بسم الله الرحمن الرحيم

پردیس دانشگاهی

گروه عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

مدلسازی تفاضل محدود روش تراکم دینامیکی در بهبود خواص تراکمی ماسه خشک

از:

مسعود حلاج پور

استاد راهنما:

دکتر میر احمد لشته نشایی

استاد مشاور:

مهندس خدابنده

اسفند ۱۳۹۲

تقدیم به:

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که در تمامی مراحل زندگی دوست و پشتیبانم بوده اند.

تقدیر و تشکر:

تمامی تلاشهایم زیر سایه شخصیت مهرگستر و خردمند استاد گرانقدر جناب آقای دکتر لشته نشایی در این تحقیق به ثمر رسید. بر خود لازم میدانم مراتب قدردانی و سپاسگذاریم را ابراز نموده و آرزوی بهترینها را برایشان از خداوند منان آرزو نمایم.

همچنین صمیمانه از دوست عزیزم جناب آقای مهندس اسداللهی که مرا در انجام این تحقیق به لطف خود یاری نمودند، تشکر می نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جداول ..... چ

فهرست شکل‌ها ..... ح

چکیده فارسی ..... ر

چکیده انگلیسی ..... ز

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مرور کلی ۲

۱-۲- روشهای متراکم سازی ۲

۱-۲-۱- تراکم با استفاده از غلتک ۳

۱-۲-۲- ارتعاش شناوری (Vibro-Flotation) ۳

۱-۲-۳- روش میله مرتعش ۳

۱-۲-۴- تراکم توسط انفجار ۴

۱-۲-۵- تراکم دینامیکی ۴

۱-۲-۶- روش زهکشی ۴

۱-۳- مزایای روش تراکم دینامیکی ۴

۱-۴- عملیات تراکم دینامیکی ۵

۱-۵- طرح مسئله ۷

۱-۶ – اهداف ۹

۱-۷- روشها ۹

۱-۸- فصول پایان نامه ۱۰

فصل دوم: ادبیات موضوع

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲- مناسب بودن تکنیک ۱۲

۲-۳- عمق بهسازی ۱۳

۲-۴- بهسازی در جهت های جانبی ۱۸

۲-۵- فرونشت زمین ۲۰

۲-۶- تنش های وارد شده ۲۳

۲-۷- فشار آب منفذی ۲۶

۲-۸- ارتعاش زمین ۳۰

۲-۸-۱- میرایی ۳۵

۲-۹- مدل سازی عددی تراکم دینامیکی ۳۶

فصل سوم: (نرم افزار FLAC)

۳-۱- مقدمه ۵۱

۳-۲- معرفی نرم افزار FLAC ۵۲

۳-۳- معرفی نرم افزار FLAC 2D ۵۶

۳-۴- مکانیزم استفاده از FLAC ۵۷

۳-۵- ارزیابی صحت عملکرد FLAC 2D Version 1.1 ..... ۵۹

۳-۵-۱- صورت مسئله اول ۵۹

۳-۵-۲- صورت مسئله دوم ۶۴

فصل چهارم: مدلسازی عددی ۶۹

۴-۱- مقدمه ۶۹

۴-۲- تعیین هندسه مطلوب برای مدلسازی ۷۰

۴-۳- مدل سازی ضربه ۷۴

۴-۳-۱- مدلسازی انرژی برخورد ۷۴

۴-۳-۲- مدل سازی ضربه با استفاده از مفهوم اندازه حرکت ۷۵

۴-۴- انجام مطالعات پارامتریک ۷۷
۴-۴-۱- اثر تراکم نسبی اولیه ۷۷
۴-۴-۲- اثر انرژی و اندازه حرکت ۸۳
۴-۴-۲-۱- ارائه نمودارهای بی بعد انرژی در برابر عمق بهبود ۸۵
۴-۴-۳- اثر ابعاد کوبه ۹۲
۴-۴-۴- تعیین روشی برای محاسبه عمق بهبود موثر به صورت کلی ۱۰۱
۴-۴-۵- تعیین عمق بهبود برای تعداد مشخصی ضربه ۱۰۲
منابع ۱۰۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

شکل ۱-۱: کوبش در محل گره ها ۵

شکل ۱-۲: کوبه ۵

فصل دوم: ادبیات موضوع

شکل ۲-۱: Grain size (mm) ۱۲

شکل ۲-۲: ماکزیمم عمق تاثیر در برابر انرژی سقوط (Mitchell ,1981) ۱۴

شکل ۲-۳: ماکزیمم عمق تاثیر در برابر انرژی سقوط (Mayne ,1984) ۱۵

شکل ۲-۴: شکل ناحیه تاثیر (Poran ,1992) ۱۷

شکل ۲-۵: عمق فرونشست نرمالیزه شدن در خاک های فروریزشی (Rollins and Kim,1994) ۲۰

شکل ۲-۶:تاثیر انرژی کوبه بر عمق فرونشست (Mayne et al. ,1984) ۲۰

شکل ۲-۷:مدل سازی فیزیکی زمین در جعبه سانتریفیوز(Oshima,1994) ۲۱

شکل ۲-۸:شتاب اندازه گیری شده کوبه در طول مدت توقف (Oshima,1994) ۲۱

شکل ۲-۹:مقایسه بین نتایج پیش بینی شده و اندازه گیری شده ماکزیمم تنش منقل شده ۲۴

شکل ۲-۱۰: مقایسه نتایج پیش بینی شده و اندازه گیری شده فشار آب منفذی (Gunaratne,1996) ۲۶

شکل ۲-۱۱: مش بندی مدل Querol وهمکاران ۲۷

شکل ۲-۱۲: امواج ایجاد شده در طول فرآیند تراکم دینامیکی (Richatو همکاران ،۱۹۷۰) ۲۹

شکل ۲-۱۳: میرایی ارتعاش زمین (Mayne ,1985) ۳۱

شکل ۲-۱۴: میرایی PPV نرمالیزه شده در برابر فاصله(Mayne,1985) ۳۱

شکل ۲-۱۵:PPV در خاک های مختلف (Lukas,1986) ۳۲

شکل ۲-۱۶: مش ها در زمین تغییر شکل یافته(Poran,1992) ۳۵

شکل ۲-۱۷: ابعاد مدل اجزا محدود وشرایط مرزی (Pan,2002) ۳۷

شکل ۲-۱۸: ابعاد مدل اجزا محدود وشرایط مرزی (Gu et al. ,2002) ۳۸

شکل ۲-۱۹: الف)مش اجزا محدود و شرایط مرزی ب) مش تغییر شکل یافته پس از ضربات ۴۰

شکل۲-۲۰: خطوط مربوط به افزایش ۲۰ و ۴۰ درصد تراکم نسبی الف)۱۰ ضربه ، ب)۲۰ ضربه (قاسمی و پاک،۲۰۰۹)۴۰
شکل ۲-۲۱: رابطه بین ناحیه متراکم شده و اندازه حرکت کل (قاسمی و پاک،۲۰۰۹)..... ۴۱
شکل ۲-۲۲: رابطه بین عمق فرونشست نرمالیزه شده و ریشه دوم تعداد ضربات (قاسمی و پاک،۲۰۰۹) ۴۱
شکل ۲-۲۳: رابطه بین عمق بهسازی و ریشه دوم انرژی وارد شده. (قاسمی و پاک،۲۰۰۹)..... ۴۲
شکل ۲-۲۴: رابطه بین شعاع کوبه و عمق بهسازی (قاسمی و پاک،۲۰۰۹)..... ۴۲
شکل ۲-۲۵: شعاع تمپر در برابر شعاع بهسازی (قاسمی و پاک،۲۰۰۹)..... ۴۳

فصل سوم: ارزیابی صحت عملکرد FLAC 2D

شکل ۳-۱: چرخه محاسبات صریح در FLAC..... ۵۱
شکل ۳-۲: شبکه تفاضل محدود ساخته شده در FLAC..... ۵۵
شکل ۳-۳: مقایسه تغییر مکان بیشینه بدست آمده از FLAC و PLAXIS..... ۵۷
شکل ۳-۴: مقایسه بیشینه تنش برشی بدست آمده از FLAC و PLAXIS..... ۵۸
شکل ۳-۵: هندسه و نحوه المان بندی مدل ساخته شده در نرم افزار FLAC..... ۶۰

فصل چهارم: مطالعات پارامتریک

شکل ۴-۱: مدل هندسی، شرایط مرزی استفاده شده و مش تغییر شکل یافته(قاسمی و همکاران)..... ۶۳
شکل ۴-۲: مدل استفاده شده توسط خالد..... ۶۴
شکل ۴-۳: هندسه و نحوه المان بندی مدل ساخته شده در نرم افزار FLAC..... ۶۷
شکل ۴-۴: نمونه ای از نمودار های نیرو در برابر زمان..... ۶۸
شکل ۴-۵: نمودار تغییرات زمان در برابر سرعت ذرات..... ۶۹
شکل ۴-۶: نمودار تغییرات تراکم نسبی در برابر عمق..... ۷۱
شکل ۴-۷: نمودار تغییرات تراکم نسبی در برابر عمق برای خاک های ارایه شده در مقاله اوشیما و تاکادا..... ۷۲
شکل ۴-۸: نمودار اثر تراکم اولیه بر بیشینه تراکم قابل حصول..... ۷۳
شکل ۴-۹: نمودار تغییرات تراکم نسبی در مقابل عمق برای یک نوع خاک ۷۴
شکل ۴-۱۰: نمودار تغییرات درجه بهبود نسبی در مقابل عمق برای یک نوع خاک و در تراکم نسبی های اولیه متفاوت ۷۵
شکل ۴-۱۱: نمودار تغییرات درجه بهبود نسبی در مقابل عمق برای سه نوع خاک ارایه شده در جدول۴-۱ ..... ۷۵
شکل ۴-۱۲: نمودار تغییرات درجه بهبود نسبی در مقابل عمق برای یک نوع خاک در ترکیبات متفاوت انرژی و اندازه حرکت
..... ۷۶

شکل ۴-۱۳: نمودار تغییرات عمق بهبود در مقابل تعداد ضربات برای ترکیبات متفاوت انرژی و اندازه حرکت..... ۷۸
شکل ۴-۱۴: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل انرژی برخورد کوبه (تن.متر) انرژی برابر ۲۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۲۰۰تن.متربرثانیه..... ۸۰
شکل ۴-۱۵: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل انرژی برخورد کوبه (تن.متر) انرژی برابر ۴۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۴۰۰ تن.متر بر ثانیه..... ۸۱
شکل ۴-۱۶: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل انرژی برخورد کوبه (تن.متر) انرژی برابر ۸۰۰ تن.متر و اندازه حرکت ۸۲
شکل ۴-۱۷: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل انرژی بدون بعد..... ۸۳
شکل ۴-۱۸: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت (تن.متر بر ثانیه)..... ۸۴
شکل ۴-۱۹: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۲۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۲۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۶
شکل ۴-۲۰: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۴۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۲۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۶
شکل ۴-۲۱: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۲۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۴۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۷
شکل ۴-۲۲: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۴۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۴۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۷
شکل ۴-۲۳: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۴۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۸۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۸
شکل ۴-۲۴: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۸۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۴۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۸
شکل ۴-۲۵: نمودار تغییرات عمق بهبود بدون بعد در مقابل اندازه حرکت در برابر شعاع کوبه (متر) انرژی برابر ۸۰۰ تن.متر و اندازه حرکت برابر ۸۰۰ تن.متربرثانیه..... ۸۹
شکل ۴-۲۶: نمودار تغییرات شعاع بهینه کوبه (متر) در مقابل تغییرات اندازه حرکت و انرژی..... ۹۰
شکل ۴-۲۷ نمودار تغییرات پارامتر بدون بعد شعاع کوبه در مقابل عمق بهبود بی بعد شده در برابر مساحت کوبه (I_r=60%) ۹۱

شکل ۴-۲۸: نمودار تغییرات پارامتر بدون بعد شعاع کوبه در مقابل عمق بهبود بی بعد شده در برابر مساحت کوبه (l_r=45%) ۹۲
شکل ۴-۲۹: نمودار تغییرات پارامتر بدون بعد شعاع کوبه در مقابل عمق بهبود بی بعد شده در برابر مساحت کوبه (l_r=30%) ۹۲
شکل ۴-۳۰: نمودار تغییرات پارامتر بدون بعد شعاع کوبه در مقابل عمق بهبود بی بعد شده در برابر مساحت کوبه (l_r=15%) ۹۳
شکل ۴-۳۱: نمودار تغییرات پارامتر بدون بعد شعاع کوبه در مقابل عمق بهبود بی بعد شده در برابر مساحت کوبه در درجات بهبود نسبی اولیه متفاوت ۹۴
شکل ۴-۳۲: نمودار تغییرات پارامتر بدون بعد عمق بهبود برای تعداد ضربات مشخص به پارامتر بدون بعد تعداد ضربات ۹۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل دوم: ادبیات موضوع

جدول ۲-۱: مناسب بودن برای عملیات تراکم دینامیکی ۱۲

جدول ۲-۲: تعیین ضریب n ۱۵

جدول ۲-۳: فرونشست سطحی در انواع خاک (Solocombe, ۱۹۹۳) ۱۹

فصل سوم: معرفی و تئوری FLAC و مدلسازی عددی

جدول۳-۱: مقایسه نتایج محاسبه شده عمق چاه توسط FLAC با نتایج اندازه گیری شده در محل (سانتی متر) ۵۶

فصل چهارم: نتایج مدلسازی عددی

جدول۴-۱: خصوصیات خاک های استفاده شده در مدلهای اوشیما و تاکادا ۷۲

جدول۴-۲: مقادیر انرژی و اندازه حرکت برای بررسی اثر انرژی و اندازه حرکت درخاک ۷۶

جدول۴-۳: مقادیر انرژی و اندازه حرکت برای بررسی اثر انرژی و اندازه حرکت ۷۷

جدول۴-۴:ترکیبات متفاوت انرژی و اندازه حرکت ۷۹

جدول۴-۵: خصوصیات خاک های استفاده شده در مدلسازی برای تعیین اثر محدوده ضربه ۹۶

چکیده

مدلسازی تفاضل محدود روش تراکم دینامیکی در بهبود خواص تراکمی ماسه خشک

مسعود حلاج پور

هدف از این مطالعه مدلسازی عددی روش تراکم دینامیکی با استفاده از روش تفاضل محدود برای بررسی رفتار خاک های ماسه ای خشک می باشد. برای این منظور از نرم افزار FLAC 2D V5 استفاده شده است. با بررسی نتایج و انجام مدلسازی بر روی یکی از مناطق پتروشیمی عسلویه ،مدل رفتاری موهر-کلمب مورد صحت سنجی قرار گرفت. بر پایه مدل مورد تایید ،نمودار های اندازه حرکت در برابر عمق بهبود بدون بعد ترسیم شد که از این نمودارها برای تعیین عمق بهبود در ترکیبات مختلف ارتفاع سقوط و وزن کوبه استفاده می گردد.

کلمات کلیدی: عملیات تراکم دینامیکی، خاک ماسه ای خشک، نرم افزار تفاضل محدود FLAC 2D

فصل اول (مقدمه)

۱-۱) مرور کلی

ارتقا کیفیت خصوصیات خاک یک فرایند لازم برای بیشتر پروژه‌های مهندسی است. این فرایند از دوران باستان تا هم اکنون مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های بهسازی خاک که به منظور ارتقا خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده قرار میگیرند، هزینه ساخت و ساز و پی سازی را کاهش داده، موجب صرفه جویی در مدت زمان اجرای پروژه میشوند و ریسک‌های غیر قابل پیش بینی را کاهش می‌دهد.

تکنیک‌های بهسازی خاک در چند گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. بهسازی خاک میتواند با روش‌های تراکم، مسلح کردن، حذف خاک نامناسب و جانشینی خاک مناسب، روشهای بیولوژیکی و تغییرات فیزیکی-شیمیایی انجام پذیرد. هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایبی نسبت به روش دیگر دارند. تراکم معمول ترین روش است زیرا عموما ارزان تر از روشهای دیگر به خصوص در مساحت‌های بزرگ می‌باشد.

۱-۲) روش های متراکم سازی

ذرات ساختمان یک خاک به طرق بسیار متفاوتی قابل آرایش است. به هر حال مقاومت و سختی خاک هنگامی که ذرات در یک بافت متراکم قرار گیرند بیش تر از زمانی است که به صورت متخلخل کنار هم واقع باشند. همچنین تمایل به گسترش فشار آب حفره ای مثبت زمانی که خاک متراکم است کم تر از هنگامی است که متخلخل باشد در نتیجه عملیات متراکم سازی یکی از مؤثرترین و متداول ترین روش ها جهت اصلاح خواص خاک ها برای کاهش خطرات لرزه ای می باشد.

متداول ترین روش های متراکم سازی از تمایل خاک به متراکم شدن در ارتعاش استفاده می کنند. به همین علت میزان مؤثر بودن آن ها برای خاک های غیرچسبنده از قبیل ماسه های تمیز و شن ها بیش ترین مقدار می باشد.

۱-۲-۱) تراکم با استفاده از غلتک

این روش متداولترین شیوه تراکم است که برای انواع پروژه کاربرد دارد. انتخاب نوع غلتک بر اساس نوع خاک بستر سایت انجام می پذیرد. این روش در بسیاری از پروژه ها کارآمد و نسبت به روشهای دیگر ارزان است.

۱-۲-۲) ارتعاش شناوری (Vibro-Flotation)

در ارتعاش شناوری یک وسیله مرتعش شونده شناور (Vibro-flot) که توسط جرثقیل معلق نگاه داشته می شود، برای متراکم کردن یک لایه ی خاک مورد استفاده قرار می گیرد. مرتعش شونده هایی شناوری که معمولاً دارای قطر (۳۰ تا ۴۶ سانت) و طول حدود (۳ تا ۹/۴ متر) می باشند. از وزنه هایی که به صورت خارج از مرکز حول یک محور قرار دارند، تشکیل می شوند. محور فوق الذکر را به وسیله ی یک محرک الکتریکی یا هیدرولیکی می توان جابه جا کرد.

مرتعش شونده ابتدا به وسیله ی ترکیبی از ارتعاش و جت آب یا هوا از منافذ مخروطی خود تا انتهای لایه ی خاک پایین برده می شود. سپس مرتعش شونده در ضخامت های ۶۰ تا ۹۰ سانت با سرعت متوسط ۳۰ سانتیمتر بر دقیقه در حالی که هنوز مرتعش می باشد، بالا کشیده می شود. ارتعاش شناوری مؤثرترین روش برای خاک های دانه ای یا درصد ریزدانه کم تر از ۲۰ و درصد رس زیر ۳ می باشد در چنین خاک هایی این روش در شعاع ۳۰ تا ۴۶ سانتیمتر از مرتعش شونده دانسیته ی بالا و در شعاع های بزرگ تر دانسیته ی پایین تری تولید می کند .

۱-۲-۳)روش میله مرتعش

سیستم‌های ارتعاش میله از یک چکش شمع کوب ویبره استفاده می کند تا میله ایبلند (probe) را داخل خاک فرو برند، سپس در حالی که میل هنوز مرتعش می باشد از خاک بیرون کشید موجب تراکم نمودن آن می گردد به منظور حداقل رساندن نشست ناشی از متراکم سازی در سطح زمین و یا عمق مقداری خاک اضافه ریخته می شود.

۱-۲-۴) تراکم توسط انفجار

مصالح دانه ای متخلخل و سست به وسیله ی عملیات انفجاری نیز قابل متراکم ساختن می باشند. تراکم توسط انفجار شامل انفجار خرج های متعددی بوده، که در چال های قایم به فواصل ۳ تا ۶ متر از هم دیگر جاگذاری می شود. چال ها معمولاً در فواصل ۵ تا ۱۵ متری تعبیه شده و قبل از انفجار دهانه ی آن ها مسدود می گردد. انفجار مؤثرترین روش جهت تراکم ماسه های متخلخلی است که دارای کم تر از ۲۰ درصد لای و ۵ درصد رس می باشد، حتی مقدار کمی رس یا رگه های باریکی از رس می تواند مقدار قابل ملاحظه ای تاثیر انفجار را کاهش می دهد انفجار در خاک های خشک کاملاً مؤثر می باشد .

۱-۲-۵) تراکم دینامیکی

تراکم دینامیکی با تکرار سقوط یک وزنه ی سنگین در نقاط مختلف در سطح زمین انجام می گیرد. وزنه ها معمولاً از صفحات فولادی و یا بتن مسلح ساخته شده اند. انرژی کل منتقل شده به خاک تابعی از وزن وزنه، ارتفاع سقوط، ابعاد شبکه و تعداد ضربات در هر نقطه می باشد.

۱-۲-۶) روش زهکشی

هدف از اجرای روش زهکشی برای مقابله با روان گرایی، افزایش ظرفیت زهکشی مقطع خاک با استفاده از به کار بردن مصالح با نفوذپذیری بالا در سطح زمین است. این چنین زهکشی عموماً به شکل اجرای شمع انجام می گیرد (Noda-۱۹۷۵) دیگر روش های زهکشی پیشنهادی، زهکشی توسط چاه زهکشی اطراف یک سازه و الحاق یک وسیله ی زهکشی به شمع فولادی یا پرده ی سپر می باشد. قلوه سنگ و بتن را نیز می توان به عنوان مصالح پشت دیوارهای ساحلی به عنوان نوعی زهکشی در نظر گرفت البته به شرطی که پرده ی سپر نفوذپذیر استفاده شده از شسته شدن ماسه ها جلوگیری کند.

۱-۳) مزایای روش تراکم دینامیکی

تراکم دینامیکی[۱] (DC) یکی از تکنیک‌های تراکم است. در این روش کوبه[۲]، تا ارتفاع معینی بالابرده شده و رها می‌گردد و موج ایجاد شده در زمین موجب تراکم خاک می‌شود. این روش دهه‌هاست به منظور اصلاح خواص مکانیکی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد و امروز به دلایل زیر به صورت گسترده ای به کار می‌رود:

برای انواع خاک‌ها می‌تواند موفق عمل کند.

تکنولوژی یا تجهیزات پیچیده‌ای نیاز ندارد.

از نظر اقتصادی با روش‌های دیگر قابل رقابت است

از منظر زیست محیطی بی ضرر است (هیچ ماده شیمیایی تزریق نمی‌شود)

۱-۴) عملیات تراکم دینامیکی

معمولا، جرثقیل برای بالا بردن کوبه مورد استفاده قرار می‌گیرد. وزن کوبه دربازه‌ای بین ۵ تا ۴۰ تن و ارتفاع سقوط در بازه ای بین ۱۰ تا ۳۰ متر می‌باشد. به این ترتیب کوبه تا ارتفاع مطلوب بالا برده شده و رها می‌گردد و به زمین ضربه می‌زند. این فرایند به صورت دوره‌ای انجام می‌شود و در پایان دوره کوبه به گره دیگری که در شبکه کوبش تعیین شده منتقل شده و دور بعدی کوبش در محل جدید آغاز می‌شود. در پایان تست‌های درجا (SPT, CPT) برای تعیین خصوصیات خاک انجام شده و در صورت نیاز، برای اقدامات بعدی تصمیم گیری می‌شود. کوبش در محل گره‌ها انجام می‌شود و چندین بار کوبش اجرا می‌گردد تا به میزان مطلوب، خواص فیزیکی خاک بهسازی شود.

---

[۱] *Dynamic Compaction*

[۲] *tamper*

شکل ۱-۱) کوبش در محل گره ها

شکل ۱-۲) کوبه

۱-۵) طرح مسئله

منابع و مقالات بسیاری، اثر بخشی روش تراکم دینامیکی در خاک‌های غیر چسبنده تایید نموده اند. در این پایان نامه بر مدل‌سازی عددی مکانیزم تراکم دینامیکی در خاکهای ماسه ای خشک تمرکز شده است.

موفقیت تراکم دینامیکی وابسته به شرایط اولیه خاک و همچنین متدولوژی طراحی برای انتخاب انرژی کوبش مناسب است. به منظور طراحی می‌بایست اطلاعات ذیل موجود باشد:

- ✓ شرایط اولیه خاک
- ✓ پروفیل خاک
- ✓ عمق خاک که نیاز به بهسازی شرایط فیزیکی دارد.
- ✓ ماکزیمم مقدار بهسازی[۱]

بر اساس اطلاعات جمع آوری شده و همچنین مدل طراحی موجود، مهندسین می‌بایست قادر باشند جرم کوبه را انتخاب نمایند، ارتفاع پرتاب، فاصله نقاط کوبش و تعداد کوبش در هر نقطه را تعیین نمایند و احتمال آسیب به سازه‌های مجاور در اثر ارتعاشات حاصل را بررسی نمایند.

چندین مدل طراحی مختلف، بر اساس چندین آزمایش درجا، و آزمایشات کوچک-مقیاس آزمایشگاهی برای انواع مختلف خاک وجود دارد. مدلهای طراحی جدید حداکثر عمق تاثیر را با رابطه ذیل به انرژی کوبش مربوط میدانند:

$$DI = n\sqrt{WH} \qquad (۱-۱)$$

که در آن n ضریبی وابسته به خصوصیات خاک و شرایط محلی ست. DI عمق تاثیر، W وزن کوبه، و H ارتفاع سقوط است. بیشینه عمق بهسازی با روش‌های موجود قابل تخمین است. هر چند این مدل‌ها نمی‌توانند اطلاعات کافی برای ارائه پاسخ دقیق به سوالات ذیل در اختیار بگذارند:

---

[۱] Improvement

تاثیر خصوصیات اولیه خاک بر عمق و میزان بهسازی خاک چیست؟

بعد از عملیات، چگالی خاک چه مقدار خواهد بود؟

به همین دلیل، نیاز به مطالعه بیشتر بر روی اثرات کوبش دینامیکی و در نتیجه تکامل متدهای طراحی با اهداف ذیل احساس میشود:

- ✓ برآورد فرورفتگی زمین در اثر تراکم دینامیکی
- ✓ عمقی که در آن خواص خاک در اثر تراکم دینامیکی به میزان مطلوب، بهسازی پیدا میکند و چگالی خاک بعد از عملیات تراکم.
- ✓ برآورد دامنه و فرکانس ارتعاش زمین

۱-۶) اهداف

اهداف این پایان نامه عبارت اند از:

توسعه مدل عددی تراکم دینامیکی (DC) در خاکهای ماسه ای خشک، به منظور درک دقیقتر رفتار این نوع خاکها.

ارائه راهکاری برای مدلسازی تراکم دینامیکی با در نظر گرفتن اثر مهمترین پارامترها از جمله ارتفاع سقوط، وزن کوبه و سطح مقطع کوبه.

ارائه راه حلی برای تعیین مقدار عمق بهبود در شرایط متفاوت.

بررسی تاثیر پارامترهای موثر بر روند تراکم خاک، از جمله، انرژی کوبش، اندازه حرکت کوبش و سطح مقطع کوبه.

ارائه نتایج به صورت بی بعد به گونه ای که محدوده وسیعی از متغیرهای تاثیر گذار در تراکم دینامیکی را در بر گیرد.