra; Martín, Héctor; Maggi, Norberto Claudio; Piovan, Tulio

Fecha: 2020-07-24

Título: Determinación de propiedades elásticas de piezas poliméricas construidas por impresión 3D, sometidas a flexión.

URI/handle: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/4652>

Publicaciones en revistas internacionales

Autor/es: Darío Stechina, Sandra M. Mendoza, Héctor D. Martín, Claudio N. Maggi, Marcelo T. Piovan

Fecha: Julio 2020

Título: Determinación de propiedades elásticas de piezas poliméricas construidas por impresión 3d, sometidas a flexión

Revista: Materia. ISSN 1517-7076 artículos e-12617, 2020. V.25 N.02 - doi: 10.1590/s1517-707620200002.1017

Palabras clave: Impresión 3D; Propiedades Mecánicas; Flexión; PLA; HIPS; Nylon

Autor/es: M. A. De Rosa, M. Lippiello, N. M. Auciello, H. D. Martin & M. T. Piovan

Fecha: 2021

Título : Variational method for non-conservative instability of a cantilever swcnt in the presence of variable mass or crack

Revista: Archive of Applied Mechanics volume 91, pages301–316 (2021) ISSN 0939-1533.
<https://doi.org/10.1007/s00419-020-01770-8>

Palabras clave: Non-conservative instability, Nonlocal elasticity, Nanosensor, Crack, Variational method.

Autor/es: Andres E Romero, Marcelo T. Piovan, Carlos A. Mainetti, Darío Stechina, Sandra Mendoza, Héctor D. Martín, Norberto C. Maggi

Fecha: 2021

Título: Tensile properties of 3d printed polymeric pieces: comparison of several testing setups

Revista: Ingeniería e Investigación journal Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá Edificio CADE - Facultad de Ingeniería Telefax: (57 1) 3165000 Ext. 13674 E-mail: revii_bog@unal.edu.co Bogotá-Colombia. ISSN :0120-5609 (print) ISSN: 2248-8723 (online) Ing. Investig. vol.41 no.1 Bogotá

Palabras clave: 3D printing; elastic properties; tensile tests; testing sensitivity.

Autor/es: H. D. Martin, C. N. Maggi, M. T. Piovan M., N. Martín Gutbrod, M. A. De Rosa

Fecha: 2022

Título: Natural vibrations and instability of plane frames: exact analytical solutions using power series

Revista: Engineering Structures. ENGSTRUCT-D-20-02095. ISSN: 0141-0296. Edit. ELSEVIER SCI LTD. Volume 252, 1 February 2022, 113663

Palabras clave: Natural vibrations; buckling; power series; second order theory; plane frames.