

شرکت آدیش

**گزارش طراحی الگوی تراکم دینامیکی زمین
آب شیرین کن**

زمستان ۱۴۰۲

فهرست مطالب:

- ۱- مقدمه و اهداف ۱
- ۲- وضعیت ژئوتکنیکی محدوده طرح ۲
- ۳- روش های بهسازی خاک ۵
- ۴- روش پیشنهادی برای بهسازی خاک ۷
- ۵- طراحی روش تراکم دینامیکی ۱۰
- ۶- بررسی کفایت الگوی تراکم دینامیکی آزمایشی ۱۸
- ۷- بررسی شرایط مقاومتی و نشست پذیری خاک پس از اجرای بهسازی ۱۸
- ۸- جمع بندی و پیشنهادات ۲۱

۱- مقدمه و اهداف

مقرر است پروژه آب شیرین کن شرکت آدیش در بخش جنوبی پالایشگاه سیراف و در مجاورت خلیج فارس به مساحت تقریبی ۱۲۰۰ متر مربع احداث گردد. براساس مطالعات ژئوتکنیک انجام شده توسط شرکت مهندسين مشاور پی کاو در پاییز سال ۱۴۰۱ مشخص گردیده که زمین اختصاص یافته به این پروژه از نوع استحصالی بوده که با ریختن خاک دستی دانه ای بر روی بستر طبیعی زمین ایجاد شده است. با توجه به نتایج گزارش مطالعات ژئوتکنیک، خاک استحصالی تا عمق حداکثر ۱۱/۵ متری از تراکم و تجانس مناسب برای استقرار فونداسیون ها برخوردار نبوده و توصیه اکید مشاور ژئوتکنیک طرح بر آنست که از احداث و اتکای فونداسیون ها بر روی خاک موجود پرهیز گردد، مگر آنکه به طریقی خصوصیات مقاومتی و تراکم بستر استحصالی ارتقا یافته و از بروز مشکلاتی از قبیل نشست نامتقارن، عدم پاسخگویی ظرفیت باربری و افتادگی های ساختاری جلوگیری شود.

هدف از ارائه این گزارش طراحی روش تراکم دینامیکی به عنوان یکی از راهکارهای بصره و کارآمد در این پروژه بوده تا بتوان خصوصیات مقاومتی خاک را ارتقا بخشید. در این گزارش، ابتدا به بررسی شرایط ژئوتکنیکی محدوده پرداخته شده و در نهایت الگوی پیشنهادی کوبش براساس استانداردها و ضوابط کنترلی ارائه گردیده است. موقعیت جغرافیایی پروژه در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.



شکل شماره ۱: موقعیت جغرافیایی سایت آب شیرین کن شرکت آدیش

۲- وضعیت ژئوتکنیکی محدوده طرح

مطالعات ژئوتکنیک سایت آب شیرین کن آدیش در پاییز سال ۱۴۰۱ توسط شرکت مهندسين مشاور پی کاو با حفر دو گمانه به عمق ۲۰ متر انجام شده است. براساس نتایج بدست آمده از این گزارش، دو سازند اصلی تشکیلات زمین را شامل میشود.

- خاک دستی متراکم نشده با ضخامت های ۱۰ و ۱۱/۵ متر به ترتیب در گمانه های شماره ۲ و ۴. این تشکیلات به علت ماهیت استحصالی ساختگاه به وسیله ماشین آلات و بادپو مصالح دانه ای ایجاد شده است و تراز زمین را جهت بهره برداری های فنی ارتقا و تسطیح کرده است. این لایه عمدتاً از جنس شن و ماسه و مقداری لای و رس با طبقه بندی یونیفاید GC تا GM-GC و SM تا SC طبقه بندی شده است. براساس نتایج آزمایش نفوذ استاندارد در این لایه، متوسط نتایج برابر ۱۳ ضربه می باشد که حاکی از تراکم پایین زمین استحصالی نسبت به حداقل های پیش بینی شده برای کوبش و تراکم لایه های استحصالی است.
 - زمین طبیعی که از عمق حداکثر ۱۱/۵ متری تا حداکثر عمق حفاری (۲۰ متر) متشکل از لایه های دانه ای با طبقه بندی یونیفاید GC تا SM شناسایی شده است. این لایه از تراکم مناسبی برخوردار بوده، به گونه ای که ضربات SPT از ۳۴ ضربه تا حد اکثر ۱۰۰ ضربه متغیر بوده و بدلیل ماهیت طبیعی بودن آن استقرار و انتقال تنش های خاک به این لایه قابلیت بررسی و کنترل شرایط مقاومتی با مراجع و استانداردها و روابط ژئوتکنیکی را داراست.
- مشخصات ژئوتکنیکی سازندهای شناسایی شده در گزارش مطالعات ژئوتکنیک طرح در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است.

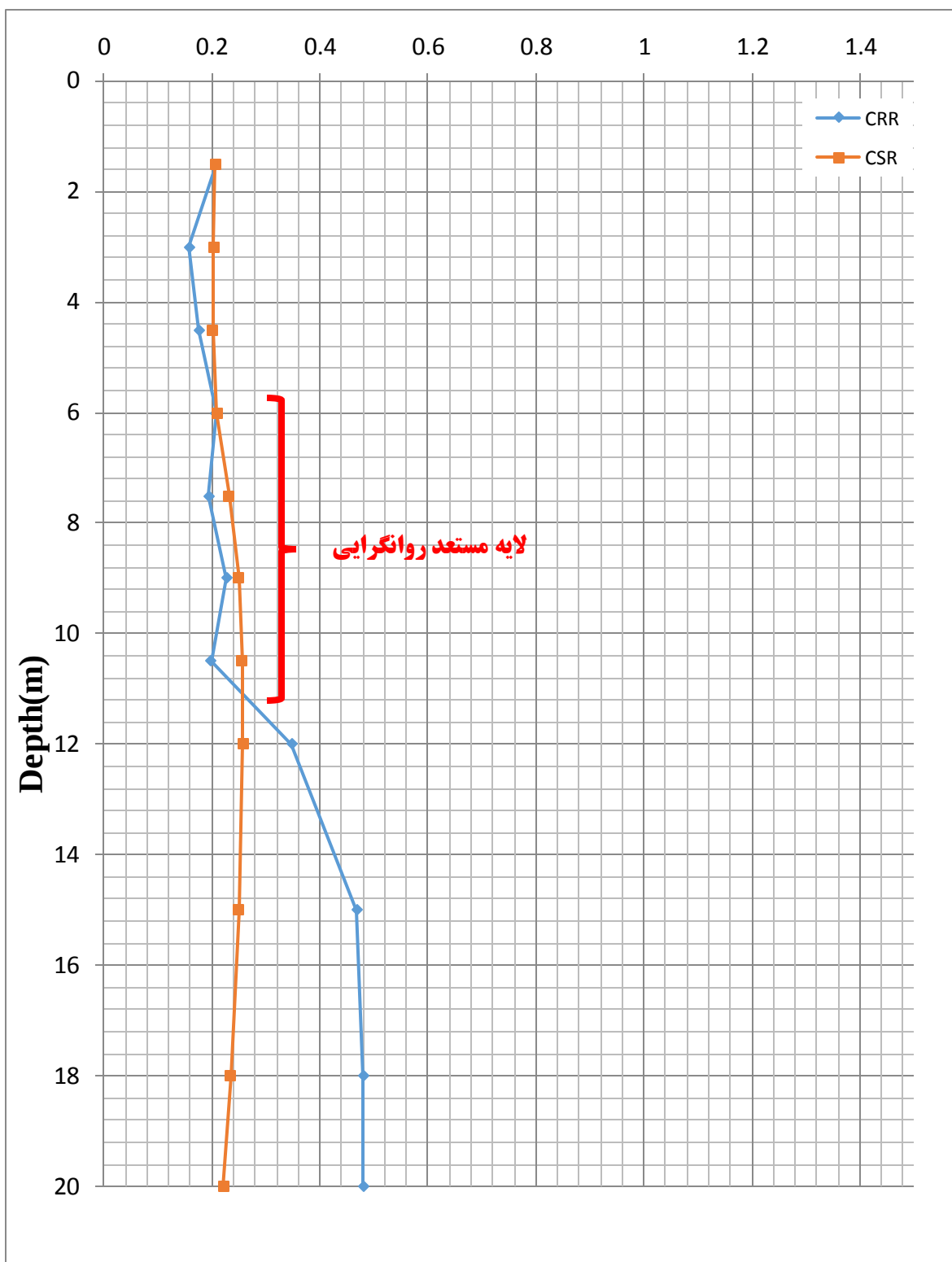
BH No.	Soil Description	USCS Classification	Depth (m)	N _{SPT}	E kg/cm ²	C kg/cm ²	Φ	γ _d gr/cm ³	u
2	Uncompacted to not well compacted filled material	GC to GM-GC	0-10	15	---	---	---	1.66	0.35
	Natural ground	SM	10-12	33	200	0	33	1.8	0.35
		GM-GC	12-15	23	213	---	---	1.89	0.3
		GM-GC	15-18	50	426	---	---	---	0.3
		SM	18-20	42	246	---	---	---	0.35
4	Uncompacted to not well compacted filled material	GC	0-2	12	---	---	---	---	0.35
		SC to SM	2-11.5	12*	---	---	---	---	0.35
	Natural ground	SM	11.5-15	25	157	0	30	1.76	0.35
		SM	15-20	33	200	---	---	---	---

جدول شماره ۱: مشخصات ژئوتکنیکی لایه های شناسایی شده در مطالعات ژئوتکنیک طرح

مضافاً براساس نتایج به دست آمده سطح آب زیرزمینی (آب دریا) در عمق ۵,۵ متری سطح پروژه می باشد.

یکی از علل مهم خرابی ها در خلال زلزله ها گسیخته شدن زمین میباشد. گسیختگی زمین ممکن است به واسطه وجود ترکها و شکافها، حرکات غیر طبیعی و یا نامساوی و یا از دست دادن مقاومت آن بوقوع پیوندد. از دست دادن مقاومت زمین ممکن است در زمینهای ماسهای اشباع با تراکم پایین به علت افزایش فشار آب حفرهای اتفاق افتد که این پدیده را سیلان یا روانگرایی خاک می نامند. افزایش فشار آب حفره ای به کم شدن یا حتی از بین رفتن کامل مقاومت برشی خاک می انجامد. خاک هایی که مقاومت برشی خود را به طور کامل از دست می دهند مانند یک مایع غلیظ عمل کرده و در خلال زلزله به صورت سیلان و جوشش ماسه ظاهر می شوند. با توجه به وجود لایه های ماسه ای و سیلتی اشباع با ضخامت قابل توجه در اعماق مختلف و همچنین نتایج آزمایش SPT، امکان وقوع پدیده روانگرایی بررسی شده است.

براساس نتایج تحلیل روانگرایی مندرج در گزارش مطالعات ژئوتکنیک، خطر بروز روانگرایی با توجه به نوع مصالح و تراکم پایین آن در عمق ۶ تا ۱۱/۲ متری وجود دارد. لذا بهبود شرایط تراکمی خاک تا عمق مذکور جهت تعیین کاربری و استقرار فونداسیون ها بر روی لایه استحصالی ضرورت دارد. نتایج تحلیل روانگرایی در شکل شماره ۲ نمایش داده شده است.



شکل شماره ۲: دیاگرام ارزیابی خطر وقوع روانگرایی

۳- روش های بهسازی خاک

بهبود خواص ژئوتکنیکی خاک به منظور تقویت شرایط فیزیکی و مکانیکی، بهسازی زمین (soil Improvement) نامیده می شود. هدف از بهسازی زمین، افزایش ظرفیت باربری و کاهش تراکم پذیری خاک های طبیعی و خاکریز های مصنوعی در برابر بارهای وارده است. اهداف بهسازی زمین را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- افزایش مقاومت و ظرفیت باربری برشی خاک
- کاهش تغییرشکل ها در اثر بارگذاری
- کاهش تراکم پذیری خاک
- افزایش تراکم نسبی
- کاهش و حذف خطر بروز پدیده روانگرایی
- پایدارسازی خاک ها و تشکیلات رمبنده
- کنترل تورم و انقباض خاک
- کاهش تغییرشکل پذیری و کرنش های برجا
- پیشگیری از تغییرات شیمیایی یا فیزیکی زیان آور به دلیل شرایط محیطی
- افزایش مقاومت در برابر فرسایش
- پایدارسازی شیب ها

روش های مختلفی برای بهسازی خاک وجود دارد که به چند گروه تقسیم می شوند. تعیین روش مناسب برای هر نوع سازه و ابنیه بستگی به مشخصات ژئوتکنیکی زمین، نوع سازه و تجهیزات در دسترس دارد. در حالت کلی روش های مختلف بهسازی خاک به ۷ گروه اصلی به شرح زیر تقسیم میشوند:

گروه اول: روش های متراکم سازی خاک

این روش ها شامل تراکم دینامیکی، تراکم ارتعاشی، ایجاد ستون های سنگی با جایگزینی ارتعاشی، تزریق تراکمی و انفجارات عمقی می باشد. متراکم سازی باعث کاهش فضای خالی بین دانه ها و افزایش دانسیته خاک شده و در نتیجه پارامترهای مقاومتی و نشست

پذیری خاک را بهبود می بخشد. روش های مورد استفاده برای افزایش دانسیته خاک را می توان به سه دسته ارتعاش، تراکم و ایجاد جابجایی تقسیم بندی کرد.

گروه دوم: روش های ایجاد چسبندگی در خاک

این روش شامل تزریق دوغاب، تزریق مواد شیمیایی و انجماد میباشد. تزریق روشی است که در آن دوغاب به داخل زمین و تحت فشار تزریق می شود تا مشخصات عملکردی زمین را بهبود ببخشد. تزریق در خاک و سنگ در ۵ دسته طبقه بندی می شود: (۱) تزریق نفوذی (۲) تزریق تراکمی (۳) تزریق شکست هیدرولیکی (۴) تزریق جبرانی (۵) تزریق پرفشار

گروه سوم: روش های مسلح سازی خاک

این روش با استفاده از ژئوسینتتیک ها، مهار خاک، ریز شمع ها، تزریق شکافتی، اختلاط خاک و تسمه ها و شبکه های فلزی و ... صورت میگیرد. در این رویکرد، مقاومت و نشست پذیری زمین با افزودن مواد اضافی که نقش تسلیح دارند، بهبود می یابد. مواد مسلح کننده می تواند طبیعی (مانند سنگ، شن و ماسه)، مصالح معمول ساختمانی (مانند سیمان، آهک و فولاد)، مصالح مصنوعی (پلیمری) نظیر ژئوسنتتیکها و یا ترکیبی از این مواد باشد.

گروه چهارم: روش های جایگزینی خاک

شامل خاکبرداری و خاکریزی مهندسی مجدد با مصالح مرغوب و یا جایگزینی با بتن و یا ترکیبی از بتن و قلوه سنگ است.

گروه پنجم: روش های تغییرات فیزیکی و شیمیایی

این روش شامل انواعی از جمله الکترواسمز، انجماد، تزریق دوغاب آهک یا تزریق مواد شیمیایی میباشد.

گروه ششم: روش های تبدیل بیولوژیکی

شامل سیستم های بیولوژیکی و پوشش گیاهی و کاهش آنزیمی است.

گروه هفتم: روش های پیش بارگذاری

پیش بارگذاری به فرآیند فشردگی خاک تحت فشار عمودی اطلاق می گردد. این روش شامل انواعی از جمله پیش بارگذاری به وسیله خاکریز، پیش بارگذاری توسط خلأ یا ایجاد مکش می باشد.

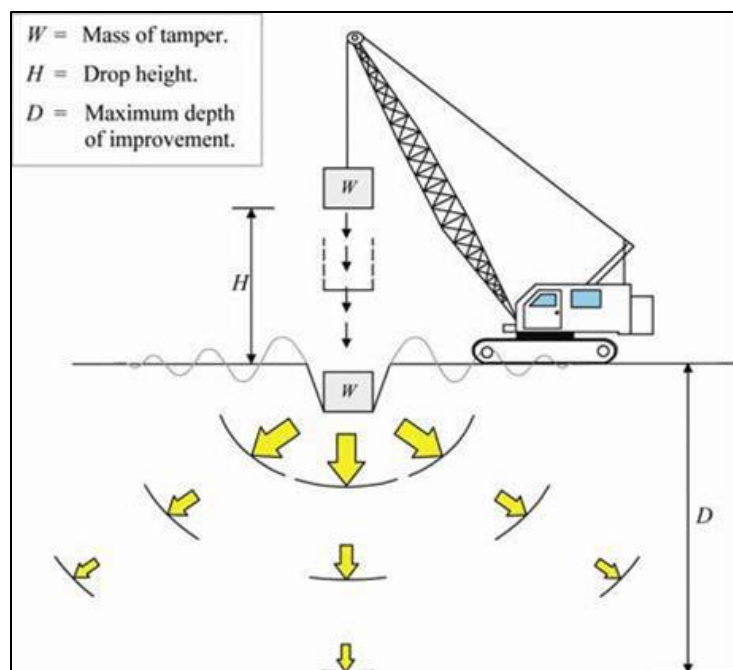
تعیین روش مناسب برای هر نوع سازه و ابنیه بستگی به مشخصات فنی و کاربری سازه دارد.

۴- روش پیشنهادی برای بهسازی خاک محدوده پروژه

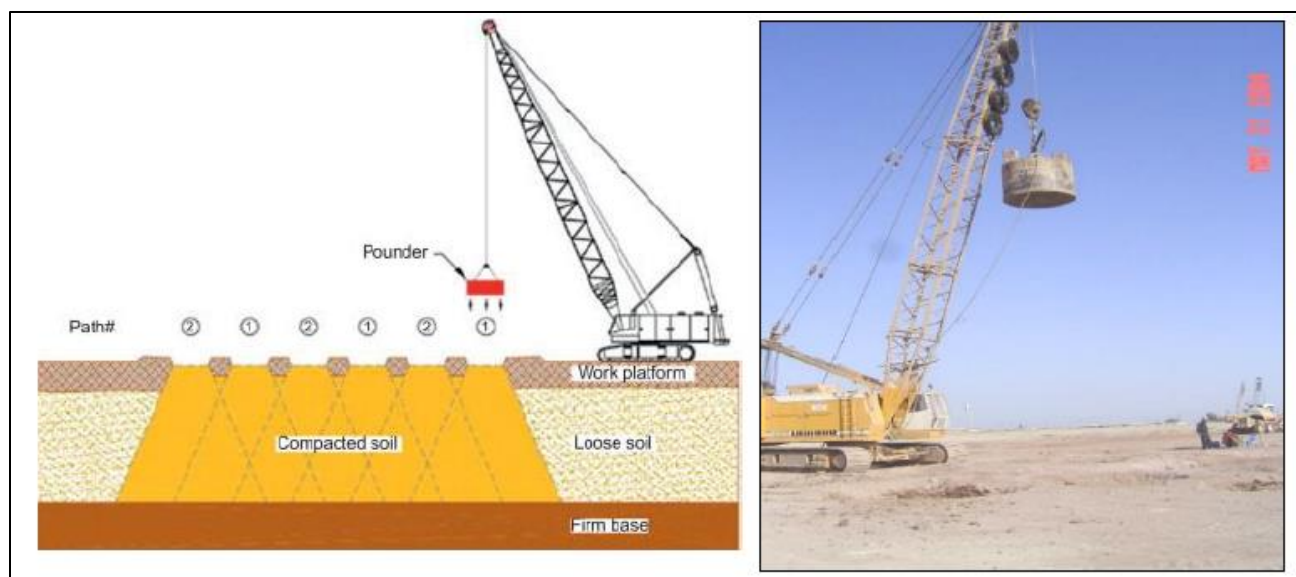
با توجه به نتایج به دست آمده از وضعیت تراکمی ناحیه استحصالی و نیز توصیه اکید مشاور ژئوتکنیک مبنی بر پرهیز از هرگونه ساخت و ساز و استقرار فونداسیون بر روی مصالح متراکم نشده موجود، همچنین خطر بروز روانگرایی در لایه استحصالی، بهبود شرایط تراکمی خاک در این گزارش مد نظر بوده که براساس امکان سنجی و برآورد هزینه و سرعت اجرا به عنوان روش بهینه بهسازی بستر در نظر گرفته شده است. براساس اطلاعات بدست آمده از کارشناسان محترم پروژه، نیاز است تا طرح مذکور بتواند خصوصیات مقاومتی و نشست پذیری ساختگاه را به گونه ای ارتقا دهد تا حداقل مقاومت مجاز 1.0Kg/cm^2 به ازای نشست حداکثر 5.0cm در پروژه قابل دستیابی باشد. ضمن اینکه تجانس تراکمی خاک بایستی به گونه ای ارتقا یابد که از بروز هرگونه نشست نامتقارن تحت بار بهره برداری تجهیزات و فونداسیون های پروژه آب شیرین کن جلوگیری بعمل آید. لازم بذکر است گزینه استفاده از پی های شمعی در صورت عدم کفایت بهسازی خاک می تواند مطرح شود.

۴-۱- تراکم دینامیکی (Dynamic Compaction)

امروزه روش تراکم دینامیکی به طور وسیعی در نقاط مختلف جهان جهت بهسازی زمین های خشک، غیر اشباع و یا خاک های دانه ای سست زیر سطح آب زیرزمینی به کار می رود. تراکم دینامیکی در حقیقت کوبش سطح یک توده سست خاک است که بر اثر آن دانسیته نسبی و تراکم خاک افزایش یافته و بر ظرفیت باربری آن افزوده می گردد. این امر از طریق سقوط آزاد یک وزنه سنگین از ارتفاع صورت می پذیرد. تراکم دینامیکی شامل استفاده از یک کوبه معمولاً بین ۵ تا ۳۵ تن و ارتفاع سقوط بین ۱۰ تا ۳۰ متر متغیر می برده شده و برای ضربه زدن به زمین رها می شود. وزن کوبه معمولاً بین ۵ تا ۳۵ تن و ارتفاع سقوط بین ۱۰ تا ۳۰ متر متغیر می باشد. البته مقادیر فراتر از این بازه ها نیز در پروژه های مختلف مشاهده شده است. به عنوان نمونه Gambian در یکی از پروژه ها پرتاب کوبه به جرم ۲۲۰ تن از ارتفاع ۲۴ متر را گزارش کرد. کوبه هایی با وزن حدود ۲۵ تن یا کمتر را می توان با یک جرثقیل سنگین شامل یک کابل بالا برنده که بصورت آزاد قابلیت حرکت دارد از ارتفاع معین پرتاب کرد. رها بودن قرقره کابل بدین منظور است که سقوطی آزاد برای کوبه ایجاد شود. جنس کوبه ای که در این روش استفاده می شود عموماً شامل صفحات فلزی، پوسته های فولادی پر شده از بتن و یا بتن مسلح است. مقطع وزنه ها نیز معمولاً مربعی، دایره ای و یا هشت ضلعی می باشد. شکل های شماره ۳ تا ۵ فرآیند عملیات تراکم دینامیکی را نمایش می دهد.



شکل شماره ۳: مکانیزم عملیات تراکم دینامیکی عمیق



شکل شماره ۴: تجهیزات و عمق تاثیر عملیات تراکم دینامیکی خاک



شکل شماره ۵: تصویری از انجام عملیات تراکم دینامیکی در منطقه عسلویه

انرژی ناشی از برخورد از طریق امواج حجمی به اعماق خاک منتقل شده و با تغییر نحوه قرارگیری دانه ها نسبت به هم ، توده متراکم تری را ایجاد می کند . انرژی معمولاً در چند فاز و بر روی یک شبکه در کل منطقه در یک یا چند مرحله وارد می شود.

بعد از هر مرحله و قبل از شروع مرحله بعد چاله های بوجود آمده توسط یک بلدوزر تسطیح شده و یا توسط مصالح دانه ای پر می شوند . درجه بهبود خواص خاک تابعی از انرژی وارد شده می باشد. عوامل گوناگونی بر میزان تأثیرگذاری این روش در بهسازی خاک دخیل هستند . نوع خاک، وزن و ارتفاع سقوط کوبه، فواصل کوبش و تعداد ضربات در هر نقطه از شبکه و سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد کوبش از جمله مهمترین عوامل تأثیر گذار هستند. کوبه های سبکتر و ارتفاع سقوط های کمتر منجر به عمق موثر در محدوده ۳ تا ۵ متر می شوند. براساس مشاهدات و مراجع معتبر، کارایی این روش با توجه به عوامل تأثیر گذار در جدول شماره ۲ طبقه بندی می شود.

جدول شماره ۲: محدودیت ها و عوامل موثر در تعیین کارایی روش تراکم دینامیکی

Steps	Favorable for Dynamic Compaction	Favorable with Restrictions*	Unfavorable for Dynamic Compaction
1. Categorize Soil Type			
Zone 1: Pervious	Best deposit for dynamic compaction		
Zone 2: Semipervious		Apply energy in phases to allow for dissipation of	
Zone 3: Impervious		Partially saturated impervious soils with deep water	Saturated or nearly saturated impervious soils
2. Assess Site Restraints			
Vibrations	Adjacent to: modern construction, < 19 mm per	19 to 51 mm per sec allowable if adjacent to	Adjacent to: modern construction, > 19 mm per
Lateral Ground Displacements	Dynamic compaction > 7.6 m from buried utilities	Most buried utilities can tolerate 76 to 127 mm per	Immediately adjacent to easily damaged
Water Table	> 2 m below grade	< 2 m below grade, with drainage provided to lower	< 2 m below grade
Presence of Hard or Energy-Absorbing Layer	No hard or soft layers	1. Hard surface layer: loosen prior to dynamic compaction. 2. Energy-absorbing surface layer: remove or stabilize with aggregate	Energy absorbing layer that limits depth of improvement, such as Zone 3 soil of 1m or more in thickness at a depth that is impractical to
3. Determine Design Requirements			
Settlement	< 0.3 to 0.6 m for embankments	> 0.3 to 0.6 m if site conditions preclude large	Settlement > design engineer can tolerate
Minimum Soil Property	Can usually achieve relatively high SPT, CPT, and	May need wick drains in saturated Zone 2 soils to	
Depth of Improvement Limitation	Deposit < 9 m thick	Special equipment required for deposits in range of	Soils cannot be significantly improved below
4. Estimate Costs			
Dynamic Compaction	Generally least expensive form of site improvement	Multiple phases could slightly increase cost	If costs exceed alternate forms of site
Surface Stabilization	Frequently not required		1m layer could cost more than dynamic

۵- طراحی روش تراکم دینامیکی

• محدودیت ها و الزامات اولیه

با توجه به نتایج مطالعات ژئوتکنیک طرح، ضخامت حداکثر ۱۱/۵ از تراز زمین در زمان مطالعات حاوی خاک دانه ای استحصالی بوده که تا عمق ۵/۵ متر خشک و از عمق ۵/۵ متری به بعد اشباع است. باتوجه به تجربیات انجام روش بهسازی تراکم دینامیکی و محدودیت های جدول شماره ۲ برای کارایی این روش و نیز محدودیت جرقیل، ضخامت حداکثر ۱۰ متر برای تراکم دینامیکی خاک مناسب است. لذا توصیه می شود پیش از آغاز عملیات تراکم دینامیکی، ضخامت ۱/۵ متر از خاک سطح پروژه نسبت به تراز زمین در زمان حفاری مطالعات ژئوتکنیک به طور کامل برچیده شود تا حداکثر ضخامت بهسازی زمین به ۱۰ متر محدود گردد.

• تعیین محدوده وزن و ارتفاع سقوط کوبه

عمق بهسازی براساس شرایط ژئوتکنیکی محل و فشار پی تعیین می شود. پس از تعیین عمق بهسازی مورد نیاز (D) و مقدار مناسب ضریب n براساس نوع مصالح خاکریز، حاصلضرب وزن و ارتفاع وزنه (W×H) با استفاده از رابطه منارد و برویز به دست می آید:

$$D = n(W \times H)^{0.5}$$

در این رابطه D عمق مورد نظر برای بهسازی برحسب متر، n ضریب ثابت تجربی که تابع نوع خاک بوده، W وزن کوبه برحسب تن و H ارتفاع سقوط کوبه برحسب متر می باشد. معمولاً با توجه به امکانات و مشخصات تجهیزات پیمانکار طرح، مقادیر W و H انتخاب می شود.

ضریب تجربی n به عوامل متعددی از جمله نوع خاک، مقدار کل انرژی وارد شده، تراز آب زیر زمینی و درجه اشباع خاک و وجود یا عدم وجود لایه جاذب انرژی وابسته است. مقدار مناسب این ضریب با توجه به تجارب فنی موجود در منطقه و برای خاکهای مخلوط و اشباع حدود 0.4 می باشد.

با انجام تراکم دینامیکی آزمایشی و آزمایش های کنترلی ژئوتکنیکی، عمق اثربخشی و الگوی کوبش بهینه بدست می آید.

• مقدار انرژی موردنیاز برای تراکم

در طول عملیات تراکم دینامیکی بایستی انرژی کافی برای متراکم ساختن خاک و رسیدن به مشخصات مورد نیاز طراحی به زمین وارد شود. انرژی وارد شده معمولاً بصورت انرژی متوسط اعمال شده در کل محدوده ارائه گردیده و به روش زیر محاسبه می گردد:

$$AE = \frac{N \times W \times H \times P}{S^2}$$

که در آن AE انرژی اعمال شده، N تعداد ضربات وارد شده در هر نقطه، W وزن کوبه، H ارتفاع سقوط، P تعداد سیکل مراحل اعمال ارتعاش و S فاصله نقاط شبکه کوبش می باشد. در جدول شماره ۳ مقدار انرژی موردنیاز در واحد حجم برای تراکم خاک های مختلف ارائه شده است:

جدول شماره ۳: مقدار انرژی موردنیاز برای تراکم خاک های مختلف (FHWA-SA-95-037)

Type of soil	Applied Energy Normally Used	Improvement Expected
Pervious coarse grained soil – Zone 1	20-25 ton.m/m ³	Excellent
Semi-Pervious fine grained soil – Zone 2	25-35 ton.m/m ³	Moderate to Good
Impervious - Zone 3	Not Applicable	Not applicable
Landfills	60-110 ton.m/m ³	Excellent

با توجه به شرایط خاک محل که از نوع خاکریز با تراکم پایین است، بنا بر توصیه آیین نامه FHWA می توان مقدار انرژی موردنیاز تراکم را بین ۱ تا ۱/۸ برابر انرژی استاندارد پروکتور (۶۰ تن بر متر مکعب) در نظر گرفت. بنابراین مقدار انرژی مورد نیاز برای تراکم در محدوده ۶۰-۱۰۸ تن بر مترمکعب می باشد. با فرض عمق بهسازی ۱۰ متری، انرژی مورد نیاز بهسازی تراکمی در محدوده بین ۶۰۰ تا ۱۰۸۰ تن بر مترمربع می باشد. در جدول شماره ۴ مقدار انرژی و عمق بهسازی برای حالت های مختلف وزن و ارتفاع وزنه ارائه شده است. بر این اساس، برای بهسازی زمین به عمق ۱۰ متر، نیاز به کوبه به وزن ۲۸ تن با ارتفاع سقوط حدود ۲۱ متر در شبکه کوبش مربعی با فواصل نهایی ۳ متری و تعداد ۱۲ ضربه در هر نقطه می باشد. به ازای این شرایط، انرژی تراکمی اعمال شده به خاک برابر ۸۰۰ تن بر مترمربع محاسبه می شود که معادل با ۱/۳ برابر حداقل انرژی مور نیاز پروکتور استاندارد است.

جدول شماره ۴: محاسبه مقدار و عمق بهسازی برای الگوهای مختلف تراکم دینامیکی

W(Ton)	H(m)	D(m)	N	Spacing(m)	AE(ton.m/m ²)
25	20	9	5	2	625
25	20	9	10	2	1250
25	25	10	9	3	625
25	25	10	10	3	694
28	15	8	9	2	945
28	20	9.5	10	3	622
28	21.4	10	12	3	800

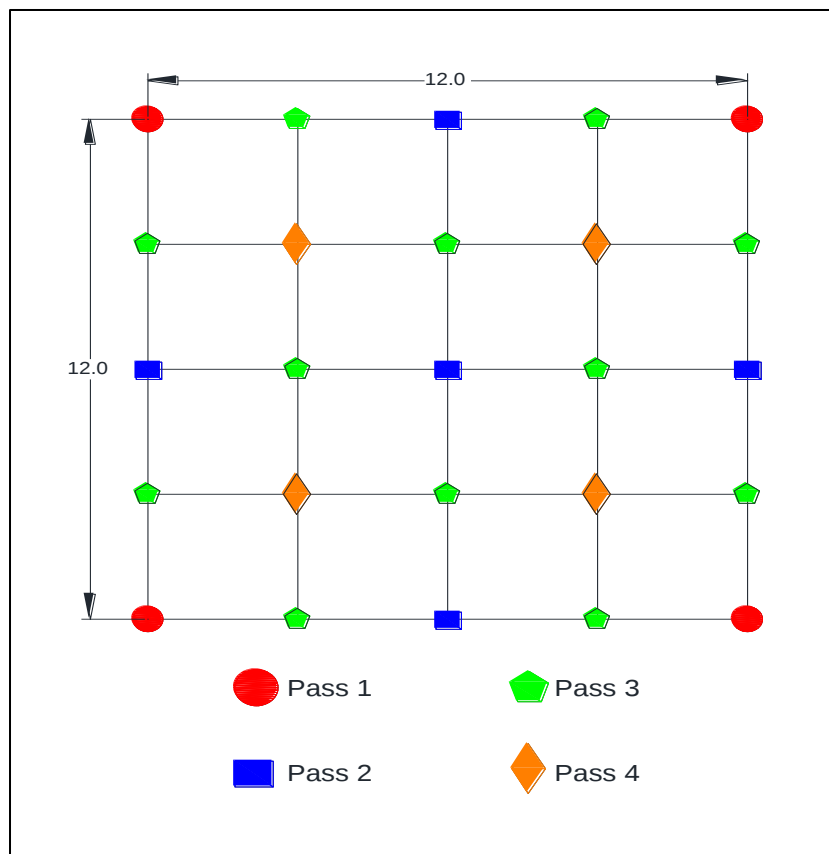
• تعیین تعداد مراحل اعمال ضربات

تعداد ضرباتی که در یک زمان به یک نقطه از شبکه وارد میشود، می تواند توسط عمق فروچاله های ایجاد شده محدود گردد. بدین صورت که در خاکهای بسیار سست، ممکن است در اثر ضربات اولیه فروچاله هایی با عمق بیشتر از ارتفاع کوبه ایجاد شوند که این حالت نامناسب می باشد. از این رو عمق فروچاله ها بایستی به ارتفاع کوبه بعلاوه ۰/۳ متر محدود گردد. اگر کل میزان انرژی در این شرایط اعمال نگردد، بایستی با پر کردن فروچاله ها با مصالح مناسب و یا با تراز نمودن زمین، باقیمانده انرژی را در مرحله بعدی اعمال نمود. از عوامل موثر بر تعداد ضربات وارد شده بر یک نقطه از شبکه در یک زمان،

فشار آب حفرهای اضافی ایجاد شده در حین تراکم دینامیکی می باشد. در این حالت بایستی انرژی را در چند مرحله وارد نموده و اجازه زایل شدن فشار آب حفره ای اضافه در بین دو مرحله داده شود.

• اجرای الگوی تراکم دینامیکی آزمایشی

در تراکم دینامیکی آزمایشی چند الگوی کوبش بررسی می شود تا مقدار انرژی مناسب برای رسیدن تراکم مورد نظر (۸۰۰ تن متر بر متر مربع) مشخص شود. در این پروژه با توجه به شرایط ژئوتکنیکی و با استفاده از تجارب قبلی، الگوی کوبش آزمایشی زیر پیشنهاد شده است. الگوی کوبش آزمایشی براساس نشریه شماره ۷۲ کمیته ملی سدهای بزرگ تعیین شده است. شکل شماره ۶ نقشه شماتیک الگوی کوبش پیشنهادی ۴ مرحله ای کوبش (Pass) را نشان می دهد.



شکل شماره ۵: الگوی کوبش پیشنهادی در ۴ پاس برای شبکه ۱۲ متری

برای دستیابی به انرژی مورد نیاز کوبش ارائه شده در جدول شماره ۴، الگوی کوبش معادل محاسبه و جزییات آن در جدول شماره ۵ گزارش شده است. مجموع انرژی های ایجاد شده در مراحل مختلف کوبش بایستس در حدود انرژی مورد نیاز محاسبه شده در جدول شماره ۴ (۸۰۰ تن متر بر مترمربع) باشد. اصول اجرایی الگوی کوبش بدین صورت است که عملیات

در چهار مرحله اصلی و یک مرحله اتوکشی (Ironing) صورت می پذیرد. عملیات کوبش آزمایشی را در محدوده ای با طول و عرض ۱۲ متر پیش بینی شده است. در مرحله اول، وزنه ۳۰ تنی و ارتفاع سقوط ۲۵ متر، مرحله دوم وزنه ۳۰ تنی با ارتفاع سقوط ۲۰ متر و مراحل سوم و چهارم کوبه ۲۵ تنی با ارتفاع سقوط به ترتیب ۲۵ و ۲۰ متر در فواصل و تعداد ضربه ارائه شده در جدول شماره ۵ و مطابق با روند شکل شماره ۶ انجام می شود.

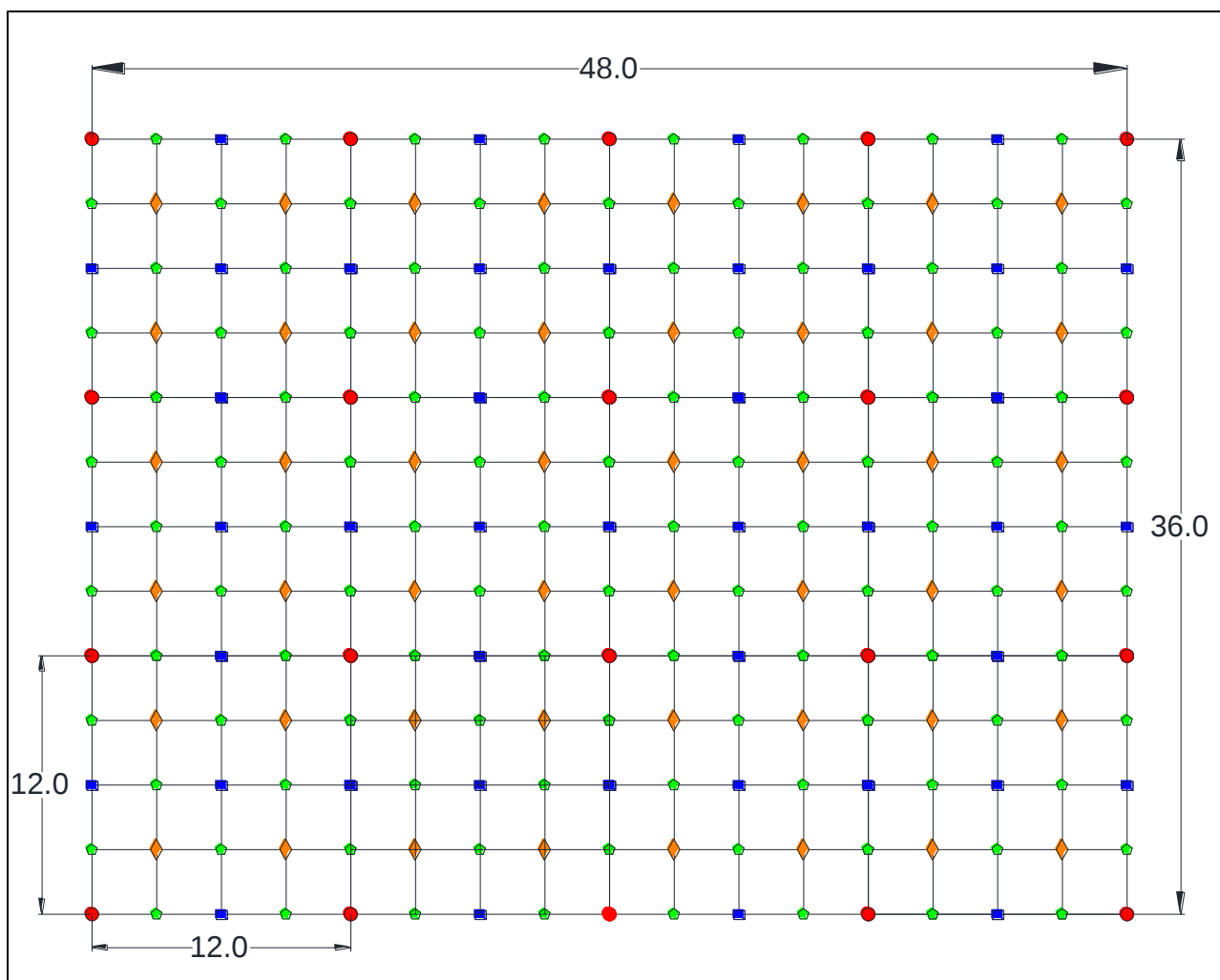
مرحله اتوکشی با در نظر گرفتن ۴ ضربه کوبه ۱۰ تنی و ارتفاع سقوط ۴ متر به صورت کنار به کنار (Side by Side) در هر نقطه پیش بینی شده است.

جدول شماره ۵: مشخصات الگوی کوبش آزمایشی پیشنهادی

Phase	Stage	Pass	Tamper Weight(ton)	Drop Height(m)	No. of Drops	Grid dim.(m×m)	EA(ton.m/m ²)
1	Main Compaction	1	28	21.4	12	12×12	50
		2	28	21.4	12	6×6	200
		3	28	20	12	4.2×4.2	380
		4	28	18	12	6×6	168
2	Ironing	1	10	5	5	Side by Side	Total=798

• مساحت انجام تراکم دینامیکی

معمولاً تراکم دینامیکی برای مساحتی بیشتر از مساحت خاکریز سست یا سطح بارگذاری محاسبه می شود و این افزایش سطح، در واقع ضریب اطمینانی برای تحمل فشارهای ناشی از توسعه طرح و بارگذاری های جدید است. همچنین با توجه به توزیع تنش انجام شده از سطح محل اعمال نیرو به طرفین، در نظر گرفتن حاشیه اطمینان در طول و عرض سطح بارگیر و تقویت خصوصیات مقاومتی اطراف محوطه ضرورت دارد. در بسیاری از پروژه ها ابعاد سطح طراحی تراکم دینامیکی، ابعاد خاکریز سست یا سطح بارگذاری بعلاوه عمق مورد نظر برای تراکم در هر جهت می باشد. از جمله موارد کاربرد روش فوق در پروژه هایی است که بارگذاری ها در لبه پلان ها بسیار زیاد است (مانند دیوارهای حائل یا پی های ساختمان ها). در خصوص پروژه حاضر با توجه به ابعاد اولیه سطح پروژه که مستطیل به طول ۴۰ و عرض ۳۰ متر می باشد، توصیه می شود سطح موردنظر برای انجام طرح تراکم دینامیکی مستطیل به طول ۴۸ متر و عرض ۳۶ متر در نظر گرفته شود. در صورت پاسخگو بودن الگوی آزمایشی (شبکه ۱۲ در ۱۲ متری) پس از انجام مطالعات ژئوتکنیک و تایید کفایت تراکمی و حل مشکل روانگرایی، الگوی پیشنهادی به سطح ۳۶×۴۸ متری قابل تعمیم است.



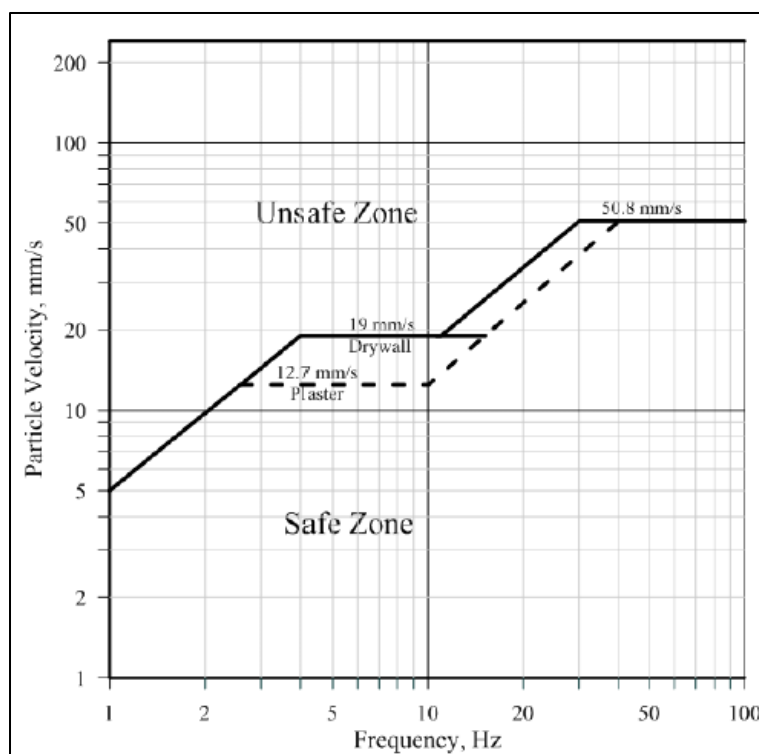
شکل شماره ۶: الگوی کوبش پیشنهادی در ۴ پاس برای کل محوطه در صورت کفایت الگوی آزمایشی

جدول شماره ۶: برآورد نهایی حجم عملیات تراکم دینامیکی برای کل محوطه در صورت کفایت الگوی آزمایشی

Stage	Pass	No. of Points	No. of Drops	Weight(ton)	Height(m)	Total weight×Height(ton.m)
Main Compaction	1	20	12	28	21.4	143,808
	2	43	12	28	21.4	309,187
	3	110	12	28	20	739,200
	4	48	12	28	18	290,304
Ironing	1	---	4	10	4	---
Total Weight×Height(ton.m) for Main Compaction Stage						1,482,499

- کنترل ارتعاش ناشی از تراکم دینامیکی بر روی سازه های مجاور

سازمان معادن آمریکا تأثیر ارتعاش زمین بر روی سازه های مجاور را مورد بررسی قرار داده است و بر این اساس میزان حداکثر مجاز سرعت ذرات که منجر به ایجاد ترک در سازه های مجاور می گردند را ارائه کرده است (شکل شماره ۷). با توجه به بررسی های انجام یافته بر روی پروژه های تراکم دینامیکی، فرکانس ارتعاشات زمین برای تراکم دینامیکی بین ۶ تا ۱۰ هرتز برآورد گردیده است. به منظور عدم ایجاد ترک در سازه های مجاور، با توجه به محدوده مجاز فرکانس ارتعاشی، میزان حداکثر سرعت ذرات ۱۳ میلی متر بر ثانیه تعیین شده است.



شکل شماره ۷: محدوده ایمن ارتعاشات برای ساختمان های مجاور انفجار، سازمان معادن آمریکا (FHWA-SA-95-037)

شرایط سخت گیرانه تر برای کنترل تأثیر ارتعاشات کوتاه مدت بر روی سازه های مجاور، استفاده از ضوابط استاندارد آلمان (DIN-4150) می باشد. بر این اساس و با رجوع به جدول شماره ۷، حداکثر سرعت مجاز حرکت ذرات خاک ناشی از ارتعاش برای سازه های حساس برابر 10 mm/sec می باشد.

جدول شماره ۷: محدوده مجاز سرعت ذرات ناشی از ارتعاشات موقت (DIN-4150)

Line	Type of structure	Guideline values for velocity, v_i , in mm/s			
		Vibration at the foundation at a frequency of			Vibration at horizontal plane of highest floor at all frequencies
		1 Hz to 10 Hz	10 Hz to 50 Hz	50 Hz to 100 Hz*)	
1	Buildings used for commercial purposes, industrial buildings, and buildings of similar design	20	20 to 40	40 to 50	40
2	Dwellings and buildings of similar design and/or occupancy	5	5 to 15	15 to 20	15
3	Structures that, because of their particular sensitivity to vibration, cannot be classified under lines 1 and 2 and are of great intrinsic value (e.g. listed buildings under preservation order)	3	3 to 8	8 to 10	8
*) At frequencies above 100 Hz, the values given in this column may be used as minimum values.					

فاصله ایمن برای ساختمان و تأسیسات موجود در مجاورت محل تراکم دینامیکی بر اساس نوع و حساسیت سازه ها و ارتفاع و وزن کوبه تراکم دینامیکی تعیین می گردد. رابطه زیر برای محاسبه حداقل فاصله ایمن با توجه به حداکثر سرعت مجاز ذرات (Peak Particle Velocity) مورد استفاده قرار می گیرد.

$$PPV_{\left(\frac{mm}{Sec}\right)} = 80 \left[\frac{\sqrt{W \times H}}{d} \right]^{1.7}$$

$$\begin{cases} PPV_{\left(\frac{mm}{Sec}\right)} = 10 \\ W = 28 \text{ ton} \\ H = 21.4m \end{cases}$$

براساس رابطه بالا و با توجه به مقادیر ارتفاع سقوط و وزنه حداکثر، حداقل فاصله مجاز برابر ۸۰ متر محاسبه می شود. توصیه می گردد چنانچه این فاصله نسبت به سازه های مجاور در عملیات تراکم دینامیکی اصلی رعایت نشود، به منظور کاهش اثر ضربات و ارتعاشات ناشی از تراکم دینامیکی بر سازه های حساس مجاور از ترانشه ایزولاسیون در مجاورت آنها استفاده شود.

۶- بررسی کفایت الگوی تراکم دینامیکی آزمایشی

روش تراکم دینامیکی عمیق جزو سریعترین و کم هزینه ترین روش های بهسازی خاک خصوصا در مناطق استحصالی می باشد. در خصوص عمق تاثیر این روش اختلاف بین مراجع مختلف ژئوتکنیکی زیاد بوده و همچنین عدم قطعیت های متفاوت و تاثیر گذاری در بحث کفایت این روش وجود دارد. از جمله عدم قطعیت های اصلی این روش نوع مصالح اولیه و درصد ریز دانه آن، درصد تخلخل متفاوت ذرات در اعماق مختلف، تاثیرات اشباع شدن و دمپ شدن انرژی وارده، استهلاک فشار آب حفره ای، وجود لایه جاذب انرژی در خاک، عدم قطعیت های اجرایی از قبیل سقوط یکنواخت و شاقولی وزنه، عدم گسیختگی خاک های سطحی در اثر کوبش و ... می باشند. لذا کنترل و مقایسه شرایط تراکمی خاک قبل و بعد از کوبش آزمایشی توسط مشاور ژئوتکنیک ذیصلاح به منظور تعیین کفایت طراحی اولیه انجام شده از اهمیت بالایی برخوردار است. توصیه اکید می شود پس از اجرای الگوی کوبش آزمایشی ارائه شده در این گزارش، با حفر حداقل یک گمانه در محل کوبش به عمق حداقل ۱۲ متر و نیز انجام آزمایش نفوذ و ضربه استاندارد در فواصل ۱/۵ متری و نیز آزمایش پرسیمتری هر ۳ متر و همچنین نمونه برداری خاک جهت تعیین دانه بندی، بتوان نسبت به مقایسه شرایط تراکم خاک قبل و بعد از کوبش اطلاعات مناسبی اخذ نمود و در صورت نیاز به اصلاح طرح کوبش محاسبات طراحی اولیه را بازنگری کرد. از جمله پارامترهای قابل تغییر در صورت عدم کفایت طرح اولیه اصلاح شبکه بندی کوبش، تغییر وزنه و ارتفاع کوبه و تعداد ضربات در هر مرحله می باشد.

همچنین در صورت مشاهده کفایت طرح اولیه ارائه شده، می توان نسبت به ارائه پارامترهای مقاومتی خاک از قبیل مقاومت مجاز، نشست و ضریب عکس العمل فونداسیون ها در شرایط جدید محاسبات تکمیلی را انجام داد.

با توجه به نتایج ارائه شده در گزارش مطالعات ژئوتکنیک اولیه طرح، وقوع پدیده روانگرایی در اعماق ۶ تا ۱۱/۲ متری نیز محتمل می باشد. پس از کنترل نهایی نتایج پس از اجرای الگوی کوبش آزمایشی، بایستی نسبت به بازنگری محاسبات براساس نتایج جدید بدست آمده اقدام نمود و خطر بروز پدیده روانگرایی مجددا کنترل شود.

۷- شرایط مقاومتی و نشست پذیری خاک پس از اجرای بهسازی

در این بخش براساس مشاهدات و تجربیات پیشین از اجرای روش تراکم دینامیکی، محدوده مقاومت مجاز، نشست و ضریب عکس العمل فونداسیون های منفرد و نواری پیش بینی و ارائه شده است. بدیهی است این نتایج قطعی نبوده و صرفا به عنوان مقادیر اولیه برای شروع عملیات طراحی فونداسیون ها کاربرد دارد. این نتایج پس از اجرای الگوی آزمایشی کوبش و مطالعات جدید ژئوتکنیک

در محل آن تدقیق خواهد شد. برای اعناق بیش از ۱۰ متر (بعد از عمق بهسازی خاک) از خصوصیات مقاومتی مندرج در گزارش ژئوتکنیک شرکت مهندسین مشاور پی کاو استفاده شده است.

جدول شماره ۸: پیش بینی مشخصات خاک بعد از بهسازی زمین تا عمق ۱۰ متر

مدول الاستیسیته (Kg/cm ²)	ضریب پواسون	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	چسبندگی (Kg/cm ²)	وزن مخصوص خشک (gr/cm ³)	جنس خاک	عمق بهسازی (متر)
400-500	0.3-0.35	30-32	0.0-0.05	1.8-1.95	شن و ماسه به همراه مقادیر کم رس و مقداری لای	0.0-10.0

• مقاومت مجاز پی های منفرد سطحی

مقاومت مجاز زمین با ضریب ایمنی ۳ نسبت به گسیختگی و شکست نهایی زمین از رابطه زیر برای ناحیه استحصال پی پس از تراکم دینامیکی پیش بینی شده است. عدد مقاومت مجاز بدست آمده از این رابطه بدون در نظر گرفتن میزان نشست و صرفاً حداکثر میزان تنشی است که در آن خاک دچار گسیختگی می شود.

$$q_a = 11.04 D_f K_1 + 5.42 B K_2 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$K_1 = (1 + 0.2 B/L)(1 - 1.5 H/V)$$

$$K_2 = (1 - 0.3 B/L)(1 - 1.5 H/V)^2$$

معانی علائم به کار برده شده در رابطه فوق به صورت زیر می باشد:

q_a = مقاومت مجاز زمین بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع

B = عرض پی بر حسب متر

L = طول پی بر حسب متر

H = بار افقی وارده به پی

V = بار عمودی وارده به پی

- نشست و فشار مجاز فونداسیون های سطحی

دیگرام های نشست فونداسیون های منفرد و نواری با نسبت طول به عرض پی مختلف براساس شرایط ژئوتکنیکی پیش بینی شده بعد از تراکم دینامیکی و لایه های طبیعی زمین مندرج در گزارش ژئوتکنیک محاسبه و در ضمیمه شماره ۱ این گزارش ارائه شده است.

مضافاً جهت کنترل توأمان بحث نشست و مقاومت مجاز فونداسیون های سطحی، دیگرام های حداکثر مقاومت مجاز به ازای نشست حداکثر ۲،۵ و ۵ سانتی متر نیز در همین ضمیمه مشاهده می شود. (در این محاسبات $H/V=0.1$ در نظر گرفته شده است)

- ضریب عکس العمل فونداسیون های منفرد و نواری

به منظور تعیین ضریب فنریت خاک در مدسازی و طراحی فونداسیون، با توجه به محدوده پیش بینی شده برای مدول الاستیسیته خاک از رابطه زیر استفاده شود:

$$K_s = 7.4 \left(\frac{1}{B} \right) \left(1 + 0.5 \frac{B}{L} \right) \text{ kg/cm}^3$$

در رابطه فوق B و L به ترتیب عرض و طول پی بر حسب متر می باشند. به عنوان مثال برای پی مربعی و نواری به عرض ۲ متر ضریب فنر برابر ارقام زیر خواهد بود:

$$\text{پی مربعی به عرض ۲ متر} \longrightarrow K_s = 5.55 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{پی نواری به عرض ۲ متر} \longrightarrow K_s = 3.88 \text{ kg/cm}^3$$

*در خصوص فونداسیون های گسترده (رادیه) می بایست اطلاعات ابعاد فونداسیون و متوسط تنش وارده بر خاک در اختیار این طراح یا مشاور ژئوتکنیک قرار داده شود تا براساس آن نسبت به انجام محاسبات اقدام گردد.

۸- جمع بندی و پیشنهادات

- محوطه در نظر گرفته شده برای پروژه آب شیرین کن شرکت آدیش در محدوده استحصال ساحلی با مساحت تقریبی ۱۲۰۰ مترمربع قرار داشته که براساس مطالعات ژئوتکنیک اولیه ضخامت ۱۱/۵ متر از آن حاوی خاک دانه ای متراکم نشده می باشد. همچنین شرایط تراکمی، نوع خاک ماسه ای و سطح آب حدود ۵/۵ متری در منطقه منتج به وقوع پدیده روانگرایی در شرایط زلزله را از عمق حدود ۶ تا ۱۱ متری خواهد شد. براساس اطلاعات دریافتی از شرکت آدیش نیاز است تا شرایط تراکمی خاک به گونه ای بهبود یابد تا حداقل ظرفیت باربری 1.0kg/cm^2 به ازای نشست حداکثر و یکنواخت ۲ اینچ برای فونداسیون های مستقر روی بستر استحصالی قابل دستیابی باشد.
- به دلیل وجود خاک دستریز سست و عدم باربری کافی خاک محدوده آب شیرین کن، اجرای هیچ گونه سازه بر روی این زمین مجاز نمی باشد.
- با توجه به محدودیت جرثقیل که حداکثر قادر به تامین انرژی ۶۰۰ تن متر برای کوبش می باشد و نیز تجربیات فنی درخصوص عمق تاثیر روش تراکم دینامیکی، نیاز است تا پیش از اجرای کوبش آزمایشی و نهایی طرح سطح زمین نسبت به تراز اولیه در زمان ارائه گزارش ژئوتکنیک (پاییز ۱۴۰۱) به میزان ۱/۵ متر به صورت سرتاسری خاکبرداری گردد تا ضخامت بهسازی خاک به ۱۰ متر محدود شود.
- برای انجام تراکم دینامیکی عمیق براساس محاسبات و عمق تاثیر مورد نیاز، انرژی ۶۰۰ تن متر مورد نیاز است. برای رسیدن به این سطح از انرژی کوبش با توجه به وجود فشار آب منفذی، اعمال انرژی مورد نیاز در ۴ مرحله پیش بینی گردیده که وزن کوبه، ارتفاع سقوط، فواصل کوبش و تعداد کوبش در هر نقطه تعیین شده است. حفره های ایجاد شده در اثر کوبش بایستی با مصالح شن و ماسه با حداکثر ۲۰ درصد لای و رس پر شده و اتوکشی شود. پس از ۴ مرحله کوبش اصلی نیاز به اجرای یک مرحله اتوکشی با وزنه ۱۰ تنی و ارتفاع سقوط ۴ متری با ۴ ضربه در فواصل پشت سر هم وجود دارد.
- با توجه به اینکه عملیات تراکم دینامیکی انجام نگرفته است و برآورد دقیقی از خاک پس از تراکم دینامیکی در دست نیست، اعداد پیشنهادی برای مدول الاستیسیته بر اساس تجارب موجود برای خاک بهسازی شده تا عمق ۱۰ متری برابر $E=400-500\text{Kg/cm}^2$ می باشد. این عدد بعد از انجام تراکم دینامیکی براساس الگوی آزمایشی تدقیق می گردد.
- توصیه میشود به منظور تدقیق پارامترهای لایه های زیر سطحی پس از تراکم دینامیکی، تراکم دینامیکی آزمایشی بر اساس الگوی کوبش ارائه شده انجام گردد و سپس عملیات گمانه زنی و آزمایشات تکمیلی اعم از SPT، آزمایش

پرسیومتری، آزمایش بارگذاری صفحه و دانسیته صحرائی در محدوده ای از پروژه (ترجیحاً در فواصل بین نقاط کوبش آزمایشی) انجام پذیرد.

- لازم است حین کوبش عملیات نقشه برداری به منظور بررسی میران فرونشست خاک و همچنین گمانه زنی بعد از عملیات کوبش به منظور بررسی اثربخشی آن صورت گیرد.
- تاکید می شود که به منظور ت دقیق پارامترهای خاک پس از تراکم دینامیکی و تاثیر آن در بهبود شرایط در زمان وقوع روانگرایی، ضروری است که آزمایشات کنترلی پس از تراکم دینامیکی آزمایشی انجام پذیرد. در صورت پاسخگویی طرح الگوی آزمایشی این طرح قابلیت تعمیم به کل محوطه به عنوان طرح نهایی کوبش را داراست. در غیر اینصورت نیاز است تا الگوی اولیه توسط این طراح مورد بازنگری قرار داده شود.
- توصیه می شود تا حداقل طول و عرض موردنیاز برای عملیات تراکم دینامیکی خاک به ترتیب ۴۸ متر و ۳۶ متر در نظر گرفته شود.
- براساس محاسبات انجام شده و به منظور جلوگیری از ترک خوردگی و آسیب سازه ای به ساختمان های همجوار، حداقل فاصله ایمن برابر ۸۰ متر می باشد. چنانچه به دلیل محدودیت فضا این فاصله رعایت نشود نیاز است تا با حفر ترانشه ایزولاسیون در محوطه شدت انتقال ارتعاشات را کاهش داد.

در خاتمه امید است گزارش حاضر پاسخگوی نیازهای طراحی باشد. چنانچه در حین عملیات به سوالاتی برخورد شود که در گزارش به آن اشاره نشده باشد خواهشمند است مراتب را اعلام فرمائید تا در اسرع وقت نسبت به پاسخگویی اقدام شود. همچنین نیاز است تا نتایج حاصل از آزمایش ژئوتکنیک جدید پس از عملیاتی شدن الگوی کوبش آزمایشی در اختیار این طراح قرار داده شود تا در صورت نیاز نسبت به بازنگری و اصلاح طرح اولیه اقدام شود.

ضمیمه شماره یک

**دیاگرام های نشست و مقاومت مجاز
فونداسیون های منفرد و نواری**

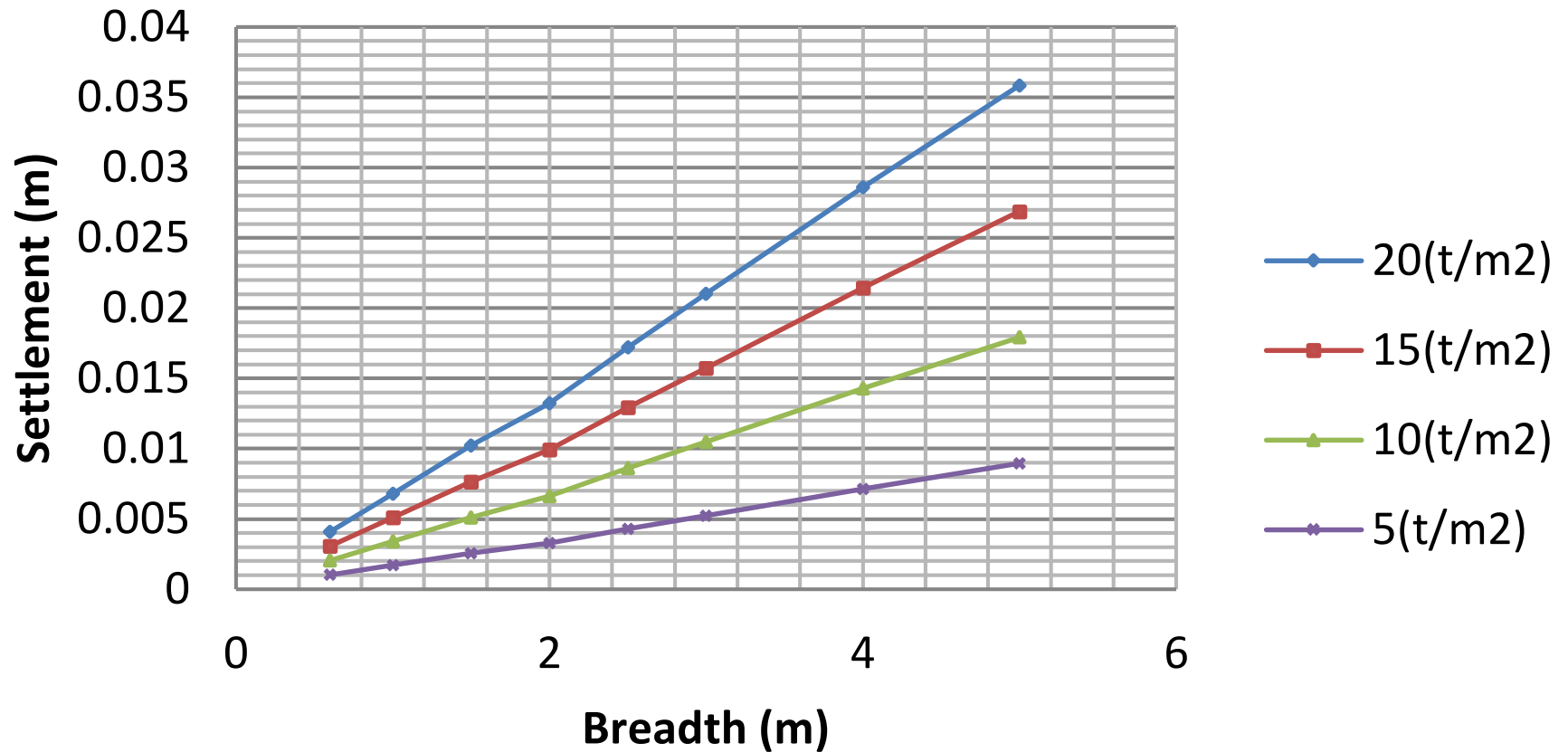
دیاگرام های نشست

شرایط اتکایی پی	شکل پی (L/B)	شماره شکل
پی متکی بر زمین استحصالی بعد از تراکم دینامیکی (D=1.0 to 3.0m)	1	1
	2	2
	5	3
	10	4

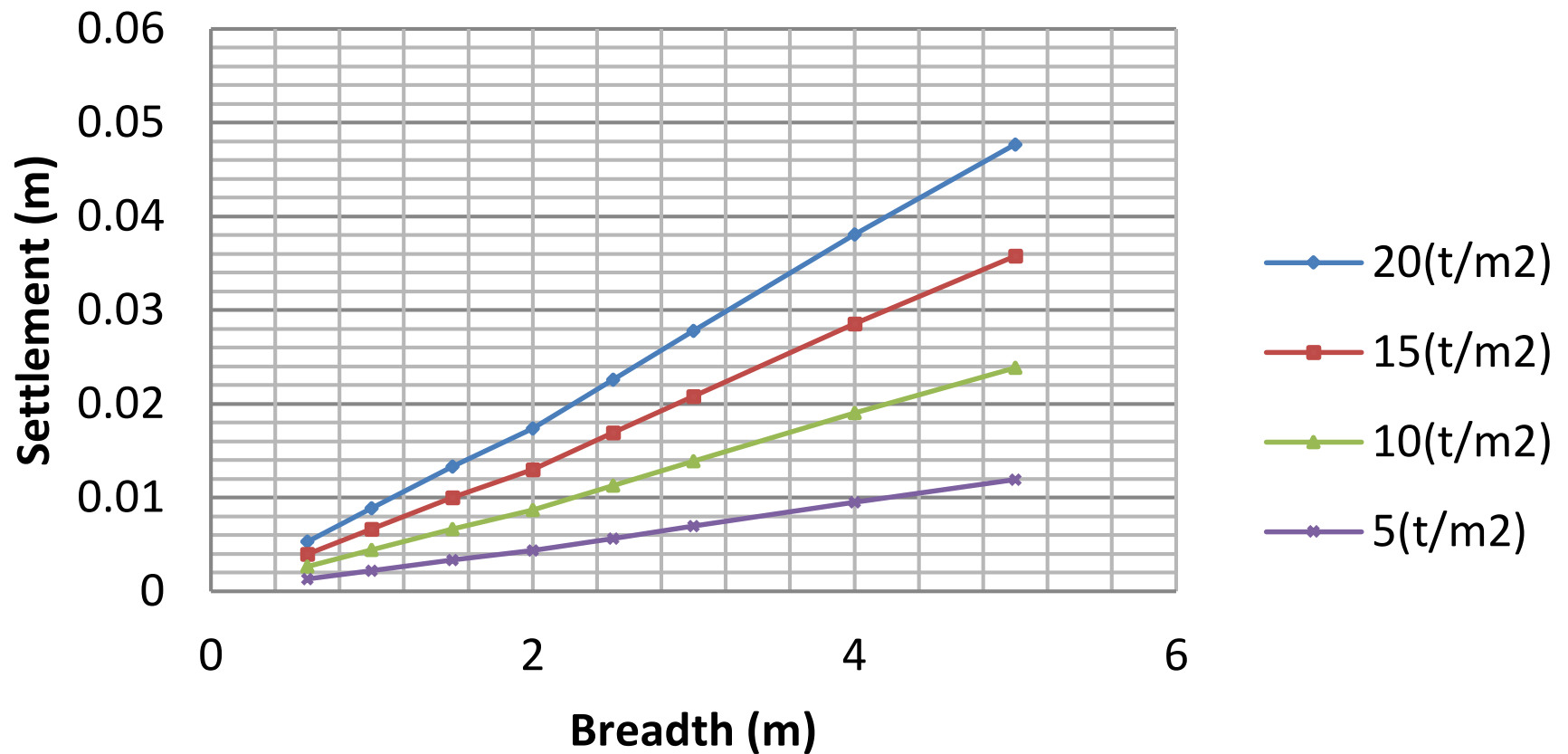
دیاگرام های فشار مجاز

شرایط اتکایی پی	شکل پی (L/B)	نشست مجاز پی (cm)	شماره شکل
پی متکی بر زمین استحصالی بعد از تراکم دینامیکی (D=1.0 to 3.0m)	1	2.5	5
		5.0	6
	2	2.5	7
		5.0	8
	5	2.5	9
		5.0	10
	10	2.5	11
		5.0	12

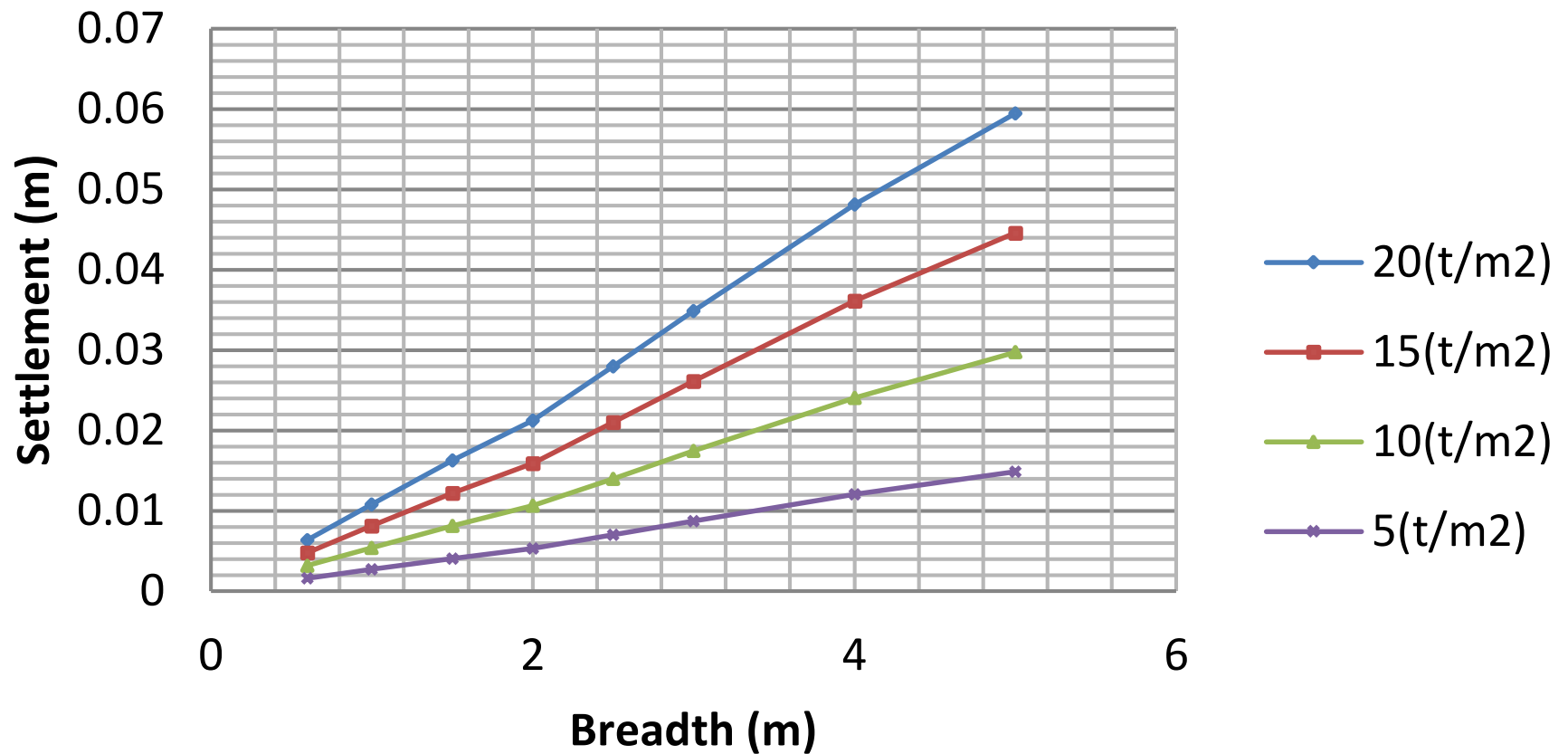
**FIG :1 Settlement of Spread Square Footing (L/B=1)
(After Dynamic Compaction-D=1.0 to 3.0m)**



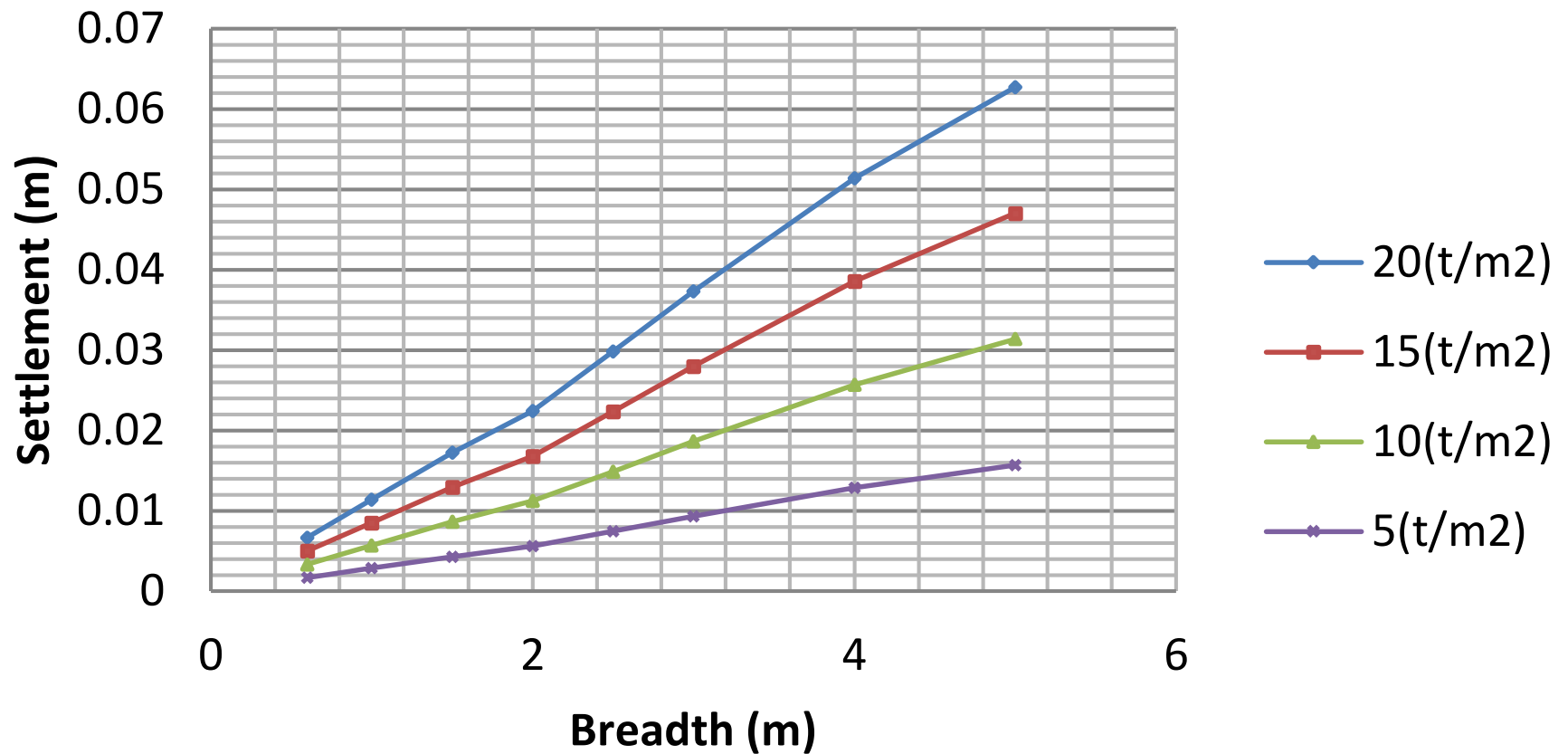
**FIG :2 Settlement of Rectangular Footing (L/B=2)
(After Dynamic Compaction-D=1.0 to 3.0m)**



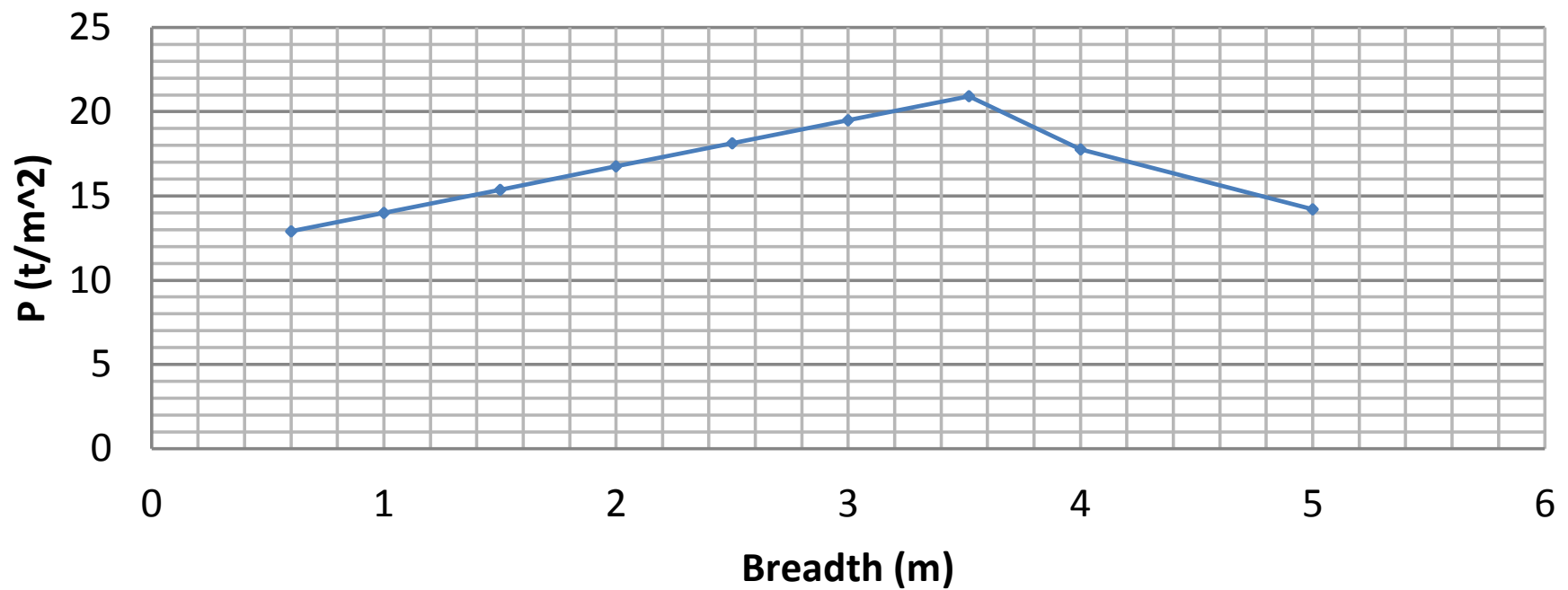
**FIG :3 Settlement of Rectangular Footing (L/B=5)
(After Dynamic Compaction-D=1.0 to 3.0m)**



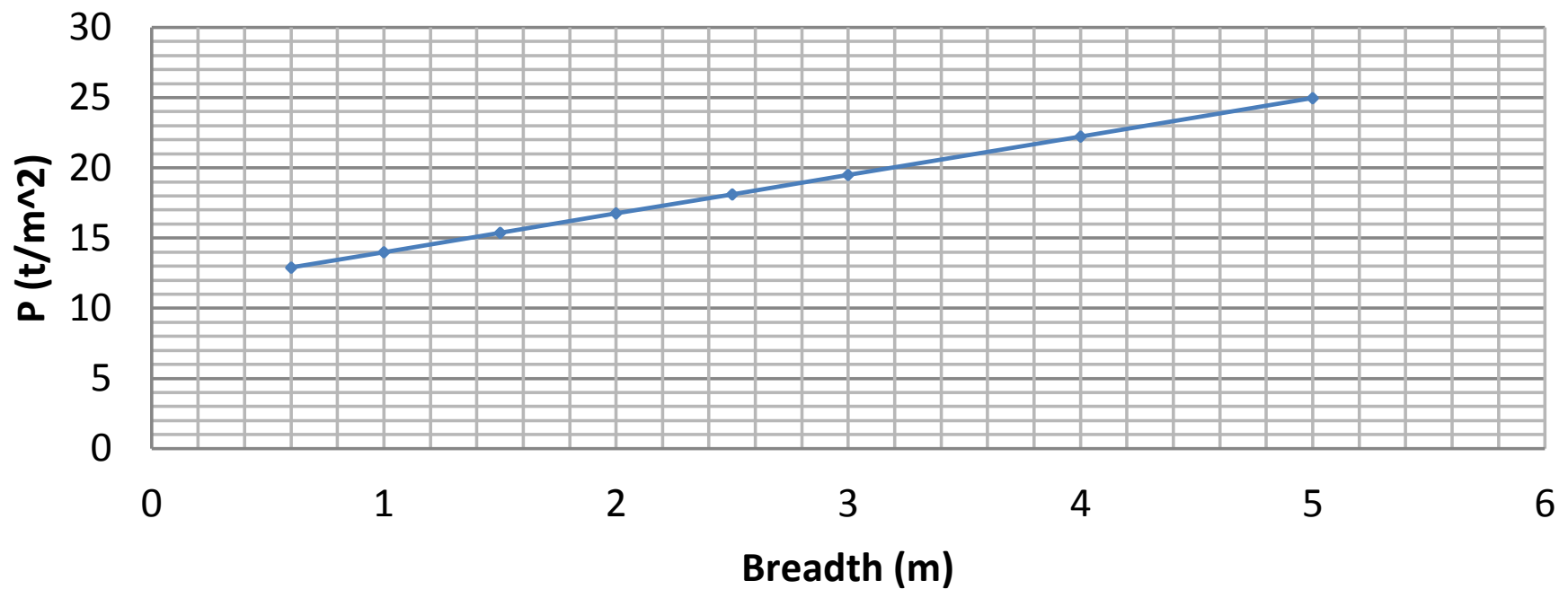
**FIG :4 Settlement of Continuous Footing (L/B=10)
(After Dynamic Compaction-D=1.0 to 3.0m)**



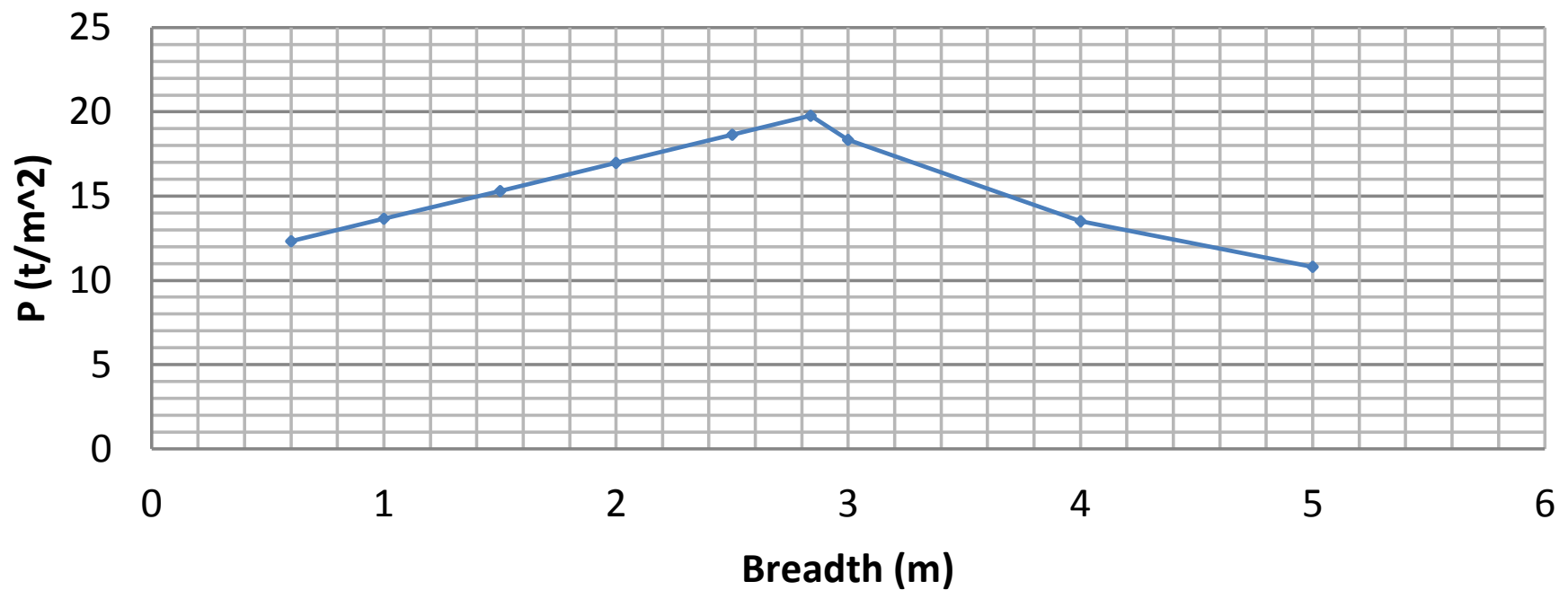
**FIG :5 Allowable Pressure For Spread Square Footing (L/B=1)
For Max. Settlement 2.5cm (After Dynamic Compaction-
D=1.0 to 3.0m)**



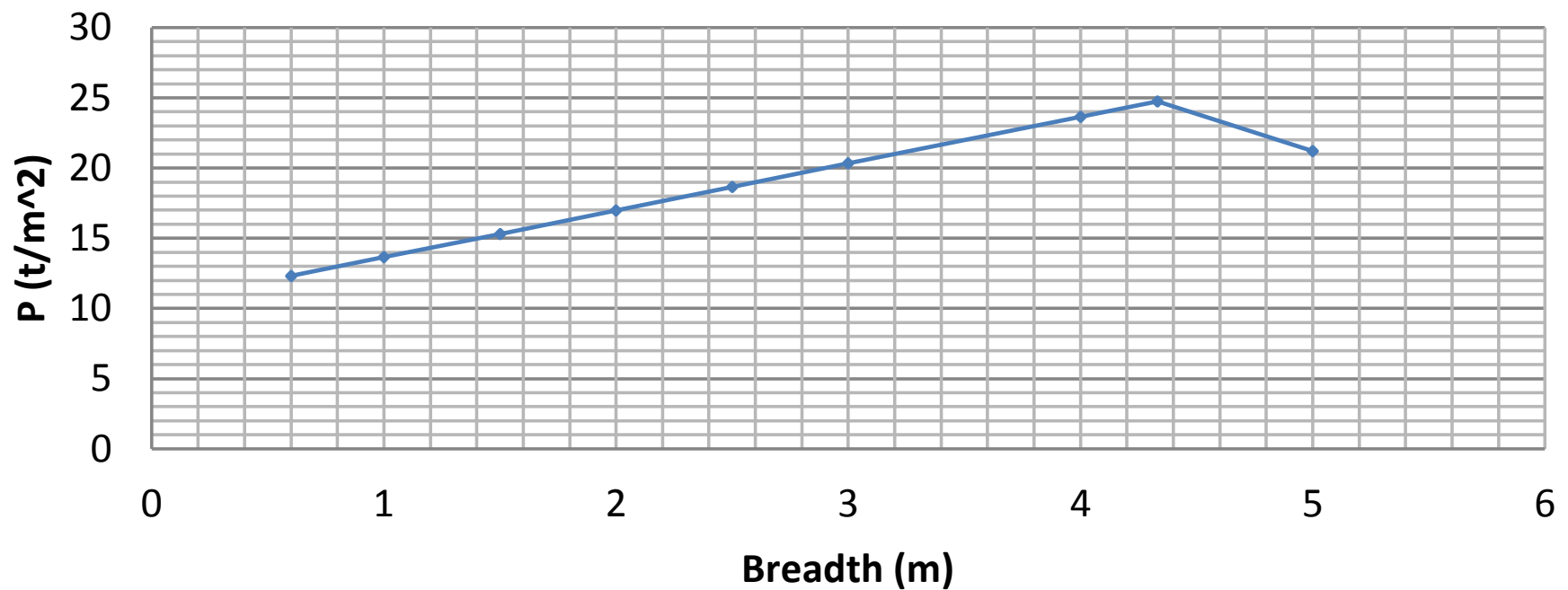
**FIG :6 Allowable Pressure For Spread Square Footing (L/B=1)
For Max. Settlement 5cm (After Dynamic Compaction-D=1.0
to 3.0m)**



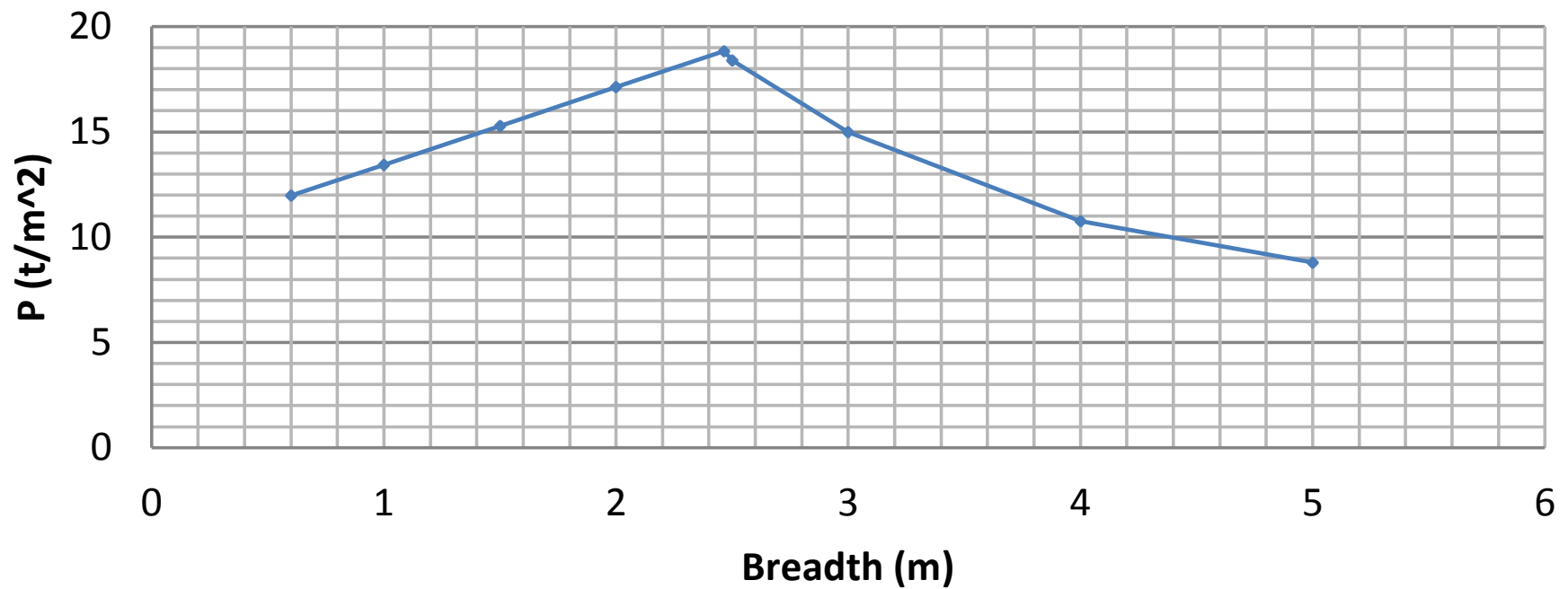
**FIG :7 Allowable Pressure For Rectangular Footing (L/B=2)
For Max. Settlement 2.5cm (After Dynamic Compaction-
D=1.0 to 3.0m)**



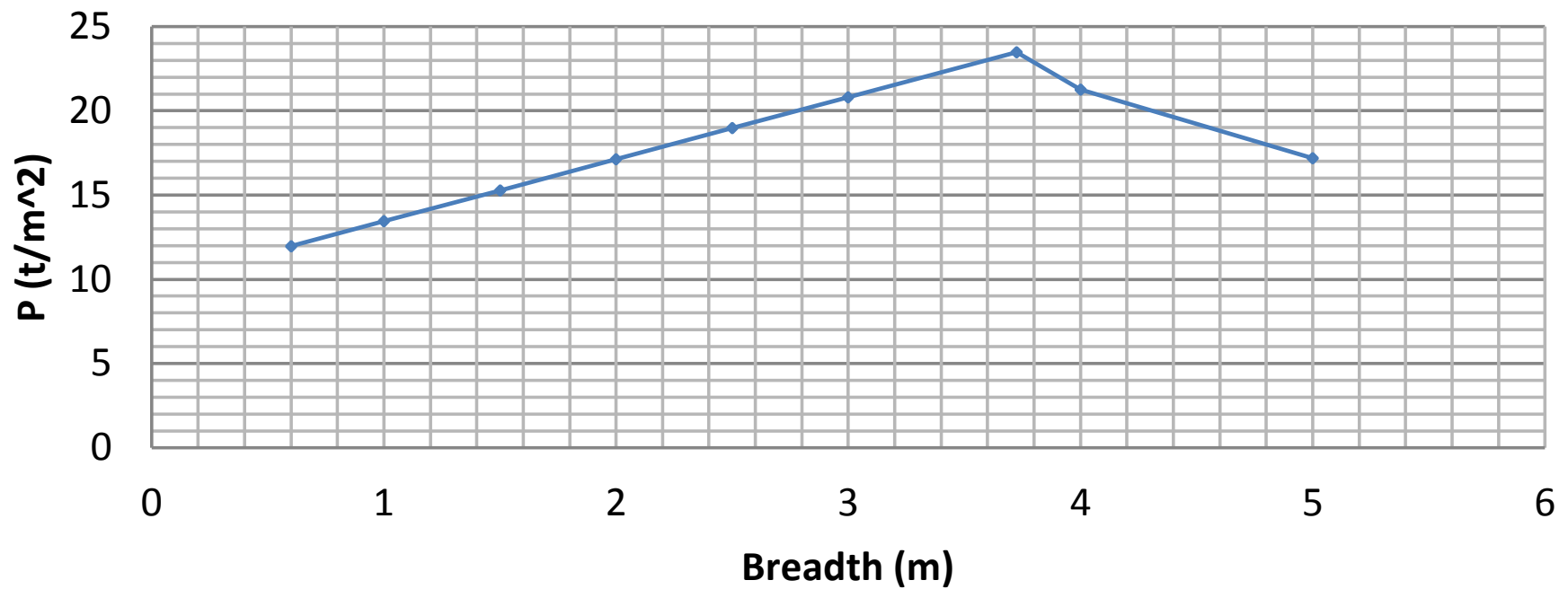
**FIG :8 Allowable Pressure For Rectangular Footing (L/B=2)
For Max. Settlement 5cm (After Dynamic Compaction-D=1.0
to 3.0m)**



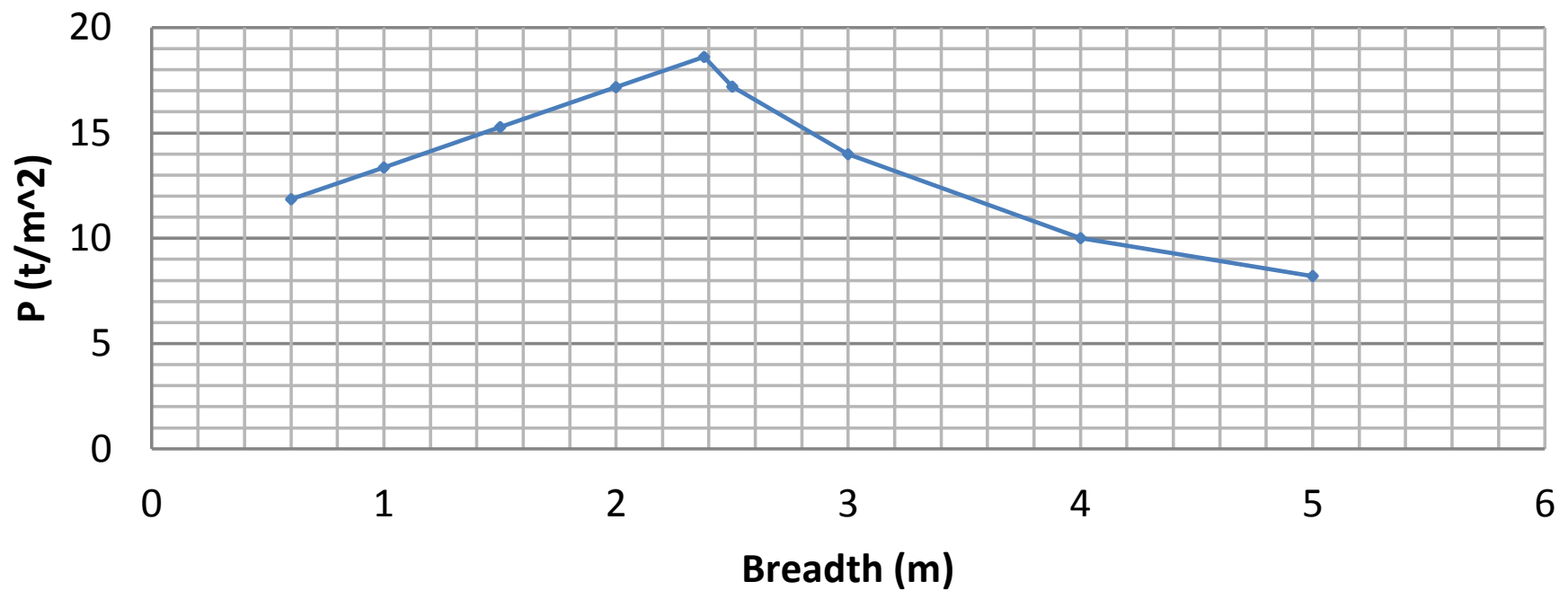
**FIG :9 Allowable Pressure For Rectangular Footing (L/B=5)
For Max. Settlement 2.5cm (After Dynamic Compaction-
D=1.0 to 3.0m)**



**FIG :10 Allowable Pressure For Rectangular Footing (L/B=5)
For Max. Settlement 5cm (After Dynamic Compaction-D=1.0
to 3.0m)**



**FIG :11 Allowable Pressure For Continuous Footing (L/B=10)
For Max. Settlement 2.5cm (After Dynamic Compaction-
D=1.0 to 3.0m)**



**FIG :12 Allowable Pressure For Continuous Footing (L/B=10)
For Max. Settlement 5cm (After Dynamic Compaction-D=1.0
to 3.0m)**

