

## Three-Dimensional Numerical Simulation of Pile Groups in Liquefiable Soil

میثم سعادت<sup>۱</sup>، حسین معتقدی<sup>۲</sup>، عادل جاودانی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد عمران-خاک و پی [m.saadati@stu.nit.ac.ir](mailto:m.saadati@stu.nit.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری عمران-خاک و پی [ms\\_h\\_motaghedi@yahoo.com](mailto:ms_h_motaghedi@yahoo.com)

۳- کارشناس ارشد عمران-خاک و پی [Adel\\_javdani@yahoo.com](mailto:Adel_javdani@yahoo.com)

### Abstract

Soil liquefaction is one of the major factors affecting the dynamic behavior of piles founded in seismically active areas. The performance of pile foundations in liquefiable soil subjected to earthquake loading is a very complex process. Numerical analysis of pile group in a liquefiable soil was considered to investigate the influence of pile spacing on excess pore pressure distribution and liquefaction potential. The analysis is conducted using a three-dimensional finite difference program (FLAC) considering a nonlinear constitutive model for sandy soil, strength and stiffness reduction, and pile-soil interaction. Numerical analysis results show that pile group has significant influence on the dynamic response of sandy soil. As pile group reduces the amount of excess pore pressure development during seismic shaking and may even prevent liquefaction. It is found that an optimal pile spacing exists resulting in minimal excess pore pressure.

**Keywords: Pile group; Liquefaction; Pore pressure; Finite difference method.**

### ۱. مقدمه

یکی از روشهای ایمنسازی سازهها در مقابل خسارات ناشی از روانگرایی استفاده از سیستم فونداسیون شمعی است. از آنجایی که شمعهها مقاومت برشی خیلی بیشتری نسبت به خاکها دارند، آیا گروه شمع میتواند مقاومت روانگرایی خاکهای ماسهای را بهبود ببخشد. در دهه اخیر تعداد زیادی تحلیل و پژوهشهای آزمایشگاهی در ارتباط با رفتار اندرکنش خاک-شمع در خاکهای مستعد روانگرایی انجام شده است. چنگ و همکاران [۱] روش عددی بر پایه المان محدود برای مدلسازی و شبیهسازی شمع در خاک روانگرا ارائه نمودند. و نشان دادند که در حالت حضور شمع پاسخها متفاوت است. نتیجه آزمایشگاهی کاگاوا و همکاران [۲] نشان می دهد که در بیشتر حالات، فشار آب منفذی اضافی بین شمعهها بزرگتر از آن در همان تراز در فاصله دورتر از شمعهها می باشد. از سوی دیگر ساکوجو و همکاران [۳] با انجام آزمایش میز لرزان بر روی گروه شمع که شامل ۳۶ شمع است، نشان دادند که حضور گروه شمع، میزان فشار آب منفذی اضافی ایجاد شده را در هر زمان کاهش می دهد و همچنین با مقایسه آن با شرایط میدان آزاد نشان داد که حضور گروه شمع حتی ممکن است مانع روانگرایی خاکهای ماسهای شود. کلار و همکاران [۴] با انجام تحلیل عددی به بررسی اثرات گروه شمع نامحدود در خاکهای مستعد روانگرایی پرداختند. نتایج تحلیل عددی کلار و همکاران نشان میدهد که در حالت حضور شمع، مقدار فشار آب منفذی اضافی بیشینه کوچکتر از آن در حالت میدان آزاد می باشد. هنوز عدم قطعیت در درک صحیح مکانیزم پیچیده اندرکنش خاک-شمع در خاک مستعد روانگرایی وجود دارد. بنابراین میبایستی بررسی شود که آیا ترکیب گروه شمع در خاک مستعد روانگرایی، فشار آب منفذی اضافی ایجاد شده را کاهش می دهد و یا تداخل در زهکشی مانع پراکندگی و افت فشار آب منفذی شده و در نتیجه باعث افزایش فشار آب منفذی شود. از اینرو نیاز به انجام مطالعات شبیهسازی عددی و ارزیابی اثرات شمع و گروه شمع بر استعداد روانگرایی، بخصوص تحت بارگذاری لرزهای، ضروری به نظر میرسد. در این پژوهش، به منظور بررسی اثرات گروه شمع بر استعداد روانگرایی بصورت سه بعدی، از نرمافزار تفاضلات محدود  $FLAC^{3D}$  با در نظر گرفتن اندرکنش خاک-شمع استفاده شده است. بطوریکه به خوبی قادر به محاسبه فشار آب منفذی اضافی ایجاد شده در طی بارگذاری لرزهای میباشد.

<sup>1</sup> مدرس دانشگاه آزاد اسلامی آیت .. آملی واحد سما  
<sup>2</sup> عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر