

MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO IMPLEMENTANDO MODELOS CONSTITUTIVOS

SOIL BEHAVIOR MODELING IMPLEMENTING CONSTITUTIVE MODELS

Vinces-Mendoza Maikel Andrés

Investigador Independiente. Manta, Ecuador.
Correo: vincesmaikel.56@gmail.com

Oleas-Escalante Marcelo

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.
Correo: oleas.marcelo32@gmail.com

RESUMEN

La aplicación de modelos constitutivos en la simulación del comportamiento de suelo nos brinda respuestas más confiables al momento de estudiar fenómenos ocasionados por la aplicación de cargas. De esta manera, la implementación de modelos constitutivos al análisis numéricos de problemas geotécnicos, requiere de la parametrización y calibración de los modelos mediante ensayos de clasificación, triaxiales drenados y no drenados, ensayos de gravedad específica, y diferentes parámetros tales como E, ν, M, Γ, K_0 entre otros. El presente estudio busca describir el comportamiento de las arenas limo arcillosas obtenidas en el proyecto "Plan Masa Santa Ana" para el diseño del complejo habitacional. Para el mismo que se han seleccionado diferentes modelos como Mohr – Coulomb Plasticity y Elastic, I, la investigación se centra en el estudio de los fenómenos existentes ante la aplicación de carga. Adicional, el modelo que se considera para el estudio es simplificado pues la consideración de suelos no uniformes.

Palabras claves: Modelación, Estudio de suelos, Modelos constructivos.

ABSTRACT

The application of constitutive models in the simulation of soil behavior gives us more reliable answers when studying phenomena caused by the application of loads. In this way, the implementation of constitutive models for the numerical analysis of geotechnical problems requires the parameterization and calibration of the models through classification tests, drained and undrained triaxial tests, specific gravity tests, and different parameters such as E, ν, M, Γ, K_0 among others. The present study seeks to describe the behavior of the silt clayey sands obtained in the "Plan Masa Santa Ana" project for the design of the housing complex. For the same that different models have been selected such as Mohr - Coulomb Plasticity and Elastic, I, the research focuses on the study of the existing phenomena before the load application. Additionally, the model considered for the study is simplified because of the consideration of non-uniform soils.

Keywords: Modeling, Soil study, Construction models.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento mecánico de los materiales sólidos y su descripción por relaciones constitutivas se desarrolló durante muchos años en el marco de la elasticidad lineal isotrópica caracterizada por la ley de Hooke, la plasticidad caracterizada por los criterios de Von Mises, Tres y Mohr – Coulomb, y la viscosidad caracterizada en el caso lineal por la ley de Newton. (Hicher & Shao, 2008)

Los suelos son materiales complejos que consisten de un esqueleto sólido de granos en contacto con otro y relleno de vacíos con gas(aire) y/o agua u otro fluido. El esqueleto del sólido transmite fuerzas normales y cortantes a los granos en contacto, y dicho esqueleto de granos se comporta de una manera muy compleja que depende de una gran cantidad de factores, relación de vacíos y presión confinada serán los más importantes. (Yamamuro & Kaliakin, 2005)

Sin embargo, el comportamiento general del esqueleto sólido puede ser entendido con los principios de mecánica de continuos (mecánica de sólidos), intercalando en los vacíos hay agua (fluido incompresible) y gas (fluido compresible), cada uno de los cuales obedecen sus propias leyes físicas. (Yamamuro & Kaliakin, 2005)

Los modelos constitutivos se han desarrollado durante un período de tiempo, desde ser simples hasta más completos para capturar el comportamiento del suelo bajo condiciones de carga complejas. Algunos de los diferentes tipos de modelos para simular el comportamiento de los suelos son: el modelo de Hooke, Modelo Mohr – Coulomb, Modelo Cam Clay (Modificado), modelo hiperelástico, modelo hipoplástico, modelo Plaxis Hardening Soil (Saquib Wani & Showkat , 2018)

Esto último, responde al objetivo de dar forma matemática a las propiedades mecánicas de los materiales, cuya complejidad ha sido demostrada por la diversidad de los resultados experimentales. (Hicher & Shao, 2008)

En Ecuador, la Norma Ecuatoriana de la Construcción: Geotecnia y Cimentaciones (2015), actualmente solo se considera el uso de modelos

constitutivos para el análisis de asentamiento ocasionados por carga sísmica, donde se pueda considerar el desarrollo de la presión de poro y degradación cíclica de la rigidez. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

De esta, manera, durante los últimos 30 años, una gran variedad de modelos constitutivos ha sido desarrollado y de la misma manera se ha demostrado a lo largo del mundo que tan importante es tener ideas orientadoras y un marco general de análisis. (Hicher & Shao, 2008), debido a la eficiencia de estos modelos, estudiar los fenómenos del suelo es más sencilla y permite brindar mejores soluciones.

En la parroquia de Lodana, existe un proyecto que busca ser un complejo habitacional denominado “Plan Masa Santa Ana”, mismo que es el objeto de investigación propuesto, cuyo campo de acción es la simulación del comportamiento del suelo y la importancia del uso de modelos constitutivos (Iturburu Altamirano, 2015).

2. MODELACIÓN CONSTITUTIVA

Con el desarrollo de métodos numéricos tales como el método de las diferencias finitas o de elementos finitos se ha vuelto factible analizar y predecir el comportamiento de estructuras complejas de suelos y problemas de interacción suelo – estructuras. En dichos cálculos, las relaciones entre el esfuerzo y las deformaciones en un dado material se consideran modelos constitutivos, que son expresiones matemáticas que modelan el comportamiento del suelo en un solo elemento. (Yamamuro & Kaliakin, 2005)

Así, el propósito de un modelo constitutivo es simular el comportamiento del suelo con suficiente precisión bajo determinadas condiciones de carga. Naturalmente, los modelos iniciales fueron relativamente sencillos, y progresivamente la complejidad y las capacidades de los modelos han llevado a mejorar las habilidades de predicción de comportamiento de las estructuras de suelo bajo condiciones de carga complejas. (Yamamuro & Kaliakin, 2005)

3. MODELOS CONSTITUTIVOS

Numerosos modelos constitutivos han sido desarrollados sobre los últimos 40 años para modelar el comportamiento esfuerzo-deformación del suelo. Estos modelos se emplearán con métodos de elementos finitos de la estructura del suelo y problemas de interacción suelo – estructuras bajo asimetría, plano de deformación y condiciones tridimensionales generales. (Lade, 2005)

Según González-Cueto, et. al, 2013, indica que: los modelos constitutivos se pueden dividir en dos grupos, empíricos y analíticos. Muchos modelos se construyeron a partir de estudios experimentales de materiales bajo condiciones de carga, para luego desarrollar las ecuaciones y se ajusta a las observaciones. Mientras, los modelos analíticos se desarrollan mediante las leyes físicas para obtener la respuesta esfuerzo – deformación del suelo o materiales. (González-Cueto et. al, 2013)

A través de programas que emplean el Método de Elementos Finitos, estos modelos han sido implementados en la práctica geotécnica común, para lo cual se hace fundamental que el analista sea consciente de las características del modelo, de las condiciones para las cuales fue desarrollado, y de las ventajas y limitaciones que éste ofrece. (Bernal Villate, 2019)

4. IMPLEMENTACIÓN DE FEM EN MODELOS CONSTITUTIVOS

Con el desarrollo tecnológico, se han venido produciendo nuevos y más precisos sistemas de análisis entre los cuales se encuentran los métodos de elementos Finitos, que han permitido simular, de una mejor forma un comportamiento más real de los materiales al ser sometidos a diferentes niveles de esfuerzo, en donde se evidencia que la tendencia de la deformación que experimenta el suelo no es lineal, sino que dependiendo de su composición granulométrica, su origen, y sus diferentes procesos de formación, experimentan diferentes deformaciones, con diversas tendencias, que pueden llegar a ser simuladas por medio de técnicas computacionales. (Bernal Villate, 2019)

Con la implementación de estos modelos de elementos finitos (FEM), que parten de la base de la generación de modelos reológicos y matemáticos capaces de

simplificar el comportamiento real del suelo ante diferentes panoramas, mediante el uso de ecuaciones constitutivas en donde se genera una compatibilidad de esfuerzos aplicados con las deformaciones generadas (Brinkgreve, 2012),, ha ocasionado una mejoría significativa en los planteamientos de alternativas de diseño, puesto que se conoce mucho mejor el material, como también se genera un proceso de optimización a posibles obras a implementar para un óptimo comportamiento geomecánico del material, aunque en sus inicios, su aplicación fue limitada dada la dificultad de implementar modelos no lineales, situación que fue solucionada mediante el desarrollo de procedimientos numéricos (Brinkgreve, 2012), al punto de que hoy en día los programas basados en FEM son los más comunes en el diseño geotécnico. (Bernal Villate, 2019)

5. CONCLUSIONES

La información bibliográfica, referente a estudios de suelos y la metodología escogida fue obtenida del Laboratorio Bolívar Ortiz Logroño como el producto de las investigaciones geotécnicas del proyecto Plan Masa Santa Ana, mismo que sirvió para la creación del modelo desarrollado. Adicional, para la modelación no se necesitaron datos de pruebas edométricas, debido a que por sus características el modelo que mejor se acoplo fue el de Mohr – Coulomb plástico cuyos parámetros requeridos son el ángulo de fricción interno, la cohesión y el ángulo de dilatación del mismo, para el resto del comportamiento se requirió modulo elástico, densidad específica y permeabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal Villate, A. (2019). Modelamiento numérico del comportamiento de suelos blandos en Bogotá, aplicado a la excavación del metro. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Recuperado el 2022, de:
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3451/1/Modelamiento_numerico_del_comportamiento_del_suelo.pdf
- Brinkgreve, R. B. (2012). Selection of Soil Models and Parameters for Geotechnical Engineering Application. Austin, Texas: American Society of Civil Engineers. DOI: [https://doi.org/10.1061/40771\(169\)4](https://doi.org/10.1061/40771(169)4)

- González-Cueto, D., Herrera Suárez, D., Iglesias Coronel, D., & López Bravo, D. (2013). Análisis de los modelos constitutivos empleados para simular la comportamiento del suelo mediante el método de elementos finitos. *Revista Ciencia Técnicas Agropecuarias*, 22(3), 75-80. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000300013
- Hicher, P.-Y., & Shao, J.-F. (2008). *Constitutive Modeling of Soils and Rocks*. London, UK: John Wiley & Sons, Inc. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470611081.ch1>
- Iturburu Altamirano, L. (2015). Comparación entre la capacidad portante para zapatas corridas obtenidas con los modelos Cam - Caly modificado y Mohr Coulomb, mediante un análisis determinístico de elementos finitos. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://dspace.espol.edu.ec/retrieve/89818/D-70116.pdf>
- Lade, P. V. (2005). Overview of Constitutive Models for soils. *Geotechnical Special Publication*, 1-34. doi: 10.1061/40771(169)1
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Geotécnia y Cimentaciones. NEC - SE -CG*. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec6.pdf>
- Saquib Wani, M., & Showkat, R. (2018). Soil Constitutive Models and Their Application in Geotechnical Engineering: A Review (Vol. 7). Kashmir, India: International Journal of Engineering Research & Technology. Obtenido de <https://www.ijert.org/research/soil-constitutive-models-and-their-application-in-geotechnical-engineering-a-review-IJERTV7IS040129.pdf>
- Yamamuro, J., & Kaliakin, V. (2005). *Soil constitutive models: Evaluation, Selection, and Calibration*. Texas, Austin, EEUU: American Society of Civil Engineers. DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784407714>