17 - 20 NOVEMBER 2019
PANAMERICANO 2019
Cancún Mx.
XVI PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING
Geotechnical Engineering in the XXI century: lessons learned and future challenges

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis del comportamiento elastoplástico con daño continuo de un suelo granular cementado artificialmente y reforzado con fibras de polipropileno

Eduardo Bittar, Cesar Iberbuden, Arturo Ruiz Diaz, Rubén López, Antonio Aquino, Alejandro Quiñonez

Introducción: en conocimientos generales, el daño de los materiales es el transcurso físico progresivo por el cual se rompen los mismos. La mecánica del daño es el estudio, a través de variables mecánicas, de los elementos involucrados en el deterioro de los materiales cuando son sometidos a cargas. La teoría del daño continuo ha sido ampliamente utilizado para modelar el comportamiento tensión-deformación de concretos y también rocas. En suelos, la utilización de esta mecánica es aún escasa.

Objetivo: estudiar el comportamiento al daño de suelos artificialmente cementados reforzados con fibras sometidos a bajos ciclos de carga y descarga, mediante la degradación del módulo elástico.

Programa Experimental

Ensayos triaxiales de bajos ciclos se realizaron sobre cuerpos de prueba con dos porcentajes de cemento (3% y 5%) dos pesos específicos aparentes secos (17kN/m³ y 18kN/m³) a 8,4% de humedad y tres presiones de confinamiento (20kPa, 50kPa y 100kPa). Todos los ensayos fueron realizados a un tiempo de curado de 7 días. Seis ciclos de carga se realizaron hasta llegar a una deformación de 6% con respecto al punto de inflexión inicial, presentado en la Figura 1 . Por último, se realizó una recarga final hasta llegar a una deformación total de 15%. La variación del daño mediante la degradación del módulo elástico fue analizado(Tabla 1).

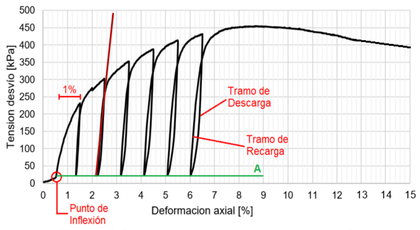
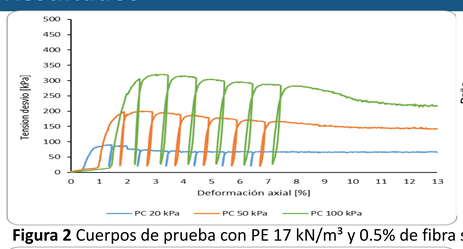


Figura 1 Esquema de cargas y deformaciones

Forma de medición	Daño	Frágil	Dúctil	Fluencia	Bajos ciclos de fatiga	Altos ciclos de fatiga
Directa	$\frac{\delta S_D}{\delta S}$	x	xx	xx	x	x
Módulo Elástico	$1-\frac{E}{\bar{E}}$	xx	xxx	xxx	xxx	
Ondas de ultrasonido	$1-\frac{V_L^2}{\bar{V}_L^2}$	xxx	xx	xx	x	x
Densidad	$1-\frac{\rho^{2/3}}{\bar{\rho}}$		xx	x	x	
Resistencia eléctrica	$1-\frac{V}{\bar{V}}$	x	xx	xx	x	x
Resistencia plástica cíclica	$1-\frac{\Delta_\sigma}{\Delta_{\sigma^*}}$		x	x	xx	x
Fluencia lenta terciaria	$1-\left(\frac{\dot{\varepsilon}_p}{\dot{\bar{\varepsilon}}_p}\right)^{1/N}$		x	xxx	x	

Tabla 1 Técnicas de mediciones de daño

Resultados



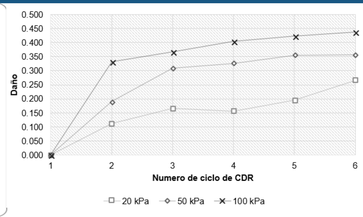
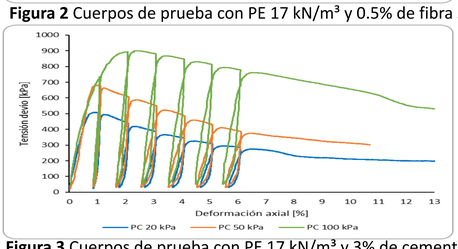


Figura 2 Cuerpos de prueba con PE 17 kN/m³ y 0.5% de fibra sin cemento



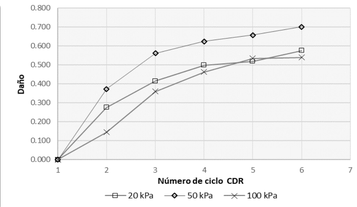
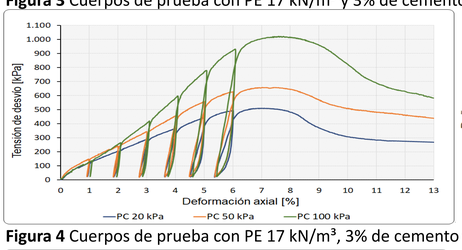


Figura 3 Cuerpos de prueba con PE 17 kN/m³ y 3% de cemento



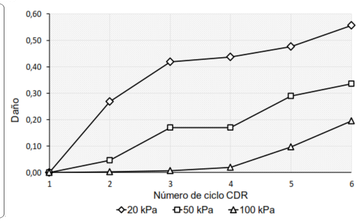
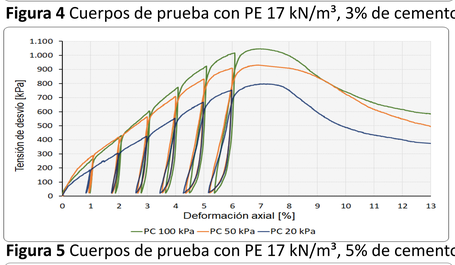


Figura 4 Cuerpos de prueba con PE 17 kN/m³, 3% de cemento y 0,5% de fibras



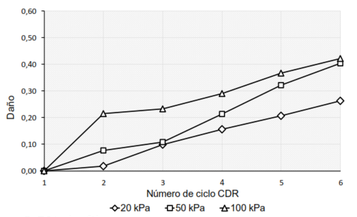
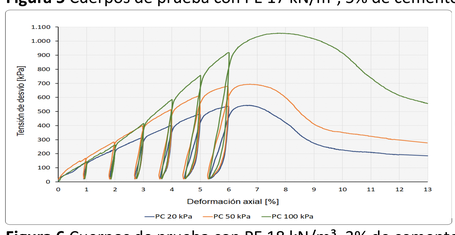


Figura 5 Cuerpos de prueba con PE 17 kN/m³, 5% de cemento y 0,5% de fibras



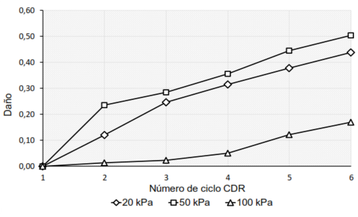
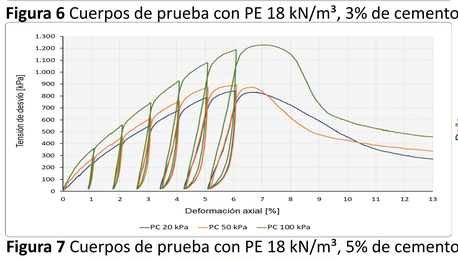


Figura 6 Cuerpos de prueba con PE 18 kN/m³, 3% de cemento y 0,5% de fibras



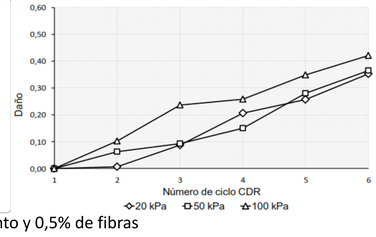


Figura 7 Cuerpos de prueba con PE 18 kN/m³, 5% de cemento y 0,5% de fibras

En la **Figura 2** se observa la evolución del daño sobre el suelo sin adiciones ni refuerzos variando de 0,25 a 0,5.
En la **Figura 3** se nota que la adición de 3% de cemento aumentó el daño de este variando ahora de 0,5 a 0,7.
En la **Figuras 4 y 5** con PE de 17 kN/m³ se puede observar una disminución del daño del material cementado a 3% y 5% respectivamente con la adición de 0,5% fibras. Con la adición de fibras y 3% de cemento (Figura 4) el daño varió de 0,2 a 0,55 aproximadamente. Con la adición de fibras y 5% de cemento (Figura 5) el daño varió de 0,28 a 0,40 aproximadamente.
En la **Figuras 6 y 7** con PE de 18 kN/m³ a 3% y 5% se pueden observar comportamientos similares a lo anteriormente mencionado.

Conclusiones

La **adición de cemento mostró aumentar la resistencia pico** del suelo arenoso, su **rigidez** y por ende su **fragilidad**. Así también, un **mayor daño** fue medido en las mezclas de **suelo cemento** en comparación al suelo natural (esto se traduce a **mayores fisuras**).
La **adición de fibras** de polipropileno al suelo cemento mejoró el comportamiento frágil de este dándole **mayor ductilidad**, incluso **aumento de resistencia de pico**. Además, el **daño se vio disminuido** con la adición de fibras al suelo cemento, lo que afirmaría su efectividad contra la formación de fisuras.
La **variación** tanto de la cantidad de **cemento (de 3% a 5%)** como de los **PE (de 17 kN/m³ a 18 kN/m³)** influenciaron en el comportamiento tensión-deformación del material, mas **no tuvieron influencia significativa en el daño** de este.
Se pudo observar que en el **suelo natural mayores presiones de confinamiento** generaron **mayor daño** mientras que en el suelo cemento y el **suelo cemento reforzado con fibras mayores presiones** de confinamiento registraron **menores daños**.

Cooperating Organizations
DFI
GI
SMIG
Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica
Mexican Society of Geotechnical Engineering
ISSMGE
International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

www.panamerican2019mexico.com
info@panamerican2019mexico.com