

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Departamento de Mecánica Aplicada

Facultad de Ingeniería

**SIMULACION NUMERICA DE PROCESOS
DE CONSOLIDACION DE SUELOS USANDO
EL METODO DE LOS ELEMENTOS
FINITOS.**

Por

Héctor Ariel Di Rado.

Tesis presentada al cuerpo docente del curso de “Magister en Mecánica Aplicada al Análisis y al Proyecto de Ingeniería” como requerimiento parcial para acceder al grado académico de

**“MAGISTER EN MECÁNICA APLICADA AL
ANÁLISIS Y AL PROYECTO DE INGENIERÍA”**

de la

Universidad Nacional del Nordeste

Resistencia, Diciembre de 1997

RESUMEN

El problema de la consolidación de suelos presenta gran interés en las zonas donde el mismo es fundamentalmente arcilloso o compacto y de baja permeabilidad en general. Tal es el caso de la ciudad de Resistencia (CHACO-ARGENTINA) donde este tipo de suelo se encuentra generalmente creando grandes incertidumbres a la hora del proyecto de grandes fundaciones de tipo directo. También es bastante común encontrar, en la mencionada ciudad y área de influencia, altos índices de humedad (cerca de la saturación) debido a la poca profundidad a la que se hallan las napas freáticas. Otro tipo de construcción muy difundido en la zona son las presas de tierra o de materiales sueltos. Estas se usan, fundamentalmente, como elemento de contención de las aguas de los ríos Paraná y Negro habida cuenta que la situación geográfica de la ciudad propicia inundaciones en las épocas de lluvias intensas, principalmente en la cuenca del Paraná.

El presente trabajo pretende mostrar un modelo matemático bidimensional basado en la teoría de Biot (1955) que permite el análisis del equilibrio de las tensiones totales (EFECTIVA + POROS) y la compatibilidad de deformación durante la consolidación. Esto se logra, acoplando los efectos de las tensiones con el flujo de agua. Esto provoca el agregado a la incógnita primaria desplazamiento, de la presión de poros como un nuevo grado de libertad. El problema será resuelto por el método de los elementos finitos. Específicamente se usarán las funciones de interpolación de elementos de ocho nodos para las incógnitas desplazamientos y las de elementos de cuatro nodos para la incógnita presión de poros.

Se ha tenido en cuenta en el trabajo la no linealidad física del suelo a través de un modelo elastoplástico o alternativamente viscoplástico basados en la teoría de estados críticos propuesta por Zienkiewicz (1975) con algunas modificaciones propuestas en este trabajo, la cual incluye los efectos de la cohesión y fricción además del tercer invariante de tensiones. También se ha incorporado el efecto de la no linealidad geométrica mediante la inclusión del tensor de tasas objetivo de Jaumann y el uso de un sistema Lagrangiano Actualizado de referencia. El objetivo es poder representar en forma adecuada, el estado tensión - deformación de una masa de suelo considerada saturada bajo las cargas transmitidas por una fundación directa, así como la distribución de tensiones en presas de materiales sueltos.

Es menester indicar que si bien se espera poder dar un amplio uso a la herramienta a obtener teniendo en cuenta las características del suelo indicadas al comienzo, se pretende extender el campo de aplicación del presente programa a casos donde la naturaleza bifásica (Suelo - Agua) sea insuficiente, incorporando al aire y constituyendo de ese modo un sistema no saturado de tipo trifásico.

ABSTRACT

Consolidation problems are matter of big deal in areas in which the soil is basically clay type or compacted with generally low permeability. Such is the case of Resistencia city (Chaco-Argentina), in which this kind of soil is widely found, creating uncertainties by the time of planning direct big foundations. It is also quite common to find, at the mentioned city and its influence area, high tenors of humidity (nearby to saturation) due to the meager depth of groundwater table. One construction type also widely used in the area is the earth dam or also known as loose materials dam. Those are basically used as retaining walls for the water brought along the most influential rivers, the Paraná River and the Negro River. It must be taken into account that the geographical situation of the city favors frequent floods at times of intense rains, filling the Paraná basin, the most important one.

A two dimensional mathematical model based upon Biot's theory (1955), which allows to analyze the total stresses equilibrium (effective + pore) and the strain compatibility during the consolidation process, is used in the present work. This can be achieved, by coupling the effects of stress and flow. This provokes the adding, to the primary unknown (displacement), of the pore pressure as a new degree of freedom. The problem is solved using the finite element method. Specifically, eight nodes element shape functions for displacement and those corresponding to four nodes element for pore pressure, are used.

It is taken into account physical non linear behavior of soils by means of a elastoplastic or, alternatively, a viscoplastic model based upon the critical state theory, particularly that one suggested by Zienkiewicz (1975), with some modifications carried out in this work, which includes cohesion, friction angle and third invariant effects. It is also considered, the geometric non linear effects by means of the inclusion of the Jaumann stress rate tensor and the use of an updated Lagrangian description. It is expected that the model would be able to represent, in a straight way, the stress-strain state of a saturated soil mass, under direct foundation loads as well as the stress distribution inside loose materials dams.

It is necessary to indicate that, even when it is expected to give a wide use to this computational tool, taking into account soil characteristics indicated above, it is our goal to expand the present computer code to cover those cases in which the two - phase nature (soil-water) is not enough to describe the real phenomenon and air should be incorporated to form an unsaturated three - phase system.