



## مقایسه نتایج مدلسازی یک شمع منفرد در نرم افزارهای plaxis و openseespl

محمدرضا فولادی<sup>۱</sup>، امیر رضا مدرس نیا<sup>۱</sup>، اسماعیل معصومی<sup>۲</sup>

(۱) دانشجوی دکترا مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

(۲) مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

Mohammadreza\_fouladi@yahoo.com, Arm\_nia@yahoo.com, Es.masoumi@gmail.com

### چکیده

با پیشرفت علوم استفاده از نرم افزارهای جدید جهت طراحی و محاسبه پروژه های عمرانی روز به روز بیشتر می شود. هر کدام از این نرم افزارها بر پایه یک روش و با یک زبان برنامه نویسی نوشته شده است. شناخت هر کدام از این نرم افزارها، دامنه کاری آنها و میزان خطای موجود در هر کدام بایستی برای مهندسين شناخته شده باشد. از جمله این نرم افزارها می توان به plaxis و openseespl اشاره کرد. Plaxis یک برنامه المان محدود برای تحلیل در مهندسی ژئوتکنیک است. نرم افزار openseespl نیز یک نرم افزار کد باز است که با استفاده از روش المان محدود و براساس زبان برنامه نویسی tcl/tk نوشته شده است. در این مقاله شمع منفردی در یک خاک با عمق ۱۰ متر تحت آنالیز پوش اور قرار خواهد گرفت و انحراف سر شمع و لنگر خمشی شمع در نقاط مختلف مورد مقایسه قرار خواهند گرفت تا اختلاف بین نتایج نرم افزار plaxis و openseespl مقایسه شود.

واژگان کلیدی: المان محدود، پوش اور، openseespl, plaxis

### ۱- مقدمه

با پیشرفت علوم نیاز به استفاده از نرم افزارهای جدید جهت طراحی و محاسبه پروژه های عمرانی روز به روز بیشتر می شود. هر کدام از این نرم افزارها بر پایه یک روش و با یک زبان برنامه نویسی نوشته شده است. شناخت هر کدام از این نرم افزارها، دامنه کاری آنها و میزان خطای موجود در هر کدام بایستی برای مهندسين شناخته شده باشد. از جمله این نرم افزارها برنامه های Plaxis و OpenseesPL می باشند که بر پایه روش المان محدود بنا نهاده شده اند. در این تحقیق بر آن هستیم که ضمن معرفی این نرم افزارها و دامنه کاری آنها، یک شمع منفرد را مدلسازی نموده و پس از ارزیابی نتایج مقدار تفاوت خروجی های این نرم افزارها را بدست آوریم.

### ۲- معرفی نرم افزارها

#### ۲-۱- نرم افزار Plaxis

PLAXIS یک برنامه المان محدود و پیشرفته برای تحلیل تغییر شکل ها و پایداری می باشد و در پروژه های مهندسی ژئوتکنیک کاربرد دارد. معمولاً در مسائل مهم ژئوتکنیک، یک مدل رفتاری پیشرفته برای مدل سازی رفتار غیرخطی و وابسته به زمان خاکها بسته به هدف مورد نظر، لازم است. با این نرم افزار می توان خاکبرداری و خاکریزی مرحله ای با شرایط بارگذاری و شرایط مرزی مختلف را با استفاده از المانهای مثلثی ۶ گرهی و ۱۵ گرهی مدل سازی نمود. اولین ویرایش این نرم افزار به منظور آنالیز سدهای خاکی احداث شده بر روی خاک های نرم در قسمتهای کم ارتفاع و پست کشور هلند و به سفارش مدیریت منابع آب آن کشور در دانشگاه صنعتی Delft در سال ۱۹۸۷ تهیه و سپس در سال ۱۹۹۳ قابلیت های آن گسترش داده شده که توسط موسسه Codes Center for Civil Engineering Research and نیز مورد تأیید و پشتیبانی قرار گرفته است. در این نرم افزار مدل های رفتاری موهر- کلمب، مدل سخت شونده گی هذلولی، مدل نرم شونده گی مدل (Cam-Clay) و مدل نرم شونده گی خزشی قابل بکارگیری است، همچنین با این نرم افزار می توان فرایند ساخت و حفاری را توسط فعال کردن و غیر فعال کردن المانها در مرحله محاسبات مدل کرد. نمونه ای از کاربرد این قابلیت، انجام آنالیز لایه به لایه در پایداری شیپها، سدها و تونلها می باشد. از قابلیت های دیگر نرم افزار می توان به موارد زیر اشاره کرد:

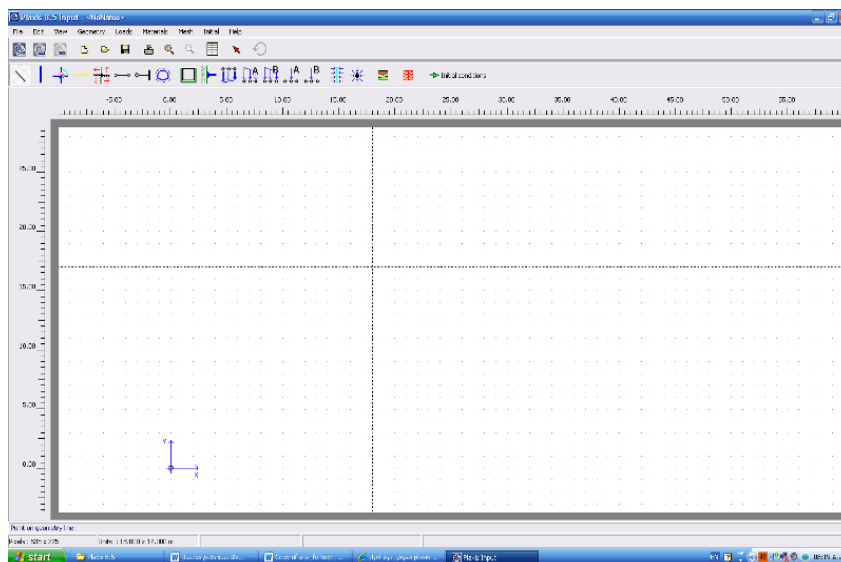
(۱) نرم افزار اجزای محدود برای تحلیل دوبعدی تغییر شکل و پایداری در مهندسی ژئوتکنیک

(۲) تهیه مدل های ترکیبی پیشرفته شبیه سازی غیرخطی، وابسته به زمان و رفتار ناهمسانگرد خاک و سنگ

(۳) استفاده از روش های ویژه برای حل مسائل هیدرواستاتیک و غیر هیدرواستاتیک فشار منفذی در خاک



- ۴) مدل سازی سازه و اندرکنش بین خاک و سازه
- ۵) دارای محیط گرافیکی بسیار قدرتمند
- ۶) مش بندی خودکار به صورت دوبعدی
- ۷) ایجاد خودکار سه بعدی مدل
- ۸) دارای المان های دوبعدی ۶ گرهی و ۱۵ گرهی
- ۹) دارای المانهای ویژه ورق، مفصل و فنرهای دورانی
- ۱۰) دارای المان های تماسی
- ۱۱) دارای انواع روش های بارگذاری متمرکز و گسترده
- ۱۲) امکان مدل کردن شرایط مرزی پیچیده



شکل ۱- پنجره ورودی برنامه plaxis

## ۲-۱- نرم افزار OpenseesPL

OpenseesPL یک برنامه گرافیکی ساده المان محدود برای گرفتن پاسخ های اندرکنش بین شمع و زمین در حالت سه بعدی می باشد. این برنامه اندرکنش اجازه انجام آنالیز پوش اور را روی شمع ها به خوبی مدلسازی لرزه ای آنها می دهد. این برنامه آنالیز المان محدود توسط تیم تحقیقاتی مرکز لرزه نگاری PEER طراحی شده است که زیر نظر استادان دانشگاه برکلی آمریکا طراحی شده است. از قابلیت های دیگر نرم افزار می توان به موارد زیر اشاره کرد:

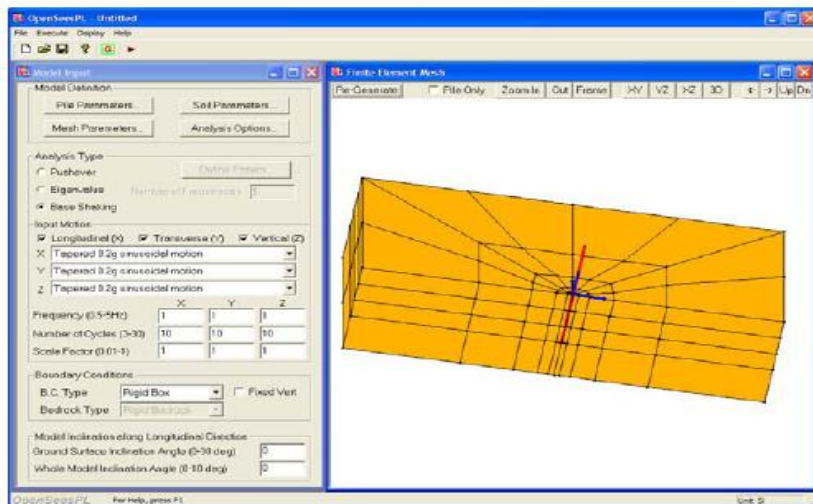
- ۱- پاسخ های سه بعدی لرزه ای خطی و غیر خطی زمین با توانایی تحریکات سه بعدی زمین و سازه (براساس افزایش پلاستیسیته خاک)، و خاک های چند لایه می باشد. صفحات چند لایه خاک های غیرچسبنده (مدل مخروطی دراگر-پراگر)، و (فون-میسز) به طور پیش فرض در برنامه موجود می باشد. گزینه های آنالیز همزمان خاک-سیال انجام مطالعات مربوط به روانگرایی را فراهم می کند.
- ۲- دربرداشتن یک شمع یا دکل در بالای مش بندی سه بعدی سطح زمین (شمع های دایره ای یا مربعی در یک مقطع خاک). شمع می تواند از سطح زمین هم بالاتر باشد و می تواند تکیه گاه یک پایه پل هم باشد، و حتی یک مرکز جرم در بالای شمع باشد (بار منفرد). پایه پل تنها مشخصاً می تواند بارهای جانبی را انتقال دهد، و یا بطور همزمان انتقال جانبی و دورانی را انجام دهد. به علاوه در گزینه تحریکات لرزه ای، سیستم شمع ممکن است تحت بارهای جانبی سیکلی یا یکنواخت پوش اور قرار بگیرد (برای توصیف جابجایی یا مدهای نیرو). منطقه خاک که با شمع اشغال شده است می تواند بطور جداگانه مشخص شود و اجازه تخصیص مدل های متنوع و کاربردی را به این منطقه مهم را می دهد. در نتیجه می توان آنالیزهای مختلفی را بر روی این منطقه انجام داد و خروجی های دلخواه را گرفت.



- روشهای مختلف بهسازی زمین ممکن است که با مشخصات مناسب مصالح داخل منطقه تحت تأثیر شمع مورد مطالعه قرار گیرد. به جای آن، روشهای مختلف کاهش روانگرایی مثل زهکش‌های شنی، ستون‌های سنگی و متراکم‌کننده‌ها/اسیمان‌کننده‌ها ممکن است آنالیز شوند. اهمیت این موضوع‌ها در توانایی این نرم‌افزار در مدلسازی و تحلیل شیبه‌های ملایم و نامتناهی در خاک است (اجازه تخمین زدن تغییر شکل‌های زمین، تأثیر کاهنده‌های روانگرایی، تأثیرات نفوذ شمع، و بارهای جانبی ایجادکننده روانگرایی).

- سیستم‌های شیب‌دار و شمع‌های موجود زمینهای شیب‌دار هم اکنون در حال مدلسازی و شبیه‌سازی می‌باشند. **OpenseesPL** اجازه مدلسازی برای هر سازه‌ای از شمع و هر قطری از شمع را به کاربر می‌دهد. مقطع عرضی شمع میتواند دایره‌ای یا مربعی باشد. گزینه‌های مشخصات خطی و غیرخطی مصالح برای تعریف مصالح شمع در منو نرم‌افزار موجود میباشد. همچنین این نرم‌افزار اجازه تعریف خاک لایه‌ای را هم به کاربر میدهد. مشخصات غیرخطی مصالح با حالت افزایش پلاستیسیته برای مدلسازی تغییر شکل‌های دائم و برای میراگرهای هیستریک القایی مدل می‌شود. به علاوه، **openseesPL** اجازه تعریف مشخصات مصالح جدید و دلخواه را نیز به کاربر میدهد.

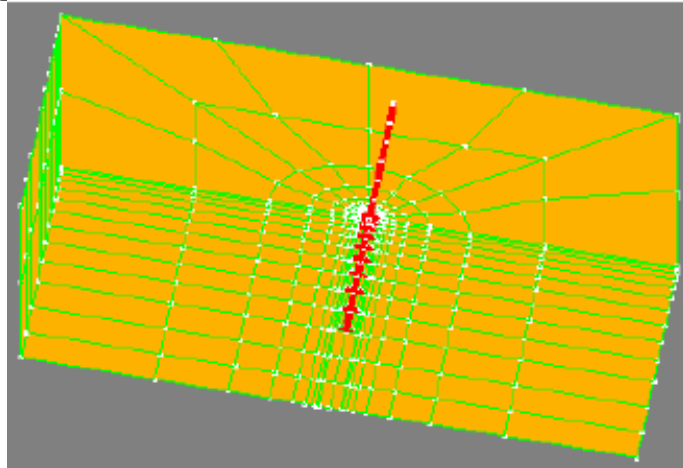
**openseesPL** قادر به نشان دادن تصاویری گرافیکی از روند نتایج آنالیز مثل تغییر شکل‌های موش‌های ایجاد شده، آنالیز تاریخچه زمانی پاسخ زمین و پاسخ مقاطع شمع می‌باشد. **openseesPL** اجازه مدلسازی سازه‌ای و ژئوتکنیکی سریع را به مهندسين و محققين می‌دهد، همچنین توانایی اجرای آنالیز المان محدود و برآورد کارایی سیستم شمع-زمین را دارا می‌باشد.



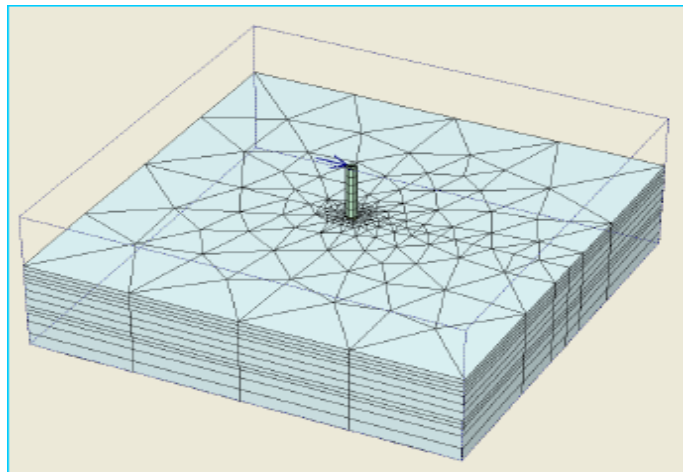
شکل ۲- پنجره ورودی برنامه **OpenseesPL**

### ۳- مدلسازی شمع در خاک

در این مدلسازی از یک شمع دایره‌ای بتنی که ۶ متر آن در خاک و ۶ متر دیگر بالای سطح زمین قرار دارد استفاده شده است. یک ماسه با دانسیته متوسط و ضخامت ۱۰ متر و یک بار ثابت ۱۰۰ کیلو نیوتنی نیز به سر شمع وارد می‌گردد. شتاب نگاشت مربوط به زلزله **Elcentro** با  $PGA = 0.2g$  به مدل وارد می‌شود. در برنامه **OpenseesPL** از مش‌بندی نیمه و در برنامه **PLAXIS** از مش‌بندی کامل استفاده می‌شود.



شکل ۳- مش بندی برنامه OpenseesPL



شکل ۴- مش بندی برنامه Plaxis

مشخصات فیزیکی و مکانیکی شمع بتنی و خاک طبق جدول زیر می‌باشد:

جدول ۱- مشخصات شمع بتنی استفاده شده در مطالعه

مشخصات شمع بتنی الاستیک	مدول الاستیسیته	مدول بالک	قطر	ممان اینرسی
۲۰ GPa	۰.۲۵	۱ m	۰.۰۴۹ m <sup>۴</sup>	

جدول ۲- مشخصات خطی الاستیک خاک

مشخصات خطی الاستیک	مدول الاستیسیته	مدول بالک
	۱۰۰ GPa	۰.۳۵



#### ۴- نتایج

بعد از اعمال رکورد زلزله به مدل نتایج به شکل زیر بین دو نرم افزار مقایسه گردید:

جدول ۳- مقادیر تغییر مکان شمع

تغییر مکان (میلی متر)	OpenseesPL	Plaxis	درصد تفاوت
سر شمع	۱۸.۱۳	۱۹.۴۷	۷٪
سطح زمین	۱.۹۷	۱.۹۹	۱٪

جدول ۴- مقدار لنگر خمشی حداکثر

مقدار لنگر خمشی حداکثر	OpenseesPL	Plaxis	درصد تفاوت
	۶۰۰	۶۸۵	۱۲٪

#### ۵- نتیجه گیری

امروزه نرم افزارهای زیادی جهت تحلیل‌های مهندسی موجود می‌باشد. شناخت درست هر کدام از این نرم‌افزارها جهت تحلیل درست مدل نیاز می‌باشد. در این مقاله مدل‌سازی یک شمع منفرد بتنی در یک خاک ماسه‌ای توسط نرم افزارهای OpenseesPL و Plaxis انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهند که مقدار تغییر مکان در سر شمع بین این دو نرم افزار حدود ۷٪ و در سطح زمین ۱٪ متفاوت می‌باشد. همچنین مقدار لنگر خمشی حداکثر بین این دو برنامه ۱۲٪ متفاوت است.

#### مراجع

- ۱- بهرپرور گوهری، محمد و همکاران (۱۳۸۵)؛ «مرجع کامل Plaxis»، جلد اول، چاپ اول، تهران: انتشارات فروزش
- ۲- نیرومند، بهمن، (۱۳۸۶)، «راهنمای مدل‌سازی مصالح با Plaxis»، جلد پنجم، چاپ اول، تهران: انتشارات ناقوس
۳. Cyclic.ucsd.edu/OpenSeesPL.
۴. Elgamel, A, Lu, J, Yang, ZH, (۲۰۱۰). *User Manual of OpenseesPL*, University of California, San Diego.
۵. Elgamel, A, Lu, J, (۲۰۱۱), A ۳D Finite Element User-Interface for Soil-Foundation Seismic Response, J Geotech Eng, ASCE, ۱۱۹:۵۱-۶۰.
۶. Elgamel, A, (۲۰۰۷), NONLINEAR MODELING OF LARGE-SCALE GROUND FOUNDATION STRUCTURE SEISMIC RESPONSE, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. ۴۸۸, Vol. ۴۴, No. ۲, pp. ۳۲۵-۳۳۹.
۷. G.E. Abdelrahman, A.F.elragi, ۲۰۱۲, Three Dimensional Analysis of Single Pile in Sand Using Drucker-Prager Model, Journal of Civil Engineering of Cairo University.