

وزارت راه و ترابری

## دستورالعمل آزمایش‌های استاتیکی شمع‌ها

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری  
شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل‌ونقل

# دستورالعمل آزمایش‌های استاتیکی شمع‌ها

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه .....
۲	۱-۱- آزمایش بارگذاری استاتیکی در طول طراحی شمع .....
۳	۱-۲- آزمایش بارگذاری استاتیکی در طول اجرای شمع و پس از اجرا .....
4	۱-۳- نحوه انجام آزمایش بارگذاری استاتیکی شمع .....
4	۱-۴- سایر آزمایش‌های بارگذاری یا کنترل کیفیت شمع .....
5	۱-۵- ارائه نتایج حاصل از آزمایش بارگذاری و تفسیر نتایج .....
6	۱-۶- موارد کاربرد .....
6	۱-۷- سیستم آحاد استاندارد .....
7	۱-۸- تذکر در موارد ایمنی .....
7	۲- دستگاه اعمال بار محوری .....
7	۲-۱- کلیات .....
10	۲-۲- ابزار آزمایش .....
	۲-۳- بارگذاری شمع یا گروه شمع توسط جک هیدرولیکی و ایجاد
11	عکس‌العمل بوسیله قاب مهار شده .....
	۲-۴- بارگذاری شمع یا گروه شمع توسط جک هیدرولیکی و ایجاد
14	عکس‌العمل بوسیله جعبه وزین یا سکو .....
15	۲-۵- بارگذاری شمع یا گروه شمع بطور مستقیم بوسیله وزنه‌های معین .....
16	۲-۶- سایر دستگاه‌های اعمال بار .....

18	..... ۳- دستگاههای اندازه گیری تغییر مکان
18	..... ۳-۱- کلیات
19	..... ۳-۲- تغییر مکانهای محوری رأس شمع
23	..... ۳-۳- تغییر مکانهای جانبی
23	..... ۳-۴- اندازه گیریهای افزایشی کرنش
24	..... ۴- دستورالعملهای بارگذاری
24	..... ۴-۱- دستورالعمل بارگذاری استاندارد
25	..... ۴-۲- بارگذاری سیکلی
26	..... ۴-۳- بارگذاری بیش از حد استاندارد
26	..... ۴-۴- بارگذاری با زمان ثابت بین هر دو مرحله اعمال بار
26	..... ۴-۵- روش نرخ نفوذ ثابت برای شمعهای تکی
27	..... ۴-۶- آزمایش بارگذاری سریع برای شمعهای تکی
28	..... ۴-۷- روش بارگذاری با نشست افزایشی ثابت برای شمعهای تکی
29	..... ۵- دستورالعملهای اندازه گیری تغییر مکانهای شمع
29	..... ۵-۱- کلیات
30	..... ۵-۲- دستورالعملهای اندازه گیری استاندارد
30	..... ۵-۳- قرائتهای مربوط به بارگذاری با نرخ نفوذ ثابت
31	..... ۵-۴- قرائتهای مربوط به روش بارگذاری سریع
31	..... ۵-۵- قرائتهای مربوط به روش جابجائی افزایشی ثابت
32	..... ۶- موارد ایمنی
35	..... ۷- ارائه گزارش
40	..... مراجع

## ۱- مقدمه

تعیین ظرفیت باربری و رفتار نیرو - تغییر مکان شمع (یا پی عمیق) از جمله مهمترین موارد در طراحی و اجرای شمع به شمار می‌رود. روشهای مختلف تعیین یا کنترل ظرفیت باربری محوری شمع‌ها را می‌توان به چهار دسته کلی تقسیم نمود:

- ۱- روشهای تحلیل استاتیکی (برای تعیین مقاومت‌های نوک و جدار با استفاده از روشهای مبتنی بر حالت حد نهائی)
- ۲- استفاده (مستقیم) از نتایج آزمایشهای برجا (مانند SPT، CPT، پرسومتر)
- ۳- آزمایش بارگذاری استاتیکی محوری (تا مرحله گسیختگی خاک)
- ۴- روشهای دینامیکی به منظور تعیین ظرفیت استاتیکی (تستهای دینامیکی مانند PDA و تحلیل‌های دینامیکی مانند WEAP و انطباق سیگنال - CAPWAP)

استفاده از هر یک از دسته روشهای فوق در مراحل مختلف مطالعات مقدماتی، طرح جزئیات، برنامه‌ریزی اجرا و کنترل کیفیت بنا به تجربه طراح، شرایط ساختگاه، وسعت پروژه، امکانات اجرائی و آئین‌نامه‌های ملی و تجارب منطقه‌ای تعیین می‌گردد. آنچه مسلم است تصمیم نهائی برای انتخاب ظرفیت باربری شمع تنها بر اساس یک روش گرفته نمی‌شود و بلکه مبتنی بر ترکیبی از دسته روشهای فوق تعیین می‌گردد. برای آشنائی بیشتر با جزئیات این بحث به [۱] مراجعه نمایید.

به هر حال آزمایش بارگذاری استاتیکی به عنوان یک روش قابل اعتماد می‌تواند در مرحله طراحی و قبل از اجرای شمع‌های اصلی به عنوان شمع آزمایشی (Test Pile)، و یا در حین عملیات اجرا بر روی شمع‌های اصلی برای اطمینان از پیش‌بینی طرح و همچنین کنترل کیفیت اجرا انجام پذیرد. تعداد، نوع و شرایط آزمایش در هر مرحله از پیشرفت پروژه بستگی به اندازه، اهمیت و سایر شرایط پروژه خواهد داشت که توسط مهندس مشاور ژئوتکنیک طرح تعیین می‌گردد.

آزمایش بارگذاری استاتیکی محوری فشاری شمع باید طبق دستورات ASTM D-1143 برنامه‌ریزی و اجرا شود. این استاندارد معمولاً هر پنج سال یکبار تجدید نظر و بازنگری شده و لذا توصیه می‌شود که از آخرین نسخه آن استفاده شود.

در ادامه این بخش توصیه‌هایی برای استفاده از آزمایش بارگذاری استاتیکی در مراحل مختلف طرح و اجرا، معرفی اجمالی سایر آزمایشهای مرتبط با شمع و همچنین یک معرفی فهرست‌وار از تفسیر نتایج حاصل از آزمایش ارائه شده است (۱-۱ الی ۱-۵). در بخش بعدی موارد مندرج در استاندارد ASTM D-1143-81-1994 به عنوان یک دستورالعمل برای آزمایش بارگذاری استاتیکی محوری فشاری شمع‌ها ارائه شده است. [۲]

### ۱-۱- آزمایش بارگذاری استاتیکی در طول طراحی شمع

با توجه به اینکه آزمایش بارگذاری معمولاً روی شمع با ابعاد و شرایط شمع واقعی انجام می‌شود، نتایج آن در مقایسه با سایر روشها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای این منظور ممکن است یک یا چند شمع آزمایشی در محدوده ساختگاه اجرا شده و بارگذاری روی آنها انجام شود. در صورت امکان می‌توان محل شمع‌های آزمایشی را طوری انتخاب کرد که به عنوان شمع اصلی بکار برده شوند. تعداد شمع‌های آزمایشی، نوع شمع‌ها، روش اجرا و شرایط بارگذاری لازم است توسط مشاور ژئوتکنیک مسئول اجرای طرح انجام پذیرد. برای این منظور توجه به نکات ذیل ضروری است: [۳]

- قبل از انجام آزمایش باید مطالعات ژئوتکنیک در ساختگاه به طور کامل انجام شده باشد.
- نوع شمع، تجهیزات و روش اجرا همانند شرایط اجرای شمع‌های اصلی باشد.
- مراحل اجرای شمع باید با نظارت مشاور ژئوتکنیک و مستندسازی کامل انجام پذیرد.
- شمع‌ها حداقل باید تا ۲ برابر بار سرویس و ترجیحاً تا مرحله گسیختگی کامل بارگذاری شوند.

- روش آزمایش و ملحقات آن و نحوه گزارش نتایج طبق توصیه‌های ASTM صورت پذیرد.
- در صورت امکان از نصب میله‌های شاخص (Telltals) و یا سایر انواع ابزار در شمع به منظور تفکیک مقاومت‌های نوک و جدار استفاده گردد.

### ۲-۱- آزمایش بارگذاری استاتیکی در طول اجرای شمع و پس از اجرا

معمولاً آزمایشهای بارگذاری روی تعدادی شمع در مراحل مقدماتی اجرای شمع انجام می‌شود. هدف از انجام این آزمایشها حصول اطمینان از باربری ایمن شمع‌ها و همچنین کنترل عملیات اجرایی است. انتخاب شمع‌های آزمایشی توسط مهندس مشاور مسئول ژئوتکنیک طرح و بر اساس مشاهدات رفتاری شمع در حین اجرا انجام می‌پذیرد.

همچنین آزمایشهای کنترلی در طول اجرا و پس از اتمام اجرا معمولاً به منظور کنترل کیفیت، بازرسی و اطمینان از صحت اجرا انجام می‌شود. [۳]

توصیه می‌شود یک شمع از هر گروه در مواردی که نکات خاصی در حین اجرای شمع، مثلاً تفاوت قابل توجه در لایه‌بندی خاک، مشاهده شده آزمایش شود.

تعداد کل آزمایشهای بارگذاری استاتیکی در مراحل مختلف طراحی، اجرا و پس از اجرا، بسته به شرایط ساختگاه، تعداد کل شمع‌ها و نظر مشاور ژئوتکنیک طرح تعیین می‌گردد. به عنوان یک شاخص راهنما می‌توان ۲ آزمایش به ازاء هر ۱۰۰ شمع را در نظر داشت. در صورت استفاده از آزمایش دینامیک شمع (PDA) می‌توان تعداد آزمایشهای بارگذاری استاتیکی را کاهش داد.

توجه به این نکته ضروری است که نشست شمع‌ها، به ویژه گروه شمع را نمی‌توان از نتایج آزمایش بارگذاری تعیین نمود. حتی اگر آزمایش از نوع آهسته و طولانی باشد نیز محاسبه نشست، به ویژه نشست ناشی از تحکیم، از نتایج آزمایش بارگذاری صحیح نیست.

### ۳-۱- نحوه انجام آزمایش بارگذاری استاتیکی شمع

آزمایش بارگذاری استاتیکی محوری فشاری باید مطابق استاندارد ASTM D-1143 [۲] انجام شود. فواصل و دقتهای توصیه شده در استاندارد به عنوان حداقل‌های لازم تلقی شوند و چنانچه مقادیر بکارگرفته شده کمتر از مقادیر استاندارد باشند مسلماً نتایج قابل قبول نخواهد بود. به عنوان مثال، فواصل توصیه شده بین تیرهای مرجع برای اندازه‌گیری نشست و تکیه‌گاههای تیر اصلی و شمع آزمایشی، حداقل‌های لازم برای انجام آزمایش بوده و در صورت امکان بهتر است فواصل بیشتری اختیار شوند.

بارگذاری معمولاً توسط جک هیدرولیکی انجام می‌پذیرد. گیج فشار این جک اغلب برای اندازه‌گیری نیروی وارد بر شمع در هر مرحله از بارگذاری استفاده می‌شود، اما تجربه نشان داده که مقدار نیروی حاصل از این گیج دارای خطایی تا حد ۲۰٪ و در جهت عدم اطمینان است. در مواردیکه نیاز به دقت بالا باشد لازم است که علاوه بر فشارسنج روغن جک، از یک نیروسنج (Load Cell) به طور جداگانه بهره‌جست و گیج فشارسنج روغن را برای کنترل مضاعف استفاده کرد. نیروسنج مورد استفاده باید خیلی حساس به خروج از مرکزیت نیروهای وارده و تغییرات درجه حرارت محیط نباشد.

عکس‌العمل لازم برای اعمال نیروی محوری را می‌توان به روشهای مختلفی تأمین کرد. در این زمینه دو روش متداول وجود دارد که یکی تأمین عکس‌العمل توسط دو یا چند شمع کششی و روش دیگر استفاده از سربار مرده است. بسته به مقدار نیروی حداکثر مورد نظر، نوع شمع، روش اجرا، اهداف آزمایش، و امکانات اجرایی در محل، نوع تأمین عکس‌العمل باید توسط مهندس ژئوتکنیک مسئول طرح تصمیم‌گیری شود. به حداقل فاصله بین شمع مورد آزمایش با تکیه‌گاههای سربارهای عکس‌العمل و یا شمع‌های کششی تأمین عکس‌العمل توجه ویژه صورت پذیرد.

### ۴-۱- سایر آزمایشهای بارگذاری یا کنترل کیفیت شمع

در برخی موارد ممکن است نیاز به آزمایشهای بارگذاری دیگری مانند آزمایش بیرون کشش (Pullout) یا آزمایش بارگذاری جانبی باشد که در این صورت نیز باید آزمایش را طبق

استاندارد انجام داد. آزمایش بیرون کشش شبیه به آزمایش فشاری است، اما تهیه نیروی عکس‌العمل لازم برای آن به مراتب ساده‌تر است. برای آشنائی با جزئیات آزمایشهای بیرون کشش و بارگذاری جانبی به ترتیب به ASTM-D 3689 و ASTM D-3966 مراجعه شود.

در شمع‌های کوبشی، چنانچه از آزمایشهای دینامیکی (مانند تست PDA و تحلیل انطباق سیگنال CAPWAP) در مراحل مختلف طرح و اجرا استفاده شود، می‌توان تعداد آزمایشهای بارگذاری استاتیکی را کاهش داد. برای آشنائی بیشتر به [۱] مراجعه شود. روش انجام آزمایش دینامیک شمع (PDA) یا "کرنش بالا" (High Strain) در ASTM D-4945 تشریح شده است.

در شمع‌های برجا، انجام آزمایش بارگذاری استاتیکی تا بار نهائی (failure) پرهزینه و دشوار است. به هر حال بسته به اهمیت پروژه، امکانات انجام آزمایش، و نظر مشاور ژئوتکنیک طرح ممکن است تست تا دو برابر بار طرح و یا بار نهائی انجام یابد. برای این نوع شمع‌ها همچنین استفاده از "آزمایش کنترل یکپارچگی" یا (PIT) (Pile Integrity Test) توصیه می‌گردد. این آزمایش با نامهای Sonic, Echo, و "کرنش کم" (Low Strain) نیز شناخته می‌شود.

دستورالعمل انجام این آزمایش در ASTM D-5882 ارائه شده است. با استفاده از نتایج این آزمایش سریع و ارزان می‌توان به کنترل کیفیت شمع اجرا شده از لحاظ یکپارچگی بتن پی برد. در شمع‌های درجای با قطر بالا (بیش از ۱/۵ متر) استفاده از آزمایش Crosshole برای ارزیابی کیفیت شمع اجرا شده توصیه می‌گردد.

### ۱-۵- ارائه نتایج حاصل از آزمایش بارگذاری و تفسیر نتایج

ASTM D-1143 ملزوماتی را برای تهیه گزارش پس از انجام آزمایش تعیین نموده است. ارائه نتایج باید شامل منحنی نیرو- تغییر مکان و همچنین تغییر مکان- زمان باشد. در منحنی نیرو- تغییر مکان قرائتهای مربوط به تغییر مکان باید در دیاگرامی ارائه شوند که محور قائم آن نشان دهنده نیرو و محور افقی نشان دهنده تغییر مکان بوده و هر دو محور در مقیاس خطی باشند. به منظور سهولت در تفسیر نتایج، مقیاس بر روی محور قائم (نیرو) باید به گونه‌ای انتخاب شود که امتداد تغییر طول الاستیک شمع زاویه‌ای در حدود ۲۰ درجه با محور نیرو بسازد.



هفت روش تفسیر نتایج آزمایش بارگذاری شمعها توسط طراحان و متخصصین شمع مورد توجهند. این روشها که بر مبنای نتایج حاصل از آزمایش بارگذاری و بر اساس اطلاعات مربوط به نیرو - تغییر مکان ارائه شده‌اند عبارتند از:

۱- روش حدی دیویسون (Davisson Offset Limit)

۲- روش Mazurkiewicz

۳- روش Nordland Butler & Hoy

۴- روش برنیچ هنسن (Brinch Hansen)

۵- روش برون یابی چین - کوندر (Failure Load Chin-Konder Extrapolation)

۶- روش حدی دبیر (DeBeer Yeild Limit)

۷- روش نقطه انحناء ماکزیمم (Maximum Curvature Point)

روشهای ارائه شده تغییراتی حدود ۳۰٪ از پایین‌ترین تا بالاترین حد را شامل شده و طراح شمع برای ارزیابی نتایج باید بر اساس تجارب فنی خود معیار مورد نظر را انتخاب کند. جزئیات مبانی، روش استفاده و ارزیابی روشهای فوق در [۱] شرح داده است.

## ۶-۱- موارد کاربرد

آزمایش بارگذاری استاتیکی محوری فشاری به شمعهای عمودی یا مایل که به صورت تکی یا گروهی اجرا می‌شوند اختصاص دارد و به منظور تعیین پاسخ تک شمع یا گروه شمع نسبت به بار فشاری محوری وارده بکار می‌رود. این آزمایش بر روی انواع پی‌های عمیق (بدون توجه به روش اجرای آنها) که شبیه به شمعها عمل می‌نمایند قابل انجام است.

## ۷-۱- سیستم آحاد استاندارد

مقادیری که بر حسب واحدهای میلیمتر - کیلوگرم بیان شده‌اند به عنوان مقادیر استاندارد در نظر گرفته می‌شوند. ضمناً نکات زیر قابل ملاحظه می‌باشد:

نکته ۱- دستگاهها و دستورالعملهایی که «اختیاری» ذکر شده‌اند، فقط در صورتی لازم است استفاده شوند که یا در مشخصات فنی پروژه ذکر شده باشند و یا مهندس ژئوتکنیک طراح پی تاکید نموده باشد.

نکته ۲- در این دستورالعمل به تفسیر نتایج آزمایش و چگونگی کاربرد آنها برای طراحی پی‌ها اشاره‌ای نشده است. توصیه می‌شود یک مهندس ژئوتکنیک متبحر برای تفسیر نتایج آزمایش جهت پیش‌بینی عملکرد شمع و ظرفیت باربری بکار گرفته شود. روشهای مختلف تجزیه، تحلیل و تفسیر نتایج آزمایش بارگذاری در مجموعه دیگری تحت عنوان "ظرفیت باربری محوری شمع‌ها" [۱] ارائه شده‌اند. واژه «گسیختگی»<sup>۲</sup> در اینجا نشان‌دهنده جابجائی پیوسته و یا فرورفتن ناگهانی<sup>۳</sup> شمع یا گروه شمع در زمین تحت بار ثابت است.

## ۸-۱- تذکر در موارد ایمنی

با توجه به سطح بالای نیروهای اعمالی در آزمایش بارگذاری، رعایت موارد ایمنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اهم موارد ایمنی که باید مورد توجه قرار گیرد در بخش ۶ ذکر شده است. اما توجه گردد که این دستورالعمل ادعائی مبنی بر بیان کلیه نکات ایمنی لازم در حین انجام آزمایش نداشته و این مسئولیت مدیر کارگاه، مشاور ژئوتکنیک طرح و اپراتور خواهد بود که قبل از انجام آزمایش موارد ایمنی لازم را فراهم نموده و به موارد قانونی مربوطه عمل کنند.

## ۲- دستگاه اعمال بار محوری

### ۱-۲- کلیات

۱-۱-۲- دستگاههایی که برای اعمال بار فشاری به شمع یا گروه شمع بکار می‌روند باید مطابق توضیحات بندهای ۲-۳، ۲-۴ و ۲-۵ باشند. مکانیزم اعمال بار باید طوری باشد که بارها به مرکز محور طولی شمع یا گروه شمع وارد شده تا مقدار بارهای خارج از مرکز به حداقل برسد.

1- optional  
2- failure  
3- plunging

بند ۲-۳ مربوط به اعمال بارهای محوری به شمع‌های تکی قائم یا مایل است. بندهای ۲-۴ و ۲-۵ فقط برای اعمال بارهای قائم کاربرد دارند.

نکته ۳- هنگامی که یک گروه شمع تحت بارهای قائم آزمایش قرار می‌گیرد، ممکن است کلاهک دچار چرخش یا تغییر مکانهای افقی شود. وقوع این تغییر مکانها و همچنین پیش‌بینی مقابله با این تغییر مکانها (در صورتیکه مقدار آنها در حد مجاز نباشد) باید در طراحی و ساخت دستگاههای بارگذاری برای گروه شمع در نظر گرفته شود.

نکته ۴- در صورتیکه امکان اعمال بارهای محوری به شمع مایل نباشد، نتایج آزمایش انجام شده بر روی یک شمع قائم مشابه در نزدیکی آن ممکن است برای محاسبه ظرفیت باربری محوری شمع مایل مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱-۲- در صورت امکان، سطح محدوده‌ای که شمع یا گروه شمع مورد آزمایش در آن قرار دارد باید تا رقوم قطع شمع<sup>۱</sup> خاکبرداری و حفاری شود. به منظور ساخت دستگاه اعمال بار، نصب ابزار آزمایش، ابزاربندی و کنترل ابزاربندی لازم است رأس شمع مورد آزمایش در رقوم مناسبی تنظیم گردد. در صورت لزوم به منظور جلوگیری از کمانش، قسمت آزاد طول شمع بدون تاثیرگذاری بر نتایج آزمایش باید مهار شود.

۲-۱-۳- در صورتیکه هنگام کوبش شمع، رأس شمع آسیب دیده باشد قسمت آسیب دیده باید قبل از انجام آزمایش بارگذاری بریده شود. در مورد آزمایش بارگذاری روی گروه شمع‌ها لازم است کلاهک بتن آرمه‌ای که طراحی و ساخت آن مطابق با استانداردهای مهندسی و بر اساس تحمل بارهای وارده است بر روی شمع‌ها اجرا گردد.

نکته ۵- به منظور حذف هر گونه اثر خاک بر کلاهک تحت بارگذاری کوتاه مدت بهتر است یک فاصله مناسب بین کلاهک و سطح زمین ایجاد شود. ساخت یک شبکه مناسب فولادی نیز ممکن است به جای کلاهک مناسب باشد.

۲-۱-۴- در بندهای ۲-۳ و ۲-۴ و برای آزمایش روی یک شمع تکی در بند ۲-۵ از یک صفحهٔ باربر فولادی<sup>۱</sup> با ضخامت مناسب برای جلوگیری از خمش تحت بار وارده (این ضخامت کمتر از ۵۰ میلیمتر نباشد) استفاده شده که باید در مرکز تک شمع یا گروه شمع قرار گرفته و بر محور طولی شمع یا شمع‌ها عمود باشد. در گروه شمعی که اعمال بار در دو یا چند نقطهٔ مختلف انجام می‌شود، صفحات فولادی مذکور باید در زیر هر نقطهٔ اعمال بار قرار گرفته و این صفحات باید نسبت به مرکز گروه شمع متقارن باشند. در مورد آزمایشهای بارگذاری روی شمع‌های تکی باید دقت شود که مساحت صفحهٔ آزمایش از مساحت رأس شمع و مساحت پایهٔ جک هیدرولیکی کمتر نباشد. در مورد گروه شمع‌ها، مساحت صفحهٔ آزمایش نباید از دو برابر مساحت پایهٔ جک‌های هیدرولیکی کمتر باشد.

۲-۱-۵- در آزمایش بر روی شمع‌های پیش‌ساخته بتنی یا از نوع درجاریز به صورت تکی یا گروه شمع، صفحهٔ فولادی باید روی ملات (گروت) پر مقاومت زودگیر قرار گیرد. در مورد شمع‌های فولادی با مقطع  $H$ ، صفحهٔ فولادی باید به شمع جوش شود. در مورد شمع‌های چوبی، صفحهٔ فولادی به طور مستقیم روی رأس شمع قرار می‌گیرد. به منظور باریری مناسب، سطح رأس شمع چوبی باید با اره کاملاً صاف شود. صفحهٔ فولادی همچنین می‌تواند روی ملات پرمقاومت زودگیر نیز قرار گیرد.

۲-۱-۶- در بندهای ۲-۳ و ۲-۴، جک هیدرولیکی باید بوسیلهٔ یک صفحهٔ فولادی با ضخامت کافی که بین بالای جک هیدرولیکی و پائین تیر آزمایش<sup>۲</sup> قرار گرفته در مرکز صفحهٔ آزمایش واقع شود. در صورتیکه از نیروسنج<sup>۳</sup> یا ابزار مشابه استفاده شود باید آن را در مرکز صفحه و در بالای جک با یک صفحهٔ فولادی باربر دیگر با ضخامت کافی قرار داد که این صفحه بین نیروسنج و سطح تحتانی تیر آزمایش قرار می‌گیرد. صفحات باربر باید دارای سطح کافی بوده تا

1- test plate

2- test beam

3- load cell

جک هیدرولیکی و نیروسنج را در خود جاداده و به طور مناسبی در مقابل پائین تیر آزمایش مقاومت کنند.

۲-۱-۷- در بند ۲-۵ برای انجام آزمایش روی گروه شمعها از صفحه آزمایش مطابق بند ۲-۱-۲ استفاده می‌شود و یا از روش دیگری استفاده می‌شود که در آن تیر آزمایش به طور مستقیم روی کلاهک قرار گرفته و بار مستقیماً به کلاهک اعمال می‌شود. تیرهایی که به طور مستقیم روی کلاهک گذاشته می‌شوند باید روی ملات (گروت) پرمقاومت زودگیر قرار گیرند.

## ۲-۲- ابزار آزمایش

۲-۱-۲- جکهای هیدرولیکی و عملکردهای آنها باید شرایط استاندارد ANSI B30.1 را ارضاء نمایند.

۲-۲-۲- جز در مواردی که از نیروسنج کالیبره شده استفاده می‌شود، سیستم کامل جک شامل جکهای هیدرولیکی، پمپ هیدرولیکی و فشارسنج باید قبل از انجام هر آزمایش، یا یک سری آزمایش، با دقت حداقل ۰.۵٪ بار وارده به عنوان یک سیستم واحد کالیبره شود. جک هیدرولیکی باید برای طولهای مختلف میله اعمال بار خود برای افزایش یا کاهش بارهای وارده کالیبره شود. در صورتیکه از دو یا چند جک برای اعمال بار استفاده می‌شود باید قطر پیستون<sup>۱</sup> همه آنها یکسان بوده، تنها به یک جعبه تقسیم<sup>۲</sup> و فشارسنج متصل باشند و باید از یک پمپ هیدرولیکی تغذیه شوند.

نکته ۶- در صورتیکه امکان کالیبره نمودن کل سیستم جک به عنوان یک سیستم واحد نباشد، لازم است که فشارسنج بصورت مجزا کالیبره شده که در این حالت بایستی مساحت پیستون جک اندازه‌گیری شود.

1- ram

2- manifold

۲-۲-۳- در صورتیکه دقتی بالاتر از دقتی که از سیستم جک بدست می‌آید مورد نظر باشد باید از یک نیروسنج مناسب بطور سری با جک هیدرولیکی استفاده شود. نیروسنج قبل از انجام آزمایش باید با دقتی حداقل معادل ۲٪ بار وارده کالیبره شده و باید به باربر کروی<sup>۱</sup> (یا قُرُری) مجهز شود.

۲-۲-۴- در صورتیکه در هنگام آزمایش، نظارتی بر پمپ هیدرولیکی وجود نداشته باشد، سیستم باید به یک رگلاتور خودکار مجهز شود تا در صورت وقوع جابجائی در شمع، مقدار بار وارده ثابت نگاه داشته شود.

۲-۲-۵- گزارش کالیبراسیون برای تمامی ابزار آزمایشی که به کالیبره نیاز دارند باید تنظیم گردد و ذکر دمائی که کالیبراسیون در آن انجام شده ضروری است.

نکته ۷- برای کنترل نتایج بهتر است از دو سیستم اندازه‌گیری بار (گیج و نیروسنج) استفاده شود که در صورت خرابی یکی از آنها از نتایج دیگری استفاده شود. بازوهای جک هیدرولیکی بهتر است دارای قابلیت حرکت کافی بوده تا امکان جابجائی‌های پیش‌بینی شده در شمع، تغییرمکانهای تیر آزمایش و افزایش طول اتصالات مربوط به ابزار مهاربندی در بند ۲-۳ را فراهم نماید. بکار بردن یک جک با ظرفیت بالا به استفاده از سیستم چند جکی ترجیح داده می‌شود. در صورت استفاده از سیستم چند جکی، به علت احتمال خرابی گیج بهتر است علاوه بر گیج اصلی هر جک به یک گیج جداگانه نیز متصل شود.

### ۲-۳- بارگذاری شمع یا گروه شمع توسط جک هیدرولیکی و ایجاد عکس‌العمل بوسیله

#### قاب مهارشده (شکل‌های ۱ و ۲)

۲-۳-۱- در ابتدا باید به تعداد کافی شمع‌های مهاری یا ابزار مهاربندی مناسب برای تأمین عکس‌العمل مورد نیاز نصب شود. این شمع‌های مهاری باید حداقل به اندازه ۵ (پنج) برابر

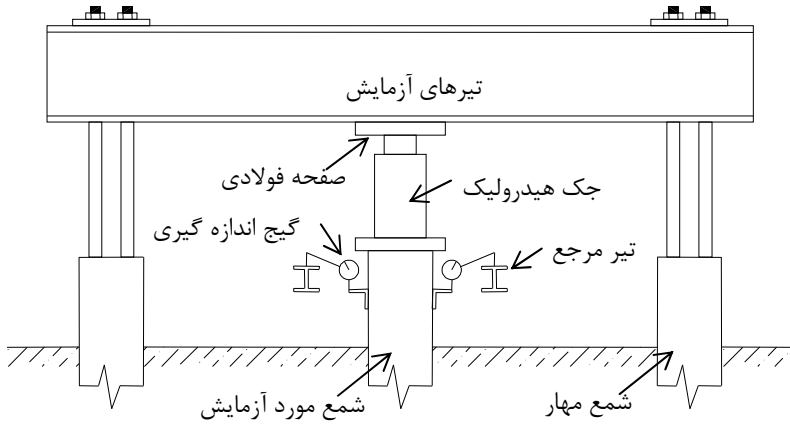
1- spherical bearings

حداکثر قطر شمع‌های مهاري یا شمع‌های اصلي، از شمع‌های مورد آزمایش یا گروه شمع فاصله داشته باشند، ولی این فاصله نباید کمتر از ۲ متر باشد. در صورتیکه شمع‌های مورد آزمایش مایل باشند، شمع‌های مهار نیز باید بطور مایل در همان جهت و همان زاویه‌ای که شمع اصلي نصب شده قرار گیرند.

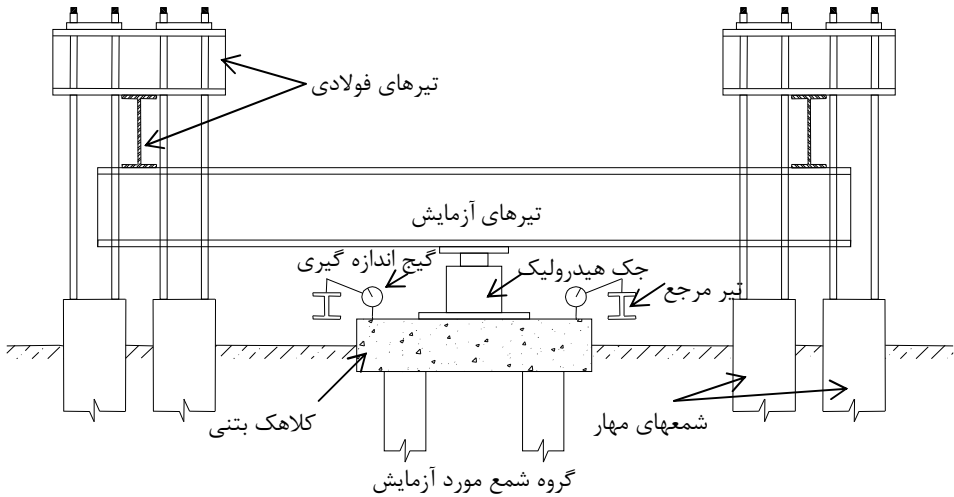
۲-۳-۲- تیر آزمایش باید دارای اندازه و مقاومت کافی برای جلوگیری از تغییر مکان اضافی تحت بار وارده باشد. این تیر در مرکز شمع یا گروه شمع قرار گرفته و برای نصب صفحه‌های باربر، جک هیدرولیکی (و نیروسنج در صورت استفاده) باید فاصله کافی بین پائین بال تیر آزمایش و قسمت بالای شمع یا گروه شمع وجود داشته باشد. در صورت بارگذاری یک شمع تکمی مایل، تیر آزمایش باید در راستای عمود بر محور شمع مایل قرار گیرد. در بارگذاری‌های سنگین که به چندین مهاربندی نیاز است، از یک سیستم قاب‌بندی فولادی برای انتقال بار وارده به شمع از طریق تیر آزمایش به مهارهای کششی استفاده می‌شود.

۲-۳-۳- تیر یا تیرهای آزمایش (یا قاب در صورتیکه استفاده شود) بوسیله بستهای طراحی شده به ابزار مهاربندی متصل می‌شوند. بستها باید طوری طراحی شوند که بدون ایجاد لغزش، گسیختگی و یا افزایش طول اضافی بتوانند حداکثر بارهای وارده در حین آزمایش را منتقل کنند.

۲-۳-۴- بار وارده مطابق استاندارد نحوه اعمال بار شرح داده شده در بند ۴-۱ یا هر استاندارد معتبر بین‌المللی دیگری توسط جک هیدرولیکی به شمع یا گروه شمع اعمال می‌شود.



شکل ۱- نحوه اعمال بار به تک شمع توسط جک هیدرولیک و استفاده از سیستم قاب - میل مهار جهت تامین عکس‌العمل



شکل ۲- نحوه اعمال بار به گروه شمع توسط جک هیدرولیک مشابه شکل



## ۲-۴- بارگذاری شمع یا گروه شمع توسط جک هیدرولیکی و ایجاد عکس‌العمل

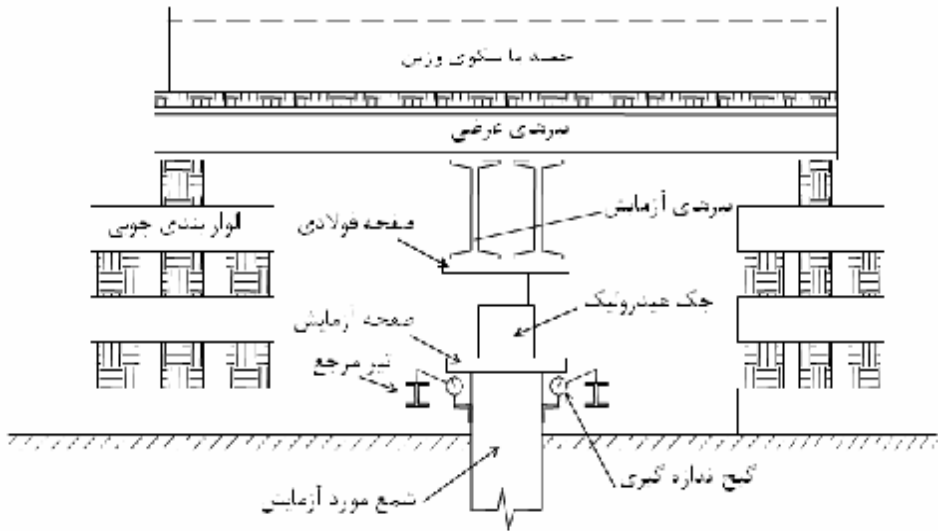
### بوسیلهٔ جعبهٔ وزین یا سکو (شکل ۳)

۲-۴-۱- تیرهای آزمایش (شکل ۳) باید دارای اندازه و مقاومت کافی برای جلوگیری از تغییر مکان اضافی تحت بار باشد. شمع یا گروه شمع باید در مرکز تیر آزمایش قرار گرفته و برای نصب صفحه‌های باربر و جک هیدرولیکی (و نیروسنج در صورتیکه بکار رود) باید فاصلهٔ کافی بین بالای شمع مورد آزمایش یا کلاهک شمع و پائین تیر پس از تغییر مکان تیر ناشی از بار وارده موجود باشد. انتهای تیر آزمایش باید بطور موقت روی الواربندی یا سیستم تکیه‌گاهی مطمئن دیگری قرار گیرد تا در حین چیدن وزنه‌ها واژگونی صورت نپذیرد.

۲-۴-۲- جعبه یا سکو باید در مرکز تیر آزمایش قرار گرفته و گوشه‌های آن باید موازی تیرهای آزمایش باشد. تیرهای آزمایش بوسیلهٔ الواربندی یا شمع‌های مهاریه که در فاصله معینی از شمع‌های مورد آزمایش قرار دارند، نگاه داشته می‌شوند. شمع‌های مهاریه یا تکیه‌گاه تیرهای آزمایش باید تا حد ممکن از شمع آزمایش فاصله داشته باشند، اما در هیچ حالتی نباید کمتر از ۱/۵ متر از شمع‌های مورد آزمایش فاصله داشته باشند. در صورت استفاده از الواربندی، سطح تماس الواربندی با زمین باید به اندازه‌ای باشد تا از نشست قابل ملاحظهٔ جعبهٔ وزین یا سکو جلوگیری کند.

۲-۴-۳- جعبه یا سکو می‌تواند با هر مادهٔ پرکنندهٔ مناسبی مانند خاک، سنگ، بتن، فولاد یا تانکهای آب پر شود و وزن کل (شامل تیرهای آزمایش و جعبه یا سکو) باید حداقل ۱۰٪ بزرگتر از حداکثر بار پیش‌بینی شده برای انجام آزمایش بارگذاری باشد.

۲-۴-۴- اعمال بار به شمع یا گروه شمع باید مطابق با استاندارد مذکور در بند ۴-۱ یا هر استاندارد معتبر دیگری بوسیلهٔ جکهای هیدرولیکی انجام شود.



شکل ۳- نحوه اعمال بار به تک شمع توسط جک هیدرولیک و استفاده از وزنه‌های مرده جهت تامین عکس العمل

## ۲-۵- بارگذاری شمع یا گروه شمع بطور مستقیم بوسیله وزنه‌های معین (شکل‌های ۴، ۵ و ۶)

۲-۵-۱- تیر آزمایشی به وزن معین و دارای اندازه و مقاومت کافی برای جلوگیری از تغییر مکان اضافی در اثر اعمال بار، در مرکز صفحه آزمایش یا کلاهک شمع قرار داده می‌شود. برای پایداری دو انتهای تیر آزمایش می‌توان از الوار بندی موقت استفاده کرد. به عنوان یک روش جایگزین می‌توان وزنه‌ها را بطور مستقیم روی شمع یا کلاهک شمع قرار داد.

۲-۵-۲- یک سکو با وزن معین روی مرکز تیر آزمایش نصب و تراز شده یا مستقیماً طوری روی کلاهک شمع قرار می‌گیرد که گوشه‌های بیرون زده سکو موازی تیر آزمایش باشند. تیر آزمایش توسط الوار بندی یا شمع‌هایی که بوسیله تیرهای چوبی به هم متصل شده‌اند نگاه داشته می‌شود. فاصله بین تکیه‌گاه‌های تیر آزمایش و شمع تحت بارگذاری یا کلاهک نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد.

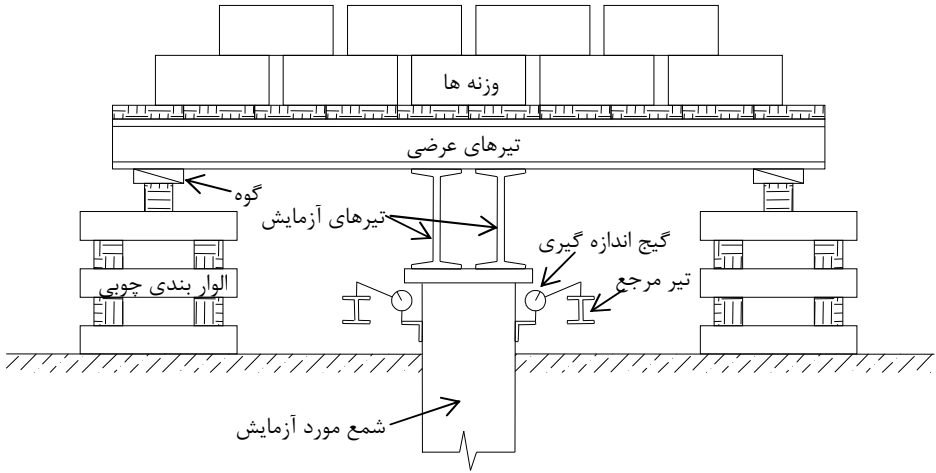
۲-۵-۳- برای حفظ پایداری سکو در حین بارگذاری و باربرداری از تعداد کافی جفت گوه بین بالای الواربندی یا تیرهای چوبی و پائین گوشه‌های سکو استفاده می‌شود.

۲-۵-۴- قبل از بارگذاری سکو، تکیه‌گاههای موقت در دو انتهای تیر آزمایش برداشته شده و به منظور پایداری سکو جفت گوه‌های قرار گرفته در زیر گوشه‌های سکو به هم بسته می‌شوند. بارگذاری سکو مطابق استاندارد مذکور در بند ۴-۱ یا موارد دیگری با بکار بردن مصالحی مانند فولاد یا بتن طوری انجام می‌شود که نمو افزایش وزن با دقت ۰.۵٪ قابل تعیین باشد.

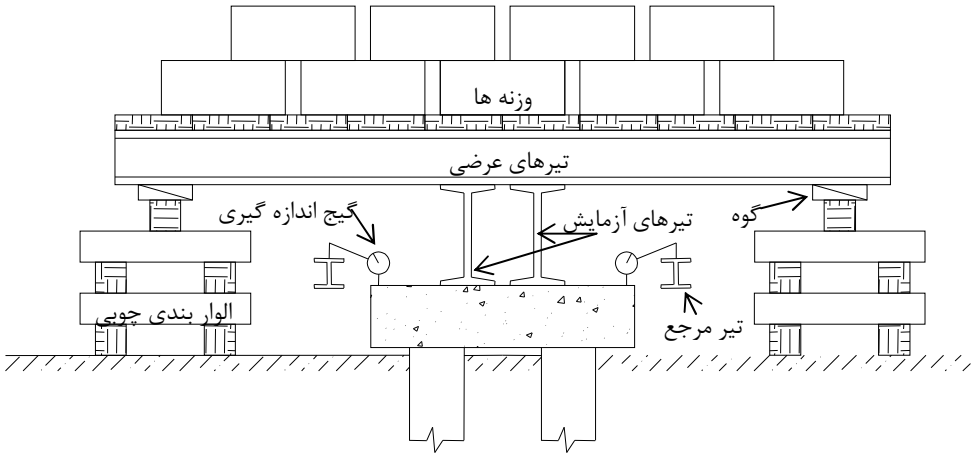
نکته ۸- با دستگاههای بارگذاری شرح داده شده در بند ۲-۵ قرائت شاخص اندازه‌گیری که مستقیماً روی مرکز رأس شمع یا کلاهک یا مرکز صفحه آزمایش قرار گرفته، آغاز شده و بدین ترتیب تغییرمکانهای رأس شمع در بند ۳-۲-۳ تعیین می‌شود. برای آزمایش شمع‌های بتنی، یا گروه شمع‌ها، لازم است که سوراخی در مرکز صفحه بارگذاری تعبیه شود که یک میله کوچک فولادی از آن عبور کرده و به رأس شمع یا گروه شمع محکم گردد. در انجام آزمایش روی شمع‌های  $H$  شکل یا چوبی قرائت از روی صفحه آزمایش انجام می‌گیرد. برای نصب میله‌های شاخص اندازه‌گیری<sup>۱</sup> باید از تیر دابل با فاصله کافی بین آنها استفاده نموده و همچنین باید یک حفره در سکو ایجاد شود. برای رؤیت شاخص اندازه‌گیری لازم است بین وزنه‌های آزمایش فاصله‌ای در جهت دید ایجاد شود.

## ۲-۶- سایر دستگاههای اعمال بار (اختیاری)

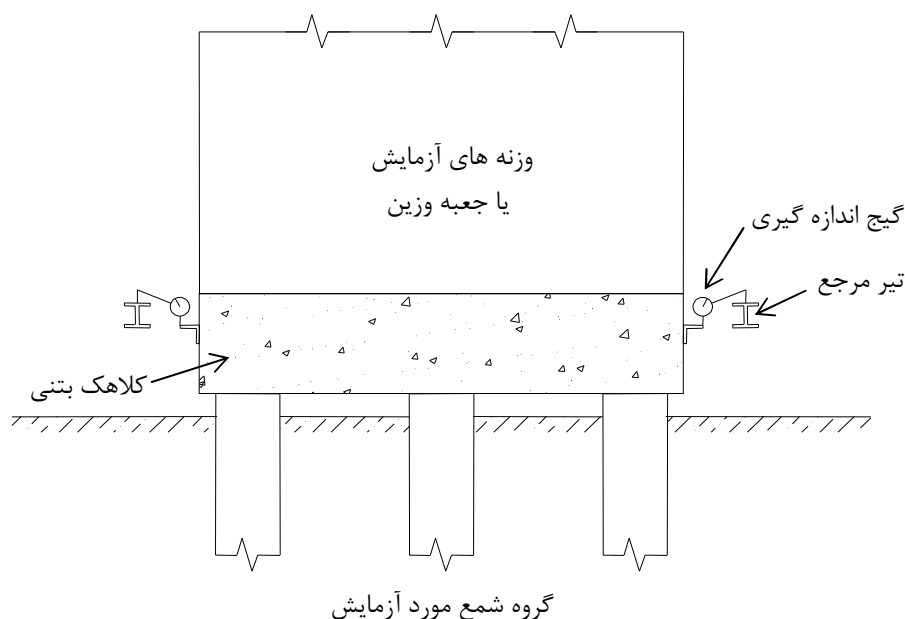
هر نوع دستگاه اعمال بار که موارد اصولی مذکور در بند ۲-۳ و ۲-۴ را ارضاء نماید می‌تواند بکار رود.



شکل ۴- نحوه اعمال بار به تک شمع مستقیماً توسط وزنه‌های مرده



شکل ۵- اعمال بار به گروه شمع با استفاده از وزنه‌های مرده روی عرشه



شکل ۶- اعمال بار به گروه شمع با استفاده از وزنه‌های مرده روی عرشه

### ۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری تغییر مکان

#### ۳-۱- کلیات

۳-۱-۱- تمامی تیرها و سیمهای مرجع<sup>۱</sup> باید بطور مستقل بوسیله تکیه‌گاههایی محکم به زمین متصل شوند، بطوریکه حداقل به اندازه ۲/۵ متر از شمع یا گروه شمع آزمایش فاصله داشته و در حداکثر فاصله ممکن از شمع‌های مهار یا الواربندی قرار گیرند. تیرهای مرجع باید به اندازه کافی سخت باشند تا تکیه‌گاه مناسبی برای ابزاربندی تلقی شده و تغییرات بیش از اندازه در قرائتها ایجاد نگردد. همچنین برای ایجاد سختی اضافی بهتر است تیرهای مرجع بطور متقاطع به هم متصل شوند. در صورت استفاده از تیرهای مرجع فولادی، به منظور آزاد شدن تغییر مکانهای حرارتی باید یک انتهای هر تیر در جهت افقی آزاد باشد.

1- reference beams and wires

۳-۱-۲- گیج‌های اندازه‌گیری تغییرمکان مدرج<sup>۱</sup> باید حداقل به اندازه ۵۰ میلیمتر کورس داشته باشند. در صورت نیاز به اندازه‌گیری جابجائی بیشتر باید از گیج‌های با کورس بیشتر یا تعداد کافی بلوکهای سنجش‌گر<sup>۲</sup> استفاده نمود. به جز شرایط بند ۳-۴-۲، در سایر موارد دقت گیج‌ها باید حداقل برابر ۰/۲۵ میلیمتر باشد. سطح نشیمن میله متحرک گیج‌ها باید کاملاً صاف (مثل شیشه) و عمود بر جهت حرکت میله متحرک گیج<sup>۳</sup> باشد. مقیاس‌های بکار رفته برای اندازه‌گیری تغییرمکان شمع باید تا ۰/۲۵ میلیمتر خوانده شود. میله‌های شاخص نشانه‌دار<sup>۴</sup> باید تا دقت ۰/۳ میلیمتر قابلیت قرائت داشته باشد.

۳-۱-۳- به منظور ثبت دقیق اطلاعات، کلیه گیج‌های مدرج، مقیاسها و نقاط مرجع باید با یک شماره یا یک حرف مشخص شود. همچنین باید تمهیدات لازم برای محافظت از سیستم اندازه‌گیری، سیستم مرجع و ابزاربندی در مقابل تغییرات دما و آسیب خوردگی فراهم گردد. کلیه گیج‌ها، مقیاس‌ها یا نقاط مرجع متصل به شمع مورد آزمایش یا کلاهک باید طوری تنظیم شوند که در حین انجام آزمایش از تغییرمکان نسبی آنها نسبت به شمع مورد آزمایش یا کلاهک جلوگیری شود.

### ۳-۲- تغییرمکانهای محوری راس شمع (شکل ۷)

دستگاهی که برای اندازه‌گیری تغییرمکان محوری راس شمع مورد آزمایش یا شمع‌های مربوط به گروه شمع بکار می‌رود باید شامل یک سیستم اولیه و ثانویه مطابق با روشهای زیر باشد. نکته ۹- برای کنترل اطلاعات حاصله لازم است اندازه‌گیری با دو سیستم مختلف صورت گیرد. بدین ترتیب هم مسأله دستخوردگی احتمالی سیستم اندازه‌گیری در نظر گرفته شده و هم در

---

1- dial gages  
2- gage blocks  
3- gage stem  
4- target rods

مواردی که لازم است گیج‌ها و مقیاس تنظیم مجدد به صفر<sup>۱</sup> شوند، پیوستگی اطلاعات حفظ خواهد شد.

### ۳-۲-۱- گیج‌های مدرج

دو تیر مرجع موازی در دو طرف شمع مورد آزمایش یا کلاهک باید در جهتی قرار گیرند که امکان قرارگیری تکیه‌گاههای آنها در حداکثر فاصله ممکن از شمع‌های مهار یا الواربندی فراهم گردد. حداقل باید دو گیج مدرج طوری روی تیرهای مرجع قرار گیرند که تقریباً به فاصله مساوی و در دو طرف شمع مورد آزمایش یا کلاهک قرار گیرند. میله متحرک گیج‌ها موازی محور طولی شمع‌ها بوده و روی گیره‌هایی که محکم به هر دو طرف شمع یا کلاهک در زیر صفحه آزمایش وصل شده قرار می‌گیرند. همچنین دو عدد گیج مدرج در دو طرف شمع مورد آزمایش یا کلاهک زیر صفحه آزمایش قرار می‌گیرند. دو گیج مدرج اضافی باید در دو طرف صفحه آزمایش برای اندازه‌گیری تغییرمکانهای نسبی بین صفحه آزمایش و شمع یا کلاهک قرار گیرند (شکل ۷). در انجام آزمایش روی شمع‌های مایل تکی، گیج‌های مدرج باید در امتداد خطی که عمود بر راستای شمع مایل است قرار گیرند.

نکته ۱۰- استفاده از ۴ گیج مدرج با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم به منظور کاهش اثرات تغییرمکان افقی یا چرخش رأس شمع به علت بارگذاری تصادفی خارج از مرکز توصیه می‌گردد.

نکته ۱۱- در انجام آزمایش روی شمع‌های مایل توصیه شده که یک گیج مدرج در راستای خطی که از مرکز شمع مورد آزمایش گذشته و در راستای محور شمع مایل است قرار گیرد. میله متحرک گیج مدرج باید عمود بر محور طولی شمع بوده و به منظور اندازه‌گیری تغییرمکانهای افقی، سطح نشیمن میله متحرک باید از صفحه شیشه‌ای روغن کاری شده ساخته شده باشد.

## ۳-۲-۲- سیم، آینه و صفحه مدرج

دو سیم موازی در دو طرف شمع مورد آزمایش یا کلاهک باید در جهتی قرار گیرند که امکان قرارگیری تکیه‌گاههای سیمها در حداکثر فاصله ممکن از شمع‌های مهار یا الواربندی فراهم شود. سیمها باید کاملاً افقی بوده و بر روی صفحه مدرج کاملاً واضح باشند. صفحه مدرج موازی محور شمع مورد آزمایش یا شمع‌های موجود در گروه شمع است و به آینه‌ای متصل است که به شمع مورد آزمایش یا کلاهک متصل شده، بطوریکه قرائت مقادیر تغییر مکان محوری شمع بطور مستقیم از روی صفحه مدرج، سیم و تصویر سیم در آینه تعیین می‌گردد. به عبارت دیگر، در هر مرتبه قرائت، چشم را باید آنقدر بالا و پائین برد تا آنکه سیم و تصویر آن در آینه بر هم منطبق گردیده و در آن لحظه قرائت را روی صفحه مدرج انجام داد. این امر موجب می‌شود که خطای راستای نگرش غیر افقی حذف گردد و قرائت در زمانهای مختلف یکنواخت باشد. فاصله سیم از سطح مقیاس نباید از ۲۵ میلیمتر بیشتر باشد. برای ثابت نگاه داشتن کشش در سیمها در حین آزمایش باید از روشی مناسب استفاده نمود بدین ترتیب که وقتی تحت کشش یا فشار قرار گیرند به حالت اولیه خود باز گردند. باید از سیمهای پیلانو یا جنس‌های مشابه آن استفاده نمود.

۳-۲-۳- تراز نقشه برداری یا تیر لیزری<sup>۱</sup>

قرائتهایی که بوسیله تراز نقشه برداری یا تیر لیزری انجام می‌شود باید با یک شاخص نشانه‌دار یا صفحه مدرج مقایسه شده و به عنوان نشانه مبنا<sup>۲</sup> دائمی در خارج از محدوده آزمایش بکار رود. روش دیگر آنکه تراز نقشه برداری روی جسمی با تراز ثابت (مانند یک شمع کوبیده شده) در خارج منطقه آزمایش در نظر گرفته شود. نقاط مرجع یا مقیاسهای بکار رفته برای قرائت مقادیر نشست باید در کناره‌های شمع مورد آزمایش یا کلاهک و در جهت مخالف قرار گیرند، مگر آنکه نقاط مرجع روی کلاهک بوده و قرائتها بر اساس یک نقطه ثابت در مرکز رأس شمع،

1- surveyor's level or laser beam

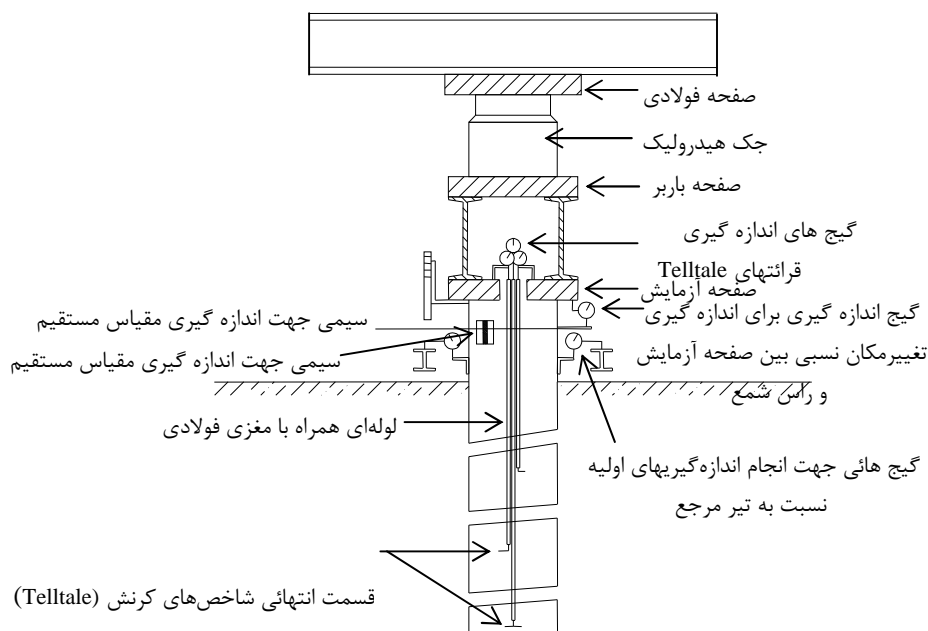
2- bench mark



صفحه آزمایش، کلاهک یا مقیاس قرار داده شده روی صفحه آزمایش انجام شده تا تغییر مکانهای نسبی بین صفحه آزمایش و رأس شمع مطابق بند ۳-۲-۱ بدست آید (شکل ۷).

۳-۲-۴- انواع دیگری از دستگاههای اندازه‌گیری (اختیاری)

هر نوع دیگری از وسایل اندازه‌گیری مانند سنجش‌گرهای الکتریکی یا نوری که قابل اعتماد بوده و دقت آن حدود ۰/۲۵ میلیمتر باشد می‌تواند بکار رود.



شکل ۷- نحوه ابزار بندی شمع به منظور اندازه‌گیری جابجائی‌های شمع در نقاط مختلف

(نصب میله‌های شاخص کرنش یا Telltale)

### ۳-۳- تغییر مکانهای جانبی (اختیاری)

تغییر مکانهای جانبی رأس شمع مورد آزمایش یا کلاهک باید تا دقت  $2/5$  میلیمتر بوسیله یکی از روشهای زیر اندازه‌گیری شود:

۱- دو گیج مدرج با زاویه  $90^\circ$  درجه نسبت به هم روی تیر مرجع قرار گرفته بطوریکه میله متحرک آنها عمود بر محور طولی شمع مورد آزمایش بوده و نشیمن‌گاه آنها پیرامون شمع مورد آزمایش یا کلاهک قرار گرفته باشد.

۲- قرائتهای انجام شده از موقعیتهای ثابت مقیاسها که بطور افقی روی کناره‌های شمع مورد آزمایش یا کلاهک قرار گرفته‌اند به اندازه  $90^\circ$  درجه از قرائتهای مرجع مربوط به دید جلو و دید عقب فاصله دارند. در انجام آزمایش روی شمع‌های مایل، یکی از گیج‌ها یا مقیاسها باید در راستای شمع مایل قرار گیرد.

### ۳-۴- اندازه‌گیریهای افزایشی کرنش (اختیاری)

۳-۴-۱- شمع‌های مورد آزمایش باید طبق موارد تعیین شده ابزاربندی شوند تا نحوه توزیع انتقال بار از شمع به خاک مشخص گردد. در صورت استفاده از مشخصات میله‌های شاخص کرنش‌سنجی<sup>۱</sup> (شکل‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰) باید آنها را داخل یا بالای شمع‌های مورد آزمایش نصب کرد، بطوریکه انتهای آنها در نوک شمع و همچنین در نقاط دیگری در طول شمع قرار گیرد. هدف از نصب این میله‌ها، اندازه‌گیریهای جابجائی نوک شمع و یا هر رقوم دلخواه دیگری در طول شمع است. به منظور حرکت آزاد این میله‌ها در حین آزمایش، لازم است آنها را در داخل غلاف قرار داد. اثر غلاف بر خواص الاستیک مقطع شمع باید مورد توجه قرار گیرد. در صورت استفاده از کرنش‌سنجهای الکتریکی مقاومتی باید نوع و نحوه نصب آنها طبق مشخصات تعیین شده صورت گرفته و در ضمن باید قادر به اصلاح اثر تغییرات دما باشند.

1- strain rods or telltales

نکته ۱۲- در برنامه اندازه‌گیری کرنش سنجها بهتر است قبل از نصب شمع، کالیبراسیون کل سیستم ابزاربندی صورت گرفته و تمام مقادیر کرنشها تعیین گردند.

۳-۴-۲- تغییرمکانهای محوری رأس شمع باید توسط گیج‌های مدرج اندازه‌گیری شوند (بند ۳-۲-۱). تغییرمکانهای بالای هر میله کرنش‌سنج نسبت به بالای شمع مورد آزمایش باید بوسیله گیج تا دقت  $0/025$  میلیمتر اندازه‌گیری شود. نقاط مبنای گیج‌های مدرج باید روی شمع مورد آزمایش و صفحه آزمایش قرار گرفته باشند. فقط در صورتی نقطه مبنای روی صفحه آزمایش در نظر گرفته می‌شود که یا صفحه به شمع جوش شده باشد و یا اینکه تغییرمکانهای نسبی بین بالای شمع مورد آزمایش و صفحه آزمایش مطابق بند ۳-۲-۱ اندازه‌گیری شده باشد (شکل ۷).

#### ۴- دستورالعملهای بارگذاری

##### ۴-۱- دستورالعمل بارگذاری استاندارد

غیر از حالتی که گسیختگی در ابتدا رخ دهد، در سایر حالات برای انجام آزمایش روی شمع‌های تکی آنها را تا  $200\%$  بار طراحی و گروه شمع‌ها تا  $150\%$  بار طراحی بارگذاری می‌کنند. در هر مرحله  $25\%$  بار طراحی به شمع یا گروه شمع وارد می‌شود. زمان اعمال بار در هر مرحله تا جایی ادامه می‌یابد که نرخ نشست کمتر از  $0/25$  میلیمتر در ساعت شده و این زمان نباید از ۲ ساعت بیشتر شود. در صورت عدم گسیختگی تک شمع یا گروه شمع، اگر نشست رأس شمع در ۱ ساعت کمتر از  $0/25$  میلیمتر گردد می‌توان شمع را پس از ۱۲ ساعت باربرداری نمود. در غیر اینصورت زمان اعمال بار کل به شمع به ۲۴ ساعت افزایش می‌یابد. پس از سپری شدن زمان اعمال بار، شمع باربرداری می‌شود که میزان باربرداری در هر مرحله برابر  $25\%$  کل بار وارده به شمع است و زمان بین هر دو مرحله متوالی باربرداری برابر ۱ ساعت است. در صورت گسیختگی شمع، بارگذاری شمع تا جایی ادامه می‌یابد که نشست برابر  $15\%$  قطر یا بعد شمع گردد.

#### 4-1-1- روش بارگذاری مستقیم

در صورتیکه روش اعمال بار مطابق بند ۲-۵ باشد، اولین مرحله اعمال بار شامل وزن تیرهای آزمایش و سکو نیز می‌شود. به منظور پایداری سکو لازم است قبل از اضافه کردن یا کم کردن بار در هر مرحله، گوه‌ها در طول گوشه‌های سکو بسته شوند. بارگذاری یا باربرداری در هر مرحله باید طوری انجام شود که از اعمال ضربه جلوگیری شده و تعادل سیستم همواره برقرار گردد. بعد از هر مرحله افزایش بار، گوه را شل نموده (اما نباید برداشته شود) تا کل بار وارده در حین نشست شمع به آن وارد شود.

نکته ۱۳- ادامه آزمایش بارگذاری شمع تا رسیدن به گسیختگی، اطلاعات با ارزشی را برای مهندس طراح فراهم می‌نماید و توصیه شده است که قبل از طراحی پی به منظور مقایسه عملکرد انواع مختلف شمع‌ها، این آزمایش انجام شود. در اینصورت امکان انتخاب بهینه نوع شمع و بار طراحی فراهم می‌گردد.

نکته ۱۴- در صورتیکه نشست شمع‌ها در بار طراحی غیرقابل توجه بوده و یا بالعکس در بار نهائی وارده در آزمایش بارگذاری، گسیختگی زودرس رخ دهد، باید در ابتدای آزمایشهای بعدی میزان بارهای استاندارد وارده در هر مرحله را افزایش داد و در مواردی که گسیختگی زودرس مشاهده شده، باید در حین آخرین مراحل آزمایش، میزان بارهای وارده در هر مرحله را کاهش داد.

#### 4-2- بارگذاری سیکلی (اختیاری)

مراحل اولیه اعمال بار مطابق بند 4-1 است. پس از اعمال بارهایی برابر ۵۰٪، ۱۰۰٪ و ۱۵۰٪ بار طراحی برای شمع‌های تکی و ۵۰٪ و ۱۰۰٪ بار طراحی برای گروه شمع‌ها، کل بار وارده در هر مورد به مدت ۱ ساعت اثر کرده و سپس باربرداری صورت می‌گیرد که میزان کاهش بار در هر مرحله برابر همان میزان افزایش بار در مرحله بارگذاری بوده و فاصله زمانی بین هر دو مرحله باربرداری برابر ۲۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود. بعد از باربرداری، بارگذاری مجدد با

افزایش ۵۰٪ کل بار طراحی در هر مرحله و با فاصله زمانی ۲۰ دقیقه برای هر مرحله انجام می‌شود. اعمال بارهای اضافی مطابق بند ۴-۱ صورت می‌گیرد. بعد از اعمال کل بار، مطابق بند ۴-۱ باربرداری انجام می‌شود.

#### ۳-۴- بارگذاری بیش از حد استاندارد (اختیاری)

بعد از بارگذاری و باربرداری مطابق بند ۴-۱، بارگذاری مجدد شمع یا گروه شمع به میزان بار استاندارد با افزایش بار در هر مرحله برابر ۵۰٪ بار طراحی شمع یا گروه شمع و با فاصله زمانی ۲۰ دقیقه بین هر دو مرحله انجام می‌شود. سپس در هر مرحله میزان بار به مقدار ۱۰٪ بار طراحی برای شمع تکی یا گروه شمع افزایش داده شده تا اینکه یا میزان بار به حداکثر مقدار خود رسیده و یا گسیختگی رخ دهد. زمان بین هر دو مرحله افزایش بار برابر ۲۰ دقیقه منظور می‌شود. در صورت عدم ایجاد گسیختگی، بار نهائی به مدت ۲ ساعت بر شمع اثر کرده و سپس باربرداری در ۴ مرحله مشابه انجام شده و فاصله زمانی بین هر دو مرحله متوالی ۲۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود.

#### ۴-۴- بارگذاری با زمان ثابت بین هر دو مرحله اعمال بار (اختیاری)

روش کار مطابق بند ۴-۱ است با این تفاوت که در هر مرحله افزایش بار، ۲۰٪ بار طراحی تک شمع یا گروه شمع اعمال شده و فاصله زمانی بین هر دو مرحله برابر ۱ ساعت است. در باربرداری نیز فاصله زمانی بین هر دو مرحله کاهش بار برابر ۱ ساعت است.

#### ۵-۴- روش نرخ نفوذ ثابت برای شمع‌های تکی (اختیاری)

۵-۴-۱- دستگاههای اعمال بار باید توانائی اعمال بارهای لازم را داشته و باید مطابق بندهای ۲-۳ یا ۲-۴ باشند. قابلیت جابجائی جک هیدرولیکی باید بیشتر از کل تغییر مکان شمع بوده اما نباید از ۲۵٪ قطر متوسط یا بعد عرضی شمع کمتر باشد. از یک پمپ مکانیکی مجهز به

شیر چکاننده<sup>۱</sup>، دستگاه تغییر سرعت یا ابزار دیگری برای ایجاد تخلیه متغیر یکنواخت<sup>۲</sup> باید استفاده شود. در صورت استفاده از سیستم ثبت تصویری<sup>۳</sup> برای ثبت اطلاعات آزمایش باید از یک ساعت دیجیتالی با دقت ثانیه استفاده شود. ساعت و کلیه سنجش‌گرها باید به راحتی قابل قرائت بوده و در داخل محدوده رؤیت دوربین قرار گیرند.

4-5-2- بار وارده به شمع باید آنقدر تغییر داده شود تا نرخ نفوذ شمع در خاکهای چسبنده بین ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ میلیمتر در دقیقه و برای خاکهای دانه‌ای بین ۰/۷۵ تا ۲/۵ میلیمتر در دقیقه یا هر مقدار از پیش تعیین شده‌ای تنظیم گردد. بارگذاری شمع تا زمانی ادامه می‌یابد که نیازی به افزایش بار برای نفوذ شمع در خاک با نرخ تعیین شده نباشد، مگر آنکه دستگاه بارگذاری به حداکثر ظرفیت خود رسیده باشد. در صورت ادامه نفوذ شمع، بار وارده به شمع برای ایجاد نرخ نفوذ ثابت آنقدر اعمال می‌شود تا کل نفوذ شمع حداقل برابر ۱۵٪ قطر متوسط شمع یا بعد عرضی آن گردد که در این زمان باربرداری آغاز می‌شود. در صورتیکه نفوذ شمع تحت حداکثر بار وارده متوقف شود، باربرداری صورت می‌گیرد.

4-5-3- نرخ نفوذ شمع با کنترل زمان لازم برای مقادیر کوچک و مساوی نفوذ شمع بدست آمده و میزان نرخ حرکت جک مطابق با آن تنظیم می‌گردد. همچنین می‌توان از هر وسیله مکانیکی یا الکتریکی که برای کنترل نرخ نفوذ شمع و ثابت نگاه داشتن آن مناسب است استفاده نمود.

4-5-4- دستورالعملهای اندازه‌گیری در بند 5-3 آمده است.

#### 4-6- آزمایش بارگذاری سریع برای شمع‌های تکی (اختیاری)

4-6-1- دستگاههای اعمال بار باید ظرفیت لازم را داشته و باید مطابق بندهای 2-3 یا

2-4 باشند.

1- bleed valve

2- smooth variable delivery

3- video recording system

۴-۶-۲- میزان بار وارده در هر مرحله برابر ۱۰٪ تا ۱۵٪ بار طراحی بوده و فاصله زمانی بین هر دو مرحله اعمال بار برابر ۲/۵ دقیقه و یا هر مقدار از پیش تعیین شده‌ای در نظر گرفته می‌شود. مراحل افزایش بار تا جایی ادامه می‌یابد که یا حرکت پیوسته جک (Jacking) برای ثابت نگاه داشتن بار لازم باشد و یا دستگاه اعمال بار به ظرفیت نهائی خود رسیده باشد (هر کدام زودتر اتفاق بیفتد). بعد از ۵ دقیقه یا هر زمان معین دیگری شمع بطور کامل باربرداری می‌شود.

۴-۶-۳- دستورالعملهای اندازه‌گیری مطابق بند ۵-۴ است.

نکته ۱۵- در مورد بندهای ۴-۵ و ۴-۶ توصیه شده است که باربرداری در ۴ مرحله یکسان با فاصله زمانی ۵ دقیقه انجام شود تا بدین ترتیب شکل منحنی باربرداری را بتوان مشخص نمود.

#### ۴-۷-۷- روش بارگذاری با نشست افزایشی ثابت برای شمع‌های تکی (اختیاری)

۴-۷-۱- دستگاه اعمال بار ظرفیت لازم برای اعمال بار را داشته باشد و باید مطابق بندهای

۲-۳ یا ۲-۴ باشد.

۴-۷-۲- مراحل اعمال بار طوری تنظیم می‌شود که در هر مرحله موجب نشست رأس شمع به میزان ۱٪ قطر متوسط شمع یا بعد عرضی شمع گردد. بار وارده باید طوری تنظیم شود که میزان نشست در هر مرحله ثابت باشد و تا زمانی که نرخ تغییرات بار برای ثابت نگاه داشتن نشست در هر مرحله کمتر از ۱٪ کل بار وارده در هر ساعت باشد، نباید بار اضافی به شمع وارد شود. مراحل بارگذاری شمع بصورت فوق تا جایی ادامه می‌یابد که یا نشست کل شمع حدود ۱۰٪ قطر متوسط یا بعد عرضی آن شده و یا دستگاه اعمال بار به ظرفیت خود رسیده باشد.

۴-۷-۳- بعد از ثابت شدن آخرین مرحله نشست، کل بار وارده به شمع در ۴ مرحله یکسان باربرداری شده تا جایی که نرخ تغییرات بار در هر ساعت از ۱٪ کل بار وارده به شمع کمتر شود. بعد از اولین مرحله باربرداری تا زمانی که نرخ بازگشت شمع از ۳/۰٪ متوسط قطر یا بعد عرضی آن در هر ساعت کمتر نشود نباید مرحله بعدی باربرداری آغاز شود.

4-۷-۴- دستورالعملهای اندازه‌گیری مطابق بند ۶-۵ می‌باشد.

نکته ۱۶- فاصله زمانی بین کوبش و انجام آزمایش بارگذاری برای شمع‌هایی که در خاکهای چسبنده کوبیده می‌شوند باید به اندازه‌ای باشد که فشار آب حفره‌ای اضافی ناشی از کوبیدن شمع زایل شده و خاک مقاومت اصلی خود را بدست آورد (پدیده گیرش خاک). مقدار این فاصله زمانی به مقدار فشار آب حفره‌ای ایجاد شده، میزان دستخوردگی خاک ناشی از کوبش شمع و خواص خاک بستگی دارد که حدود آن بین حداقل ۳ روز تا ۳۰ روز یا بیشتر تغییر می‌کند و مقدار واقعی آن با انجام آزمایش (مثلاً کوبش مجدد) یا تجربیات قبلی بدست می‌آید.

نکته ۱۷- برای جلوگیری از خزش اضافی در بتن تازه مربوط به شمع‌های درجاریز، فاصله زمانی بین بتن‌ریزی و انجام آزمایش روی شمع باید به اندازه‌ای باشد که در آن فاصله بتن کاملاً عمل آمده و سخت شود. لازم به توضیح است که معمولاً زمان لازم برای عمل‌آمدن بتن در شمع‌ها بیشتر از زمان لازم برای گیرش و سخت شدن نمونه‌های استوانه‌ای یا مکعبی گرفته شده در حین بتن‌ریزی است.

## 5- دستورالعملهای اندازه‌گیری تغییرمکانهای شمع

### 5-۱- کلیات

قرائت تغییرمکانهای محوری بر روی شمع مورد آزمایش یا کلاهک انجام می‌شود. در صورتیکه مطابق بند ۳-۲-۱ عمل شود، ممکن است قرائتها از روی صفحه آزمایش انجام شوند. قرائت تغییرمکانهای جانبی بر روی کناره‌های جانبی شمع مورد آزمایش یا کلاهک صورت می‌گیرد. قرائت گیج‌های مدرج، صفحات مدرج یا نقاط مرجع باید حتی‌الامکان بطور همزمان انجام پذیرند. در صورتیکه روش بارگذاری مطابق بند ۲-۵ باشد، باید قبل از اعمال بار به شمع توسط تیر آزمایش و سکو، قرائتهای حالت بدون بار انجام شود. اگر تنظیماتی روی ابزاربندی یا اطلاعات ثبت شده در محل انجام شده باشد باید به روشنی توضیح داده شوند.



### ۲-۵- دستورالعملهای اندازه‌گیری استاندارد

قبل از بارگذاری و باربرداری، قرائت زمان، بار و تغییرمکان در هر مرحله انجام شده و مقادیر آنها ثبت می‌شود. اگر در حین بارگذاری، شمع مورد آزمایش یا گروه شمع به حالت گسیختگی نرسیده باشد، در هر مرحله افزایش بار، قرائتهای اضافی در فاصله‌های زمانی کمتر از ۱۰ دقیقه در نیم ساعت اول و کمتر از ۲۰ دقیقه بعد از نیم ساعت انجام می‌شود. بعد از اعمال بار نهائی به شمع در صورتیکه شمع مورد آزمایش یا گروه شمع گسیخته نشده باشد، قرائتها در ۲ ساعت اول با فاصله زمانی کمتر از ۲۰ دقیقه، در ۱۰ ساعت بعدی با فاصله زمانی کمتر از ۱ ساعت و در ۱۲ ساعت بعدی با فاصله زمانی کمتر از ۲ ساعت انجام می‌شود. در صورتیکه گسیختگی رخ دهد قرائتها بلافاصله قبل از اولین مرحله باربرداری انجام می‌شود. در حین باربرداری، قرائت اطلاعات و ثبت آنها در فاصله‌های زمانی کمتر از ۲۰ دقیقه انجام می‌شود. قرائت برگشت نهائی شمع ۱۲ ساعت بعد از باربرداری کامل شمع صورت می‌گیرد.

نکته ۱۸- در صورتیکه اندازه‌گیریهای کرنش مطابق بند ۳-۴ بوسیله کرنش‌سنجها صورت گیرد، قبل و بعد از نصب شمع و بلافاصله قبل از اعمال بار بهتر است قرائتها و ثبت اطلاعات صورت گرفته تا اطلاعات کاملی از کرنش بدست آمده و بتوان تنش‌های پسماند را محاسبه کرد.

### ۳-۵- قرائتهای مربوط به بارگذاری با نرخ نفوذ ثابت

قرائت زمان، بار و نشست و ثبت آنها باید حداقل در فاصله‌های زمانی ۳۰ ثانیه انجام شود تا نرخ نفوذ شمع قابل اندازه‌گیری باشد. در صورت استفاده از ابزار خودکار، قرائت و ثبت اطلاعات آنها بایستی بطور پیوسته انجام پذیرد. پس از رسیدن شمع به نرخ نفوذ معین، قرائت و ثبت اطلاعات در زمان بارگذاری ادامه یافته و حداکثر بار وارده تعیین می‌گردد. بلافاصله بعد از باربرداری، قرائت و ثبت زمان، بار و میزان برگشت شمع انجام می‌شود. یک ساعت بعد از باربرداری کامل شمع قرائتهای نهائی انجام می‌شود.

### 5-4- قرائتهای مربوط به روش بارگذاری سریع

قرائت زمان، بار و نشست و ثبت آنها بلافاصله قبل و بعد از اعمال بار در هر مرحله و همچنین در حد فاصل زمانی بین آنها انجام می‌شود. هنگامی که بار وارده به شمع به حداکثر خود رسید، پس از توقف جک، و مجدداً  $2/5$  دقیقه و ۵ دقیقه پس از توقف جک قرائت و ثبت اطلاعات صورت می‌گیرد. در صورتیکه زمان بارگذاری بیشتری مطابق بند 4-7-2 مورد نظر باشد، قرائتهای اضافی دیگری نیز انجام می‌شود. بعد از باربرداری کامل شمع،  $2/5$  دقیقه و ۵ دقیقه بعد از آن، قرائت و ثبت پارامترهای زمان و میزان برگشت شمع انجام می‌شود.

### 5-5- قرائتهای مربوط به روش جابجائی افزایشی ثابت

قرائت و ثبت زمان، بار و نشست بلافاصله قبل و بعد از هر مرحله نشست و چند مورد حد فاصل زمانی بین آنها انجام می‌شود تا نرخ تغییرات بار و مقدار بار لازم برای ثابت نگاه داشتن هر مرحله نشست تعیین گردد. در حین باربرداری قرائت و ثبت زمان، بار و نشست بلافاصله قبل و بعد از هر مرحله برگشت و حد فاصل زمانی بین آنها انجام می‌شود تا نرخ برگشت شمع تعیین گردد. قرائت نهائی ۱۲ ساعت پس از باربرداری کامل شمع انجام می‌شود.

نکته ۱۹- قرائتهای تراز<sup>۱</sup> بهتر است روی تیرهای مرجع و سیستم عکس‌العمل بوسیله تراز نقشه برداری یا شاخص نشانه‌دار<sup>۲</sup> انجام شود تا بدین وسیله امکان ایجاد تغییرمکانهای اضافی بررسی گردد. این قرائتها بهتر است قبل از اعمال بار طراحی، بعد از اعمال حداکثر بار و بعد از باربرداری کامل شمع انجام شود. در صورت ایجاد نتایج غیرطبیعی بهتر است چند قرائت میانی نیز انجام شود.

نکته ۲۰- در صورتیکه آزمایش بارگذاری بر روی شمع‌هایی انجام می‌شود که در داخل خاکهای دانه‌ای مناطق حفاری که آب آنها موقتاً تخلیه شده<sup>۳</sup> قرار دارند و در هنگام بهره‌برداری مجدداً

1- level readings

2- transit and target rod

3- dewatered excavations

از آب اشباع می‌شوند، بهتر است سطح آب تا حد امکان به سطح زمین نزدیک نگاه داشته شود و عمق سطح آب باید در حین آزمایش تعیین گردد. اگر سطح آب در حین آزمایش بیشتر از ۱/۵ متر زیر سطح زمین باشد بهتر است یک ضریب اصلاح برای ظرفیت باربری شمع در نظر گرفته شود.

## 6- موارد ایمنی

کلیه امور مرتبط با آزمایش بارگذاری شمع باید به گونه‌ای انجام شود که امکان بروز خطر برای افراد به حداقل برسد. اصول ایمنی زیر علاوه بر موارد عمومی برای عملیات ساخت باید رعایت شوند:

6-1- مناطق کار، پیاده‌روها، سکوها و غیره باید عاری از زباله، ابزار کوچک، تجمع برف، یخ، گل، گریس، روغن یا سایر مواد لیز باشند.

6-2- چوبها و مصالح بلوک‌گذاری و الواربندی باید از جنس مناسب ساخته شده باشند و دارای سطوح صاف و گوشه‌های غیرگرد باشند تا شرایط بهره‌برداری مناسبی فراهم شود.

6-3- جکهای هیدرولیکی یا باید به صفحه‌های کروی برابر مجهز شده و یا محکم به قطعات برابر متصل شده باشند. همچنین باید بدون خروج از مرکزیت باشند.

6-4- وزنه‌ها نباید روی سر افراد آویزان بوده و این محلها باید توسط علائم هشداردهنده مشخص گردند.

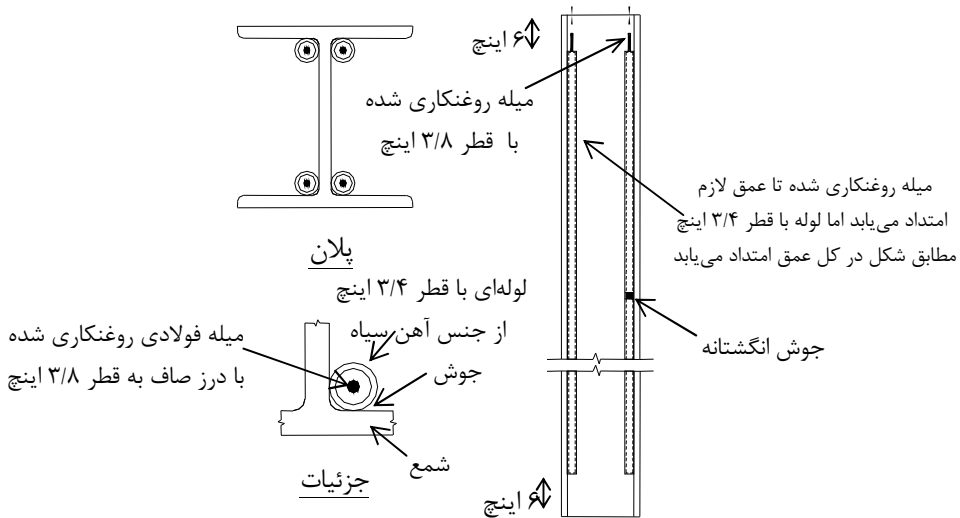
6-5- اتصالات تیر آزمایش یا قاب عکس‌العمل<sup>۱</sup> به شمع‌های مهار یا سایر ابزار مهارکننده باید طوری طراحی و نصب شده باشد که بارهای لازم را با ضریب اطمینان مناسب منتقل کند.

6-6- در انجام آزمایش بارگذاری روی شمع‌های مایل، کلیه جکهای مایل، صفحات باربر و تیرهای آزمایش یا اعضای قابی باید طوری در محل خود قرار گیرند که پس از اعمال بار هیچ‌گونه لغزشی رخ ندهد.

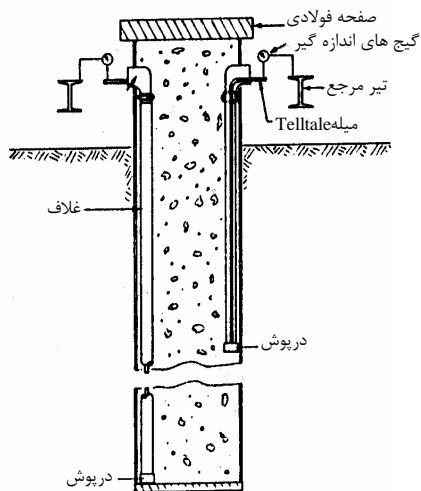
6-7- تمام بارهای عکس‌عملی باید پایدار و متعادل باشند. در صورتیکه از روش بارگذاری بند 2-5 استفاده شود به منظور جلوگیری از ناپایداری سکو، باید گوه‌های ایمنی همواره در محل خود قرار گیرند تا از واژگونی یا چرخش احتمالی سکو اجتناب شود. در حین انجام آزمایش باید تغییرمکانهای سیستم نیز مشاهده شود تا شرایط ناپایداری احتمالی قابل پیش‌بینی باشد.

6-8- کلیه تیرهای آزمایش، قابهای عکس‌عمل، سکوها و جعبه‌ها باید به خوبی در تمامی لحظات در محل خود ثابت و محکم نگاه داشته شوند.

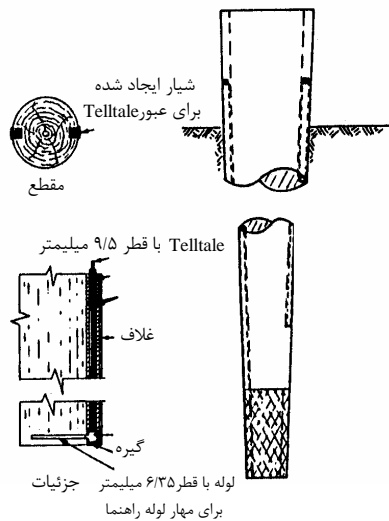
6-9- فقط به افراد معینی اجازه ورود به محوطه آزمایش داده شود.



شکل 8- روش نصب میله‌های شاخص کرنش یا Telltales برای شمعهای با مقطع H



شکل ۹- روش نصب میله‌های شاخص کرنش یا Telltales برای شمعهای لوله‌ای



شکل ۱۰- روش نصب میله‌های شاخص کرنش یا Telltales برای شمعهای چوبی

## 7- ارائه گزارش

گزارش آزمایش بارگذاری باید اطلاعات زیر را، تا حدی که مرتبط با شرایط آزمایش انجام شده است، در بر داشته باشد:

### 7-1- اطلاعات عمومی

- 7-1-1- مشخصات پروژه
- 7-1-2- موقعیت پروژه
- 7-1-3- موقعیت ساختگاه آزمایش
- 7-1-4- مالک یا کارفرما
- 7-1-5- مهندس (یا مشاور) سازه
- 7-1-6- مهندس (یا مشاور) ژئوتکنیک
- 7-1-7- پیمانکار شمع
- 7-1-8- پیمانکار یا مشاور گمانه‌زنی
- 7-1-9- مشخصات و موقعیت نزدیکترین گمانه نسبت به شمع یا گروه شمع آزمایش
- 7-1-10- جدول اطلاعات (Log) مربوط به نزدیکترین گمانه
- 7-1-11- مبنای اندازه‌گیریهای جابجایی افقی شمع
- 7-1-12- مبنای اندازه‌گیریهای جابجایی قائم شمع

### 7-2- تجهیزات نصب شمع

- 7-2-1- سازنده، مدل، نوع و سایز چکش شمع‌کوب
- 7-2-2- وزن چکش و وزن پیستون ضربه‌زن (Ram)
- 7-2-3- کورس پیستوم ضربه‌زن
- 7-2-4- انرژی اسمی چکش
- 7-2-5- ظرفیت اسمی کمپرسور

۶-۲-۷- نوع و اندازه کلاhek (capblock) و بالشتک سر شمع

۷-۲-۷- اندازه دستگاه پیش حفار

۸-۲-۷- وزن گیره، هدایت‌کننده، مبدل، و نوسانگر سیستم نصب لرزه‌ای

۹-۲-۷- نوع، اندازه، طول، و وزن میله نگه‌دارنده (mandrel)

۱۰-۲-۷- نوع، اندازه، طول و وزن آگر (auger)

۱۱-۲-۷- نوع و اندازه پمپ تزریق دوغاب (grout)

۱۲-۲-۷- نوع، اندازه، ضخامت جداره، و طول غلاف کوبش

### ۳-۷- مشخصات شمع‌های آزمایشی و شمع‌های مهاري

۱-۳-۷- مشخصه و موقعیت شمع‌های آزمایشی و مهاري

۲-۳-۷- بار طرح شمع یا گروه شمع

۳-۳-۷- نوع شمع یا شمع‌های آزمایشی و مهاري

۴-۳-۷- مصالح شمع آزمایشی شامل مشخصات فنی پایه

۵-۳-۷- ابعاد نوک و راس شمع‌ها

۶-۳-۷- کیفیت عمومی و مشخصه‌های شمع‌های چوبی شامل گره‌ها، شکستگی، و صافی

چوب

۷-۳-۷- مراحل علاج‌بخشی شمع‌های چوبی به منظور افزایش دوام

۸-۳-۷- ضخامت جدار شمع‌های آزمایشی لوله‌ای

۹-۳-۷- وزن واحد طول شمع‌های فولادی بال‌پهن (H Pile)

۱۰-۳-۷- توصیف تقویت نوک شمع آزمایشی

۱۱-۳-۷- توصیف تقویت شمع‌های چوبی

۱۲-۳-۷- توصیف پوشش‌های حفاظتی (coating) ویژه

۱۳-۳-۷- وزن شمع آزمایشی کوبشی

- 7-3-14- تاریخ ساخت شمع‌های پیش‌ساخته بتنی
- 7-3-15- مقاومت استوانه‌ای بتن هنگام کوبش شمع آزمایشی و هنگام آزمایش آن
- 7-3-16- توصیف تسلیح شمع آزمایشی (اندازه، طول، تعداد میلگردهای طولی، چیدمان، خاموت)
- 7-3-17- وضعیت شمع پیش‌ساخته شامل نواحی آسیب‌دیده، ترک‌خورده، مساحت راس، و میزان صافی طولی شمع
- 7-3-18- پیش‌تندگی مؤثر
- 7-3-19- قائم یا مایل بودن شمع آزمایشی
- 7-3-20- میزان مایل بودن
- 7-3-21- طول کل شمع آزمایشی در حین کوبش
- 7-3-22- طول مدفون شمع‌های آزمایشی و مهاری
- 7-3-23- طول شمع آزمایشی در هنگام آزمایش
- 7-3-24- تراز نهائی راس شمع آزمایشی نسبت به سطح مبنا

#### 7-4- مشخصات نصب شمع‌های آزمایشی و مهاری

- 7-4-1- تاریخ کوبش یا نصب شمع پیش‌ساخته
- 7-4-2- تاریخ بتن‌ریزی شمع‌های برجا
- 7-4-3- حجم بتن مصرفی در شمع
- 7-4-4- فشار دوغاب مصرفی
- 7-4-5- توصیف پیش‌حفاری شامل عمق، قطر، فشار و زمان حفاری
- 7-4-6- فشار عملکرد چکش‌های دو-زمانه
- 7-4-7- تنظیم کاربراتور سوخت در چکش‌های دیزلی در مرحله پایانی کوبش
- 7-4-8- نوع سوخت چکش‌های دیزلی



- 7-4-9- انرژی انتقال یافته و فرکانس فروبر ارتعاشی در ۳ متر پایانی نفوذ
- 7-4-10- توصیف روشهای ویژه بکار رفته در عملیات نصب
- 7-4-11- نوع و محل وصله شمع‌ها (splice)
- 7-4-12- لوگهای کوبش بر حسب تعداد ضربات برای هر ۱۰ سانتیمتر (یا متر، فوت،...)
- 7-4-13- مقاومت نفوذ نهائی (تعداد ضربات برای هر ۲۵ میلیمتر)
- 7-4-14- سرعت نفوذ شمع برای ۳ متر پایانی در سیستمهای نصب لرزه‌ای
- 7-4-15- زمان تعویض کلاهک سر شمع (capblock) - روی لوگ مشخص شود
- 7-4-16- زمان تعویض بالشتک سر شمع - روی لوگ مشخص شود
- 7-4-17- دلیل و مدت زمان توقف در نصب شمع
- 7-4-18- شرح هر گونه اتفاق غیرعادی در طول نصب شمع

#### 7-5- مشخصات آزمایش شمع‌ها

- 7-5-1- تاریخ آزمایش
- 7-5-2- نوع آزمایش
- 7-5-3- تعداد شمع‌ها در گروه
- 7-5-4- شرح مختصر دستگاه اعمال بار از جمله ظرفیت جک
- 7-5-5- شرح ابزار بکار رفته و موقعیت آنها نسبت به راس شمع برای اندازه‌گیری جابجائی در نقاط مختلف مانند گیج‌ها و سایر نقاط مرجع (توجه به نکته ۲۱)
- 7-5-6- توصیف ابزارهای ویژه مانند میله‌های کرنش‌سنج یا گیج‌های الکتریکی اندازه-گیری کرنش و موقعیت آنها نسبت به تراز راس شمع
- 7-5-7- بکارگیری روشهای ویژه در انجام آزمایش
- 7-5-8- جدول اندازه‌گیریهای مربوط به زمان، نیرو، و جابجائی
- 7-5-9- مشخصه و موقعیت نصب گیج‌ها، مقیاس‌ها، و نقاط مرجع

۷-۵-۱۰- توصیف و شرح هرگونه تغییر در تنظیم ابزار و یا داده‌ها در محل

۷-۵-۱۱- شرح هرگونه اتفاق و مشاهدات غیر عادی در طول آزمایش

۷-۵-۱۲- جک آزمایش و گزارش هر نوع کالیبراسیون

۷-۵-۱۳- سطح آب زیرزمینی

۷-۵-۱۴- درجه حرارت و شرایط جوی در طول آزمایش

نکته ۲۱- عکس‌های مناسب که نشان‌دهنده نصب و چیدمان ابزار، موقعیت گیج‌ها، مقیاس، و نقاط مرجع باشد بسیار در ارزیابی و آگاهی نسبت به روند آزمایش مفید خواهد بود.

نکته ۲۲- علاوه بر اطلاعات فوق، چنانچه نتایج هرگونه آزمایش میدانی یا آزمایشگاهی که روی لایه‌های خاک انجام شده نیز در دسترس باشد (مانند گزارش مطالعات ژئوتکنیک)، در ارزیابی نتایج آزمایش بارگذاری مفید خواهد بود.