INSO
18653
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۸۶۵۳
چاپ اول
۱۳۹۳

خاک- تعیین تغییرشکل و مشخصات مقاومت خاک به‌روش آزمون بارگذاری صفحه – روش آزمون

Soil - Determining the Deformation and Strength Characteristics of Soil by the Plate Loading – Test Method

ICS: 93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید.

سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سامانه های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند .

ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، واسنجی (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"خاک- تعیین تغییرشکل و مشخصات مقاومت خاک به‌روش آزمون بارگذاری صفحه– روش آزمون"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
دهقان خلیلی ، حسام (دکترای مهندسی عمران)	دانشکده مهندسی عمـران دانشـگاه تهـران و مدیر فنی شرکت عمران ایستا
دبیر:	
مصطفی‌زاده ، سیدحجت (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیر موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمـی بنیادین پایدار سازه آریا
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
افتخار ، محمدحسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیرفنی انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران
ترابی‌زاده ، محمدرضا (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس فنی اداره کل استاندارد هرمزگان
طیبی ، سعیده (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	موسسـه تحقیقـات و پـژوهش‌هـای علمـی بنیادین پایدار سازه آریا
شایانمهر ، مریم (کارشناسی ارشد مهندسی زمین‌شناسی)	کارشناس فنی مهندسان مشاور صاداف
عذباشی ، فرهاد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	هییت علمی گروه مهندسی عمـران دانشـگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس
مجتبوی ، سیدعلیرضا (کارشناسی مهندسی مواد- سرامیک)	کارشـناس فنـی اداره نظـارت بـر صـنایع غیرفلزی سازمان ملی استاندارد ایران – ونک
مصفا ، مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	عضو هییت مـدیره سـازمان نظـام مهندسـی ساختمان هرمزگان

مصطفی زاده ، سیدمحسن
(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس فنی شرکت آزمونگاهی آزما سـازه کاوان

نوحه‌گو شهواری ، عاطفه
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

هییت علمی گروه مهندسی عمـران دانشـگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		ه
مقدمه		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	نشان‌گذاری	۲
۵	وسایل	۳
۶	شرایط کلی آزمون	۸
۷	دستورالعمل	۹
۸	ارزیابی و ارائه نتایج	۱۱
۹	مثال‌ها	۱۴
	پیوست الف (الزامی)	۱۸
	پیوست ب (الزامی)	۲۳

پیش گفتار

استاندارد " خاک-تعیین تغییرشکل و مشخصات مقاومت خاک با استفاده از روش آزمون بارگذاری صفحه – روش آزمون" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا تهیه و تدوین شده است و در پانصد و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فراورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۰۹ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات ، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

DIN 18134: 2001, Determining the deformation and strength characteristics of soil by the plate loading test method

خاک- تعیین تغییرشکل و مشخصات مقاومت خاک به‌روش آزمون بارگذاری صفحه- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش آزمون برای تعیین تغییرشکل و مشخصات مقاومت خاک با استفاده از آزمون بارگذاری صفحه است.

این استاندارد، جهت استفاده در مهندسی خاک و پی به کار برده می‌شود و علاوه بر آن در راه‌سازی نیز قابل استفاده است. این استاندارد، روشی را (که به اختصار "بارگذاری صفحه" نامیده می‌شود) با هدف ارزیابی تغییرشکل و مشخصات مقاومتی خاک و تعیین مدول کرنش و مدول واکنش بستر خاک را بیان می‌کند که برای تعیین رابطه بین بارگذاری و نشست خاک (منحنی بارگذاری- نشست) کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 DIN 861-1 Gauge blocks – Concepts, requirements and testing

2-2 DIN 863-1 Micrometers – Standard design external micrometers – Concepts, requirements and testing

2-3 DIN 4018 Calculation of bearing pressure distribution under shallow foundations

2-4 DIN EN 10002-3 Metallic materials – Tensile testing – Part 3: Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines

2-5 DIN EN 10025 Hot rolled unalloyed structural steel products – Technical delivery conditions (includes Amendment A1 : 1993)

2-6 DIN EN ISO 7500-1 Verification of static uniaxial testing machines–Part1: Tension/compression testing machines – Verification and calibration of the force measuring system (ISO 7500-1 : 1999)

2-7 ISO 2768-1 : 1989 General tolerances – Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications

2-8 ISO 2768-2 : 1989 General tolerances – Part 2: Geometrical tolerances for features without individual tolerance indications

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

آزمون بارگذاری صفحه

آزمونی که در آن، بار به صورت افزایشی، توسط یک صفحه بارگذاری دایره‌ای و یک دستگاه بارگذاری وارد، و سپس به تدریج کاهش می‌یابد و کل این فرآیند مجدداً تکرار می‌شود. تنش میانگین اعمالی زیر صفحه، σ_0، در برابر نشست، s، برای هر افزایش بار، ترسیم می‌شود تا منحنی بارگذاری – نشست به دست آید.

۲-۳

مدول کرنش

مدول کرنش ،E_v، مولفه‌ای است که مشخصات تغییر شکل خاک را بیان می‌کند و با استفاده از مقادیر حاصل از منحنی بارگذاری – نشست که از اولین و دومین چرخه بارگذاری به دست می‌آیند، یعنی از گرادیان سکانت یا خط قاطع بین نقاط $0.3\sigma_{max}$ و $0.7\sigma_{max}$ ، محاسبه می‌شود (مقایسه کنید با بند ۸-۲).

۳-۳

مدول واکنش بستر خاک

مدول واکنش بستر خاک،k_s، مولفه‌ای است که واکنش الاستیک و ارتجاعی خاک را تحت بار سطحی نشان می-دهد. این مولفه براساس منحنی بار- نشست که از اولین چرخه بارگذاری به دست می‌آید، مشخص و تعیین می-شود (مقایسه کنید با بند ۸-۳).

۴ طرح‌ریزی

طرح‌ریزی این آزمون بارگذاری صفحه با استفاده از یک صفحه بارگذاری با قطر ۳۰۰میلی‌متر صورت می‌گیرد:

(شماره این استاندارد ملی) INSO

۵ وسایل

۵-۱ کلیات

تجهیزات زیر مورد نیاز هستند:

الف- سامانه بارگذاری واکنشی؛

ب- ابزار و تجهیزات بارگذاری صفحه، شامل یک صفحه بارگذاری، یک سطح الکل قابل تنظیم، و یک سامانه بارگذاری دارای پمپ هیدرولیک، نصب جک هیدرولیکی و لوله خرطومی فشار قوی؛

ج- دستگاه‌هایی برای اندازه‌گیری بار اعمال شده و نشست صفحه بارگذاری تحت زاویه قائمه نسبت به سطح بارگذاری؛

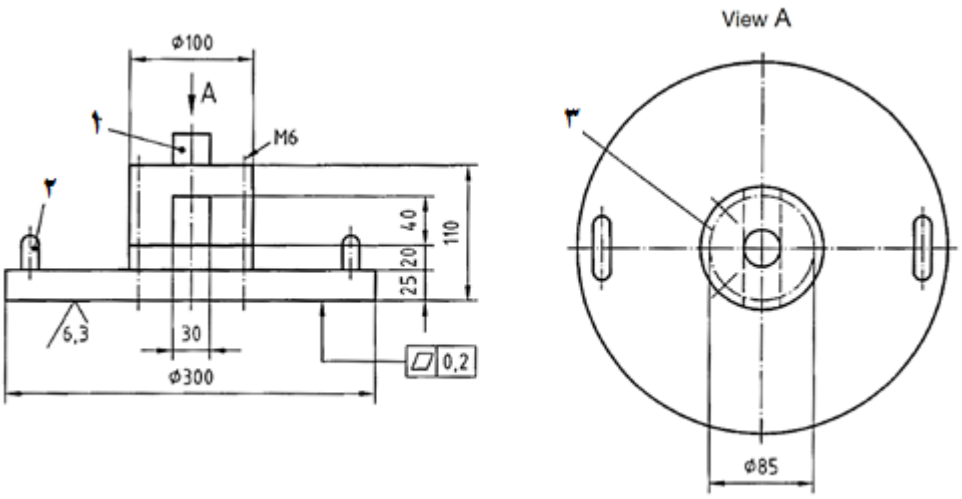
د- ماشین حساب جیبی با قابلیت برنامه‌دهی که برای محاسبه معادلات درجه دو مناسب است.

۵-۲ سامانه بارگذاری واکنشی

سامانه بارگذاری واکنشی بار، واکنشی را تولید می‌کند که حداقل ۱۰کیلونیوتن بیشتر از حداکثر بار آزمونی مورد نیاز است، و ممکن است یک کامیون یا تریلر بارگیری شده یا سایر اشیائی که دارای جرم متناسب، باشد.

۵-۳ صفحات بارگذاری

صفحات بارگذاری را از جنس فولاد رده‌ی S355J0 می‌سازند (مقایسه کنید با استاندارد بند ۵-۲) و دارای دو دستگیره هستند. آن‌ها را با استفاده از دستگاه براساس رده‌بندی رواداری‌های mk چنانکه در استاندارد بند ۲-۸ و تا رده رواداری‌های هموار مشخص‌شده در شکل‌های ۱ و ۲ می‌سازند. صفحات بارگذاری به قطر ۳۰۰میلی‌متر بوده و دارای ضخامت حداقل ۲۵میلی‌متر می‌باشند. این صفحات یک سوراخ مستطیل شکل برای جادادن نوک سوزنی دستگاه اندازه‌گیری نشست دارند.



راهنما:

۱ گیره (سنجاقک) مرکزی برای نگه داشتن صفحه کرنش سنج

۲ دسته

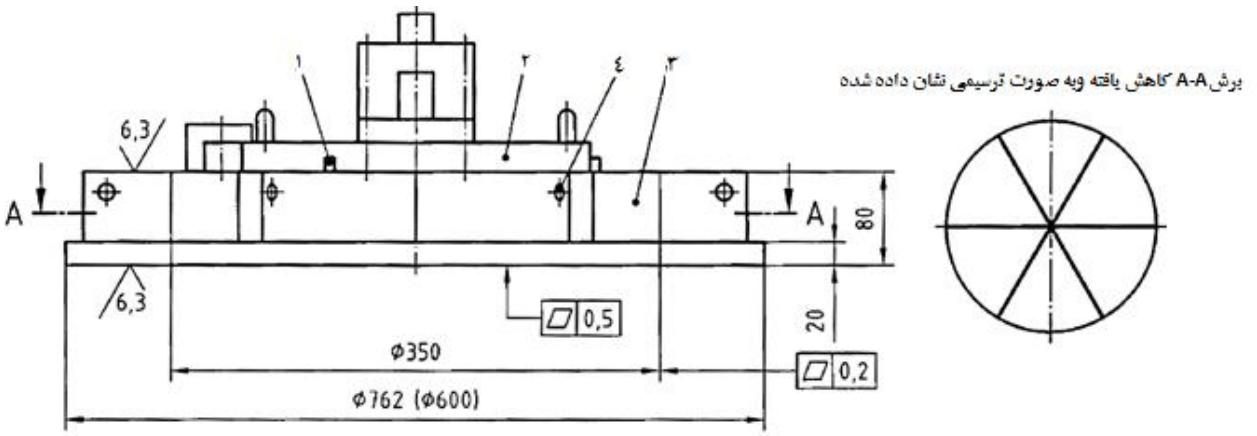
۳ سوراخ دایره

۴ واحدها بر حسب میلی‌متر هستند

شکل ۱- صفحه بارگذاری ۳۰۰میلی‌متری

صفحات بارگذاری که به قطر ۶۰۰میلی‌متر و ۷۶۲میلی‌متر، دارای حداقل ضخامت ۲۰میلی‌متر و با پشت‌بندهای تقویتی با اندازه‌ای برابر، هریک به عرض ۲۰میلی‌متر، با وجوه فوقانی هموار موازی با وجه تحتانی صفحه که امکان جایگذاری صفحه ۳۰۰میلی‌متری را در بالای آن فراهم می‌سازند، تهیه می‌شوند. سنجاقک‌ها و گیره‌های مرکزی در صورت لزوم برای نگه داشتن صفحه فوقانی در سرجای خودش تهیه خواهند شد (مقایسه کنید با شکل ۲).

قطر صفحه با رواداری ۰٫۵میلی‌متر و ضخامت صفحه با رواداری ۰٫۲میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شوند.



برش A—A

(کاهش یافته و به صورت ترسیمی نشان داده شده)

راهنما:

۱ گیره یا سنجاقک مرکزی

۲ صفحه بارگذاری ۳۰۰ میلی متری

۳ پشت بند تقویتی

۴ سوراخ ضمیمه برای دسته

۵ واحدها بر حسب میلی‌متر هستند

شکل ۲- صفحه بارگذاری ۶۰۰میلی‌متری یا ۷۶۲میلی‌متری

۵-۴ سامانه بارگذاری

سامانه بارگذاری شامل یک پمپ هیدرولیکی است که به یک جک هیدرولیکی از طریق یک لوله خرطومی فشار قوی با طول حداقل ۲متر متصل است. سامانه می‌تواند در طی مراحل مختلف، بار را اعمال کرده یا آزاد کند.

برای اعمال هرچه مناسب‌تر فشار، جک هیدرولیکی باید توسط مفصل به دو طرف متصل شود تا از نا تراز شدن آن جلوگیری شود. پیستون فشار تا ۱۵۰میلی‌متر در میان سیلندر جک جابه‌جا می‌شود.

ارتفاع جک حین اجرای کار نباید از ۶۰۰میلی‌متر تجاوز کند. برای جبران تفاوت ارتفاع وسایل نقلیه مختلفی که به عنوان بارهای واکنشی استفاده می‌شوند، لازم است اجزایی تهیه شوند که امکان افزایش طول ابتدایی پیستون فشار را تا حداقل ۱۰۰۰میلی‌متر فراهم سازد. برای جلوگیری از کمانش این اجزا باید ابزارهای مناسبی تهیه شود.

۵-۵ دستگاه اندازه‌گیری بار

بار روی صفحه، به‌خوبی با استفاده از دستگاه کرنش‌سنج با رواداری خطای ٪۱ اندازه‌گیری می‌شود، که بین صفحه بارگذاری و پیستون گنجانده و قرار داده می‌شود.

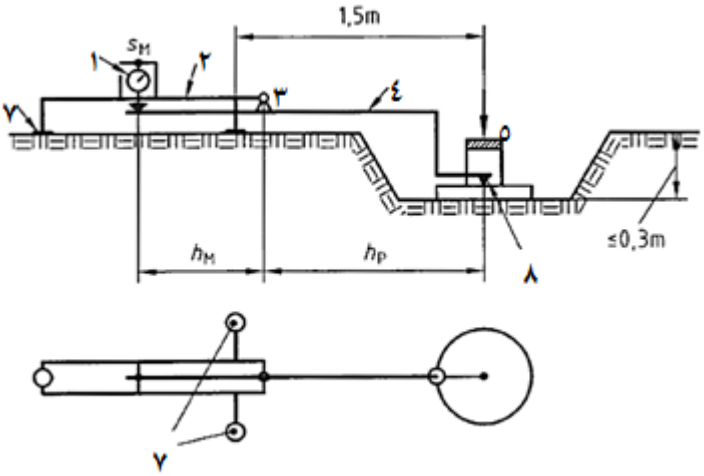
قدرت تفکیک‌پذیری دستگاه سنجش برای صفحات بارگذاری ۳۰۰میلی‌متری باید حداقل $0{,}001\ MN/m^2$ و برای صفحات ۶۰۰میلی‌متری و ۷۶۲میلی‌متری $0{,}0001\ MN/m^2$ باشد.

دقت تفکیک‌پذیری سامانه اندازه‌گیری نیرو باید معادل دقت دستگاه کرنش‌سنج باشد.

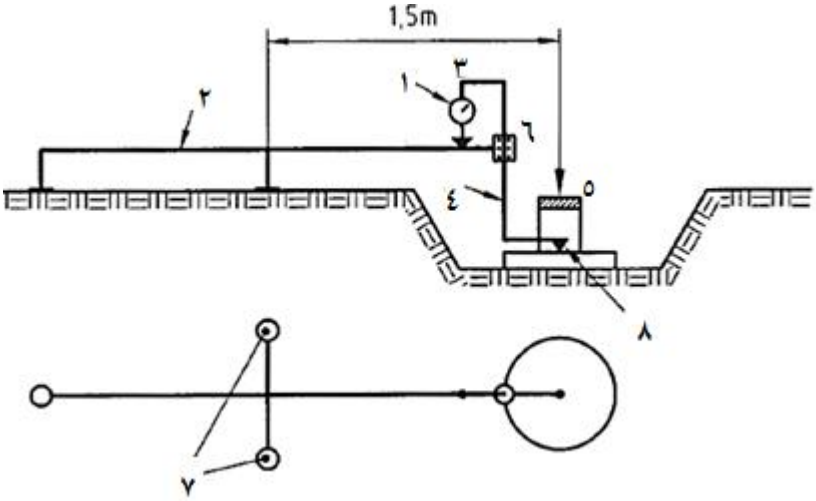
الزامات فوق را باید برای دماهای بین صفر درجه سلسیوس تا ۴۰درجه سلسیوس اعمال نمود.

۵-۶ دستگاه اندازه‌گیری نشست

برای اندازه‌گیری نشست صفحه بارگذاری، یک بازوی اتصال به‌گونه‌ای که در شکل ۳ نشان داده شده است باید مورد استفاده قرار گیرد. این دستگاه شامل یک قاب است که در سه نقطه مهار شده، یک بازوی اتصال صلب که در برابر پیچش مقاوم است و قابل تنظیم در جهت عمودی می باشد، و یک مبدل نیروی جابجایی یا دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز. بازوی اتصال توسط یک اهرم (مقایسه کنید با شکل الف-۳) یا یک تکیه‌گاه خطی به قاب متصل می‌شود (مقایسه کنید با شکل ب-۳). حداقل فاصله بین مهارها و مرکز صفحه بارگذاری باید (۵ ± ۱۵۰۰) میلی‌متر باشد. نسبت h_p/h_m (شکل الف-۳) نباید از ۲ تجاوز کند. این مجموعه سرهم شده را می‌توان طوری تنظیم کرد که حین اندازه‌گیری، تغییری در نسبت h_p/h_m ایجاد نشود.



الف- نصب بازوی اتصال با اهرم



ب- نصب بازوی اتصال با تکیه گاه لغزشی (متحرک)

راهنما:

۱ دستگاه سنجش تغییر مکانهای ریز یا مبدل نیروی جابجایی

۲ قاب مهارکننده

۳ اهرم

۴ بازوی اتصال

۵ بار

۶ تکیه‌گاه لغزشی (متحرک)

۷ مهار

۸ قلم نوک‌سوزنی

S_M، S قرائت میزان نشست

شکل ۳- نصب قطعات جهت اندازه‌گیری نشست (مثال‌ها)

نصب بازوی اتصال همراه با اهرم، تنها برای اندازه‌گیری نشست در اعماق تا حدکثر ۰٫۳متر مناسب است. دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز یا مبدل نیروی جابجایی، هنگامی که از یک صفحه بارگذاری ۳۰۰میلی‌متری یا ۶۰۰میلی‌متری استفاده می‌شود، و برای مقادیر تا حداکثر ۱۵میلی‌متر هنگامی که صفحه بارگذاری ۷۶۲میلی-متری را به کار می‌برند، باید بتواند مقدار نشست تا حداکثر ۱۰میلی‌متر را با درستی ۰٫۰۴میلی‌متر اندازه‌گیری کند. دستگاه مذکور باید قدرت تفکیک‌پذیری حداقل برابر با ۰٫۰۱میلی‌متر داشته باشد. الزامات مذکور را باید در دماهای بین صفر درجه سلسیوس تا ۴۰درجه سلسیوس اعمال کرد.

۵-۷ دستگاه‌های جانبی کمکی

ابزارهای جانبی کمکی زیر مورد نیاز هستند.

الف- بیلچه؛

ب- لبه‌های صاف فولادی، به طول ۴۰۰میلی‌متر ، ۷۰۰میلی‌متر و ۸۵۰ میلی‌متر؛

ج- برس دستی؛

د- کمچه، ماله بنایی، گونیا، شاقول، خط‌کش تاشو، ماسه خشک متوسط، اندود گچی، روغن؛

هـ- پارچه کرباسی قیراندود (قیر و گونی) یا وسیله‌ای مشابه جهت محافظت در برابر آفتاب و باد.

۵-۸ واسنجی تجهیزات بارگذاری صفحه

واسنجی تجهیزات بارگذاری صفحه را باید به روشی که در پیوست (الف) مشخص شده انجام داد. این کار، پیش از حمل و تحویل و پس از تعمیر، لازم و ضروری است و باید سالی یکبار تکرار شود.

۶ شرایط کلی آزمون

آزمون بارگذاری صفحه را ممکن است هم بر روی خاکی با دانه‌بندی درشت یا مرکب و هم روی خاکی سفت و محکم با دانه‌بندی ریز انجام دهند. برای اطمینان از این که صفحه بارگذاری روی ذرّاتی که تقریباً از یک چهارم قطر صفحه بزرگتر نیستند قرار نداشته باشد، باید دقت کافی و لازم انجام شود.

در صورتی که ماسه سریع خشک شده باشد و دانه‌بندی یکنواختی داشته باشد، یا خاکی داشته باشیم که پوسته سطحی را تشکیل داده، نرم یا به عبارت دیگر در ناحیه بالایی‌اش به‌هم خورده شده باشد، آزمون صفحه بارگذاری بعد از برداشتن خاک به‌هم خورده انجام می‌شود. چگالی خاک تحت آزمون، تا آنجا که ممکن است، در تمام مدت آزمون یکنواخت باقی می‌ماند.

برای خاک ریزدانه (مثلاً لای، رُس)، آزمون بارگذاری صفحه را می‌توان فقط در صورتی به شکلی رضایت‌بخش انجام داد و ارزیابی کرد که خاک از استحکام قوی برخوردار باشد. در صورت تردید، پایداری خاک تحت آزمون در عمق‌های مختلف تا حداکثر عمق برابر با قطر صفحه بارگذاری، d، زیر سطح زمین، تعیین می‌شود.

۷ دستورالعمل

۷-۱ آماده سازی محل انجام آزمون

محل انجام آزمون که برای قرارگیری صفحه بارگذاری به اندازه کافی بزرگ باشد را باید با استفاده از ابزارآلات مناسب تسطیح نمود (مثلاً لبه های صاف فولادی یا ماله یا با چرخاندن یا عقب و جلو بردن صفحه بارگذاری). هر گونه مواد نرم و سست را باید از محل آزمون خارج کرد.

۷-۲ تنظیم و نصب تجهیزات بارگذاری صفحه

صفحه‌ی بارگذاری باید در تماس کامل با سطحی باشد که آزمون روی آن انجام می‌شود. در صورت لزوم، یک بستر نازک از ماسه خشک با دانه‌بندی متوسط یا خمیر پلاستر گچی را باید آماده کنیم تا سطحی هموار و مسطح به دست آوریم. کف صفحه باید با چرخش و ضربه زدن‌های نرم به وجه بالایی روی آن قرار گیرد. هنگامی که از پلاستر گچی به عنوان ماده بسترساز استفاده می‌کنیم، باید رویه زیرین صفحه را گریس مالید. هر مقدار پلاستر اضافه را باید قبل از خشک شدن آن با کمچه برداشت. آزمون را، تا زمانی که پلاستر خودش را نگرفته باشد نباید شروع شود.

یک تراز حبابی باید به رویه‌ی فوقانی صفحه محکم وصل شود تا وقتی که محل انجام آزمون شیب‌دار و از تراز خارج می‌شود، آن را تراز و تنظیم کنیم. پیستون جک هیدرولیکی را باید روی مرکز صفحه بارگذاری و با زاویه ی قائم زیر سامانه بارگذاری واکنشی قرار داد و آن را در برابر ضربه ایمن نمود. حداقل فضای خالی بین صفحه‌ی بارگذاری و محل تماس بار واکنشی برای صفحه‌ی با قطر ۳۰۰میلی‌متر باید ۰٫۷۵متر، برای صفحه با قطر ۶۰۰میلی‌متر برابر با ۱٫۱۰متر و برای صفحه‌ی با قطر ۷۶۲میلی‌متر ۱٫۳۰متر است. بار واکنشی را باید طوری محکم کرد که در برابر جابجایی و انحراف از زاویه قائم نسبت به جهت بارگذاری مقاوم باشد. برای اطمینان از پایداری سامانه بارگذاری در سراسر زمان انجام آزمون این کار را باید با درستی لازم و کافی انجام داد.

۷-۳ تنظیم و ترتیب دستگاه اندازه‌گیری نشست

نصب بازوی اتصال باید طوری صورت گیرد که مهارهای آن در فاصله ۱٫۵متری از مرکز صفحه بارگذاری قرار گیرد. دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز یا مبدل نیروی جابجایی را باید به صورت عمودی نصب کرد (مقایسه کنید با شکل‌های۳ الف و ۳ ب). وقتی صفحه بارگذاری را در سر جایش قرار می‌دهیم، باید دقت کنیم تا از

حرکت بدون تاخیر قطعه نوک سوزنی بازوی اتصال به داخل روزنه مستطیلی شکل و قرار گرفتن آن بر روی مرکز صفحه مطمئن شویم.

دستگاه اندازه گیری نشست را باید در برابر نور آفتاب و وزش باد محافظت کرد. باید مراقب بود تا دستگاه و سامانه بارگذاری واکنشی در مدت زمان انجام آزمون در معرض لرزش قرار نگیرد.

۷-۴ بارگذاری اولیه

پیش از شروع آزمون، دستگاه سنجش نیروی کرنشی و دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز یا مبدل نیروی جابجایی، باید روی صفر تنظیم شوند و صفحه به مدت ۳۰ثانیه بارگذاری شود. بار اعمال شده، هنگام استفاده از صفحه ۳۰۰میلی‌متری یا ۶۰۰میلی‌متری، باید با یک تنش قائم برابر با $۰/۰۱ \ MN/m^2$ و هنگام استفاده از صفحه‌ی ۷۶۲میلی‌متری باید با تنش قائم معادل $۰/۰۰۵ \ MN/m^2$ برابر باشد.

قرائت دستگاه سنجش یا مبدل در این میزان بار باید برابر با صفر باشد.

۷-۵ بارگذاری و باربرداری

۷-۵-۱ کلیات

حداکثر بار مورد نیاز یا حداکثر نشست، تابع اهداف مدنظر آزمون است، و علاوه بر آن مقاومت و خصوصیات مورد انتظار تغییرشکل خاک و اندازه صفحه بارگذاری نیز در تعیین این مقادیر حداکثر نقش دارند.

۷-۵-۲ تعیین مدول کرنشی

برای تعیین مدول کرنشی، E_y، بار نباید در کمتر از ۶ مرحله اعمال شود و در هر مرحله مقدار افزایش بار باید تقریباً یکسان باشد تا به حداکثر تنش قائم لازم برسیم. هر افزایش بار (مرحله به مرحله) در عرض یک دقیقه کامل می‌شود. برداشتن بار نیز باید مرحله به مرحله، تا ٪۵۰ و ٪۲۵ حداکثر بار تا مقدار بار صفر، روی دستگاه سنجش قرائت شود. در این راستا، یک چرخه بارگذاری بیشتر (ثانویه) نیز انجام می‌شود که در آن، بار باید فقط تا مرحله پیش از آخرین چرخه‌ی اول، افزایش یابد.

هنگام آزمودن خاک، فاصله زمانی بین اعمال هر افزایش بار باید معادل دو دقیقه باشد، و طی این مدت بار ثابت نگاه داشته می‌شود. برای آزمودن قشر بستر خاک، یک دقیقه کفایت می‌کند. قرائت دستگاه سنجش باید در پایان هر مرحله از بارگذاری ثبت شود (مقایسه کنید با بند ۹-۱ و جداول ۱ و ۲).

برای تعیین مدول کرنشی برای محاسبات نشان گذاری در عملیات راه سازی، یک صفحه بارگذاری ۳۰۰میلی-متری باید استفاده شود و بار باید تا زمان رسیدن به نشست ۵میلی‌متری یا تنش قائمی در زیر صفحه برابر با

$0/5\ MN/m^2$ افزایش یابد. اگر اول به میزان نشست مورد نیاز برسیم، تنش قائم‌اندازه‌گیری شده در این مرحله باید به عنوان حداکثر مقدار تنش درنظر گرفته شود.

زمانی که از صفحه‌ی بارگذاری ۶۰۰میلی متری استفاده می کنیم، باید به نشستی معادل ۸میلی‌متر یا یک تنش قائم $0/25MN/m^2$ دست یابیم و هنگام به کارگیری صفحه‌ی بارگذاری ۷۶۲میلی‌متری، باید به میزان نشست ۱۳میلی‌متری یا تنش قائم $0/2\ MN/m^2$ برسیم.

چنانچه آزمونی به روشی غیرمعمول و غیرمنتظره اجرا شود (مثلاً اگر صفحه بارگذاری ضربه بزند یا به سرعت در خاک فرو برود)، خاک محل اجرای آزمون باید حفاری شود تا به عمقی برابر با قطر صفحه برسیم. اگر با سنگ و قلوه مواجه شدیم، یا چنانچه خاک استحکامی کمتر میزان مورد نظر داشته باشد، باید این موارد را به ثبت برسانیم.

برای خاکی که ذرّات آن دارای مقاومت پایینی هستند (مانند تفاله‌های آذرین)، و جایی که به هنگام افزایش بار تغییر شکل سریع خاک خبر از ناتوانی حتمی آن می دهد، آزمون باید در نشست های پایین تر یا مقادیر کمتری از تنش قائم پایان پذیرد. اگر حین چرخه بارگذاری، بار زیادتری نسبت به آنچه که قرار بوده سهواً و غیرعمدی اعمال شود، بار مذکور نگه داشته شود و تذکری در موارد ثبت شده باید نوشته شود.

یادآوری- جهت بررسی نتایج حاصل از چرخه دوم بارگذاری، ممکن است چرخه سومی با همان مقدار حداکثر بار انجام شود، و این بلافاصله بعد از مرحله دوم بارگذاری صورت می‌گیرد، بدون هرگونه مرحله واسطه و میانی دیگر.

۳-۵-۷ تعیین مدول واکنشی قشر بستر جاده

برای تعیین مدول واکنشی قشر بستر جاده، k_s، برای استفاده در نشان گذاری جاده و باند فرودگاه، باید از صفحه بارگذاری ۷۶۲میلی‌متری استفاده شود. تا زمانی که میزان نشست صفحه کمتر از ۰/۰۲میلی‌متر در دقیقه است باید تنشی معادل $0/005\ MN/m^2$ را حفظ کنیم. سپس باید بار به صورت افزایشی اعمال شود تا تنش‌های قائم $0/04\ MN/m^2$، $0/08\ MN/m^2$، $0/14\ MN/m^2$ و $0/2\ MN/m^2$، و بار در هر مرحله حفظ شود تا میزان نشست صفحه کمتر از ۰/۰۲ میلی‌متر در دقیقه شود.

یادآوری- باید به خاطر داشته باشیم که مدول واکنشی قشر بستر جاده برای استفاده در نشان گذاری پی روی یک شالوده ارتجاعی تابع ناحیه بارگذاری شده است (مقایسه کنید با استاندارد بند ۲-۳).

۸ ارزیابی و ارائه نتایج

۸-۱ منحنی بارگذاری – نشست

برای هر افزایش بار، تنش قائم میانگین، σ_0، و قرائت نشست همزمان با آن، M، باید ثبت شود (مقایسه کنید با بند ۹). برای نصب و ساخت نشان داده شده در شکل ب-۳ ، M باید به عنوان نشست،s، در مرکز صفحه در نظر گرفته شود. برای نصب و ساخت نشان داده شده در شکل الف-۳ ،s باید با ضرب کردن قرائت نشست، s_M، با ضریب h_p/h_M، با توجه به معادله (۱)، به دست آید:

$$s = s_M \cdot \frac{h_P}{h_M} \qquad (۱)$$

تنش باید همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده‌است، مخالف با نشست نشان گذاری شود. باید با استفاده از نقاط اندازه‌گیری، یک منحنی با شیب کم ترسیم شود و چرخه‌های بارگذاری و باربرداری با پیکان‌های جهت‌دار مشخص شوند. گزارش آزمون دربردارنده اطلاعات زیر است:

الف- موقعیت مکانی محل آزمون؛

ب- قطر صفحه‌ی بارگذاری؛

ج- نوع دستگاه اندازه گیری نشست به کار رفته، شامل نسبت h_p/h_M، در صورت لزوم؛

د- نوع خاک؛

هـ-نوع ماده بستر زیر صفحه؛

و- شرایط آب و هوایی؛

ز- زمان و تاریخ اندازه گیری‌ها؛

ک- زمان آغاز و تکمیل آزمون؛

ل- هر گونه مورد غیرعادی مشاهده شده در زمان انجام آزمون؛

م- قرائت دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز و تنش های قائم مربوطه؛

ن- منحنی‌های بارگذاری – نشست؛

ح- توصیف شرایط خاک زیر صفحه بعد از انجام آزمون.

۸-۲ محاسبه مدول کرنشی

محاسبه مدول کرنشی اولین و دومین چرخه بارگذاری باید براساس منحنی‌های ملایم و کم شیب بارگذاری-نشست باشد. این منحنی‌ها را باید با محاسبه نشست،s، در مرکز صفحه بارگذاری با استفاده از معادله (۲) نشان داد:

$$s = a_0 + a_1 \cdot \sigma_0 + a_2 \cdot \sigma_0^2 \qquad (۲)$$

که در آن:

σ_0 تنش قائم میانگین زیر صفحه است برحسب MN/m^2؛

a_0 ، a_1 و a_2 ضرایب هستند بر حسب $mm/MN^2/m^4$.

برای تعیین ضرایب، از مقدار s برابر صفر را چشم پوشی کنید.

برای محاسبه ضرایب از نتایج به‌دست آمده در حالت بارگذاری، از معادلات قائم ارائه شده در پیوست (ب) استفاده می‌کنیم.

اگر از یک برنامه رایانه‌ای استفاده شود، آن را با استفاده از نمونه‌های محاسباتی ارائه شده در بند ۹-۱ مورد بررسی قرار می‌دهند. مدول کرنشی ، E_V، را ، بر حسب MN/m^2، با استفاده از معادله (۳) محاسبه می‌شود:

$$E_V = 1{,}5 \cdot r \cdot \frac{1}{a_1 + a_2 \cdot \sigma_{0max}} \qquad (۳)$$

که در آن :

r شعاع صفحه‌ی بارگذاری بر حسب میلی‌متر است؛

σ_{0max} حداکثر تنش قائم میانگین بر حسب MN/m^2 است.

اندیس ۱ را باید برای مشخص کردن چرخه‌ی اول بارگذاری مورد استفاده قرار دهیم، و اندیس ۲ را برای مشخص کردن چرخه‌ی دوم بارگذاری (مقایسه کنید با بند ۹-۱).

۸-۳ محاسبه‌ی مدول واکنشی قشر بستر جاده

مدول واکنشی قشر بستر جاده، k_s، برحسب MN/m^2 را باید با استفاده از معادله (۴) محاسبه کرد:

$$k_s = \frac{\sigma_0}{s} = \frac{\sigma_0}{0{,}001\ 25} \qquad (۴)$$

که در آن،

σ_0 تنش قائم میانگین برحسب MN/m^2 است؛

s نشست صفحه بارگذاری بر حسب متر است.

مدول واکنشی قشر بستر جاده برای استفاده در نشان گذاری جاده و باند فرودگاه را باید با استفاده از تنش قائم ، σ_0، مربوط به یک نشست میانگین برابر با ۰٫۲۵ میلی‌متر، محاسبه کنیم (با شکل ۵ مقایسه کنید).

زمانی که شکل منحنی بار- نشست نیازمند تصحیح مبداء است، باید یک خط مماس یا تانژانت در نقطه انحنای منحنی رسم کرد تا در نقطه، مطابق شکل ۵، محور نشست را قطع کند.

۹ مثال‌ها

۹-۱ تعیین مدول کرنش

INSO (۱۸۶۵۳)

دستگاه اندازه‌گیری نشست به کار رفته، بازوی اتصال نصب شده همراه با اهرم (مقایسه کنید با شکل الف۳)

(h_M =۰٫۹۴۵m و h_p =۱٫۲۶m).

h_P/h_M ratio: $\frac{h_P}{h_M} = \frac{1,26}{0,945} = 1,333.$

جداول ۱ تا ۳ و شکل ۴ را ببینید.

جدول ۱- مقادیر اندازه‌گیری‌شده برای چرخه اول بارگذاری و چرخه باربرداری

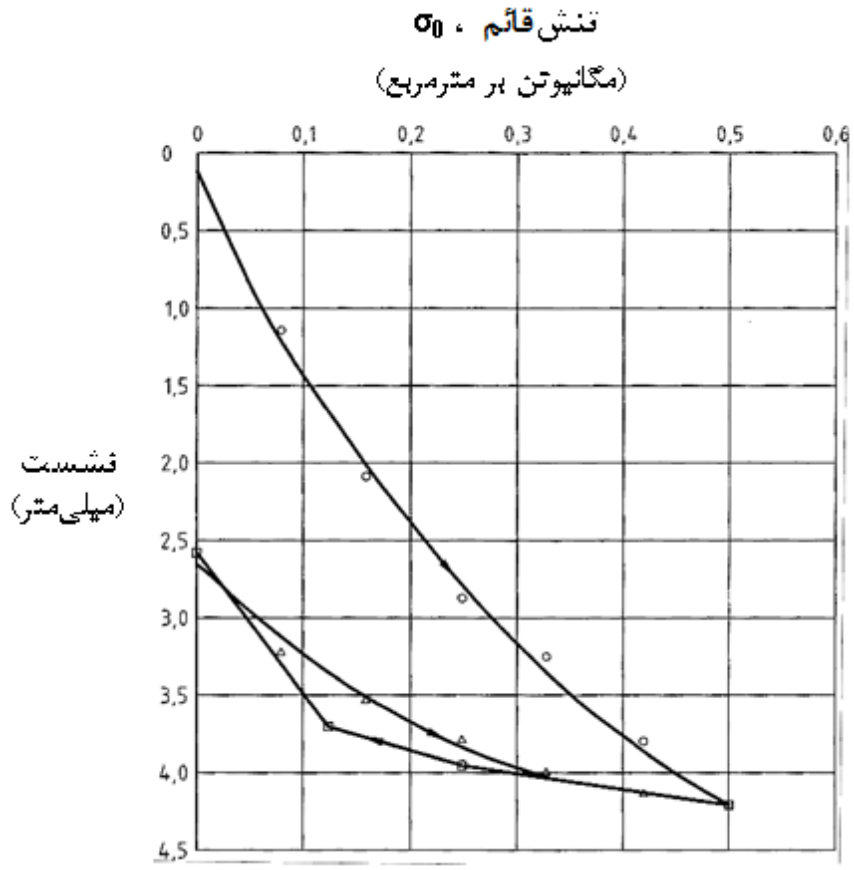
شماره مرحله بارگذاری	بار، F, (کیلونیوتن)	تنش قائم، σ_0, (مگانیوتن بر مترمربع)	قرائت نشست، S_M, (میلی‌متر)	نشست صفحه بارگذاری، S, (میلی‌متر)
۰	۰	۰	۰	۰
۱	۵٫۶۵	۰٫۰۸۰	۰٫۸۶	۱٫۱۵
۲	۱۱٫۳۱	۰٫۱۶۰	۱٫۵۷	۲٫۰۹
۳	۱۷٫۶۷	۰٫۲۵۰	۲٫۱۵	۲٫۸۷
۴	۲۳٫۳۳	۰٫۳۳۰	۲٫۴۴	۳٫۲۵
۵	۲۹٫۶۹	۰٫۴۲۰	۲٫۸۵	۳٫۸۰
۶	۳۵٫۳۴	۰٫۵۰۰	۳٫۱۶	۴٫۲۱
۷	۱۷٫۶۷	۰٫۲۵۰	۲٫۹۷	۳٫۹۵
۸	۸٫۸۷	۰٫۱۲۵	۲٫۷۸	۳٫۷۰
۹	۰	۰	۱٫۹۴	۲٫۵۹

جدول ۲- مقادیر اندازه‌گیری شده برای چرخه ی دوم بارگذاری

شماره مرحله بارگذاری	بار، F, (کیلونیوتن)	تنش قائم، σ_0, (مگانیوتن بر مترمربع)	قرائت نشست، S_M, (میلی‌متر)	نشست صفحه بارگذاری، S, (میلی‌متر)
۱۰	۰	۰	۱٫۹۴	۲٫۵۹
۱۱	۵٫۶۵	۰٫۰۸۰	۲٫۴۲	۳٫۲۲
۱۲	۱۱٫۳۱	۰٫۱۶۰	۲٫۶۵	۳٫۵۳
۱۳	۱۷٫۶۷	۰٫۲۵۰	۲٫۸۴	۳٫۷۸
۱۴	۲۳٫۳۳	۰٫۳۳۰	۲٫۹۹	۳٫۹۸
۱۵	۲۹٫۶۹	۰٫۴۲۰	۳٫۱۰	۴٫۱۳

جدول ۳- نتایج آزمون بارگذاری

مؤلفه	اولین چرخه بارگذاری	دومین چرخه بارگذاری
τ_{0max} (MN/m^2)	۰٫۵۰	۴٫۲۰
a_0 (mm)	۰٫۲۸۵	۲٫۶۴۶
a_1 (mm/MN/m^2))	۱۲٫۲۷۰	۶٫۶۳۷
a_2 (mm/MN/m^2))	-۹٫۰۳۴	-۷٫۵۷۴
$E_V = \frac{1{,}5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{0max})}$ (MN/m^2)	۲۹٫۰۰	۷۸٫۳
$\frac{E_{V2}}{E_{V1}}$	۲٫۷۲	



شکل۴- منحنی بارگذاری – نشست برای تعیین مدول کرنشی

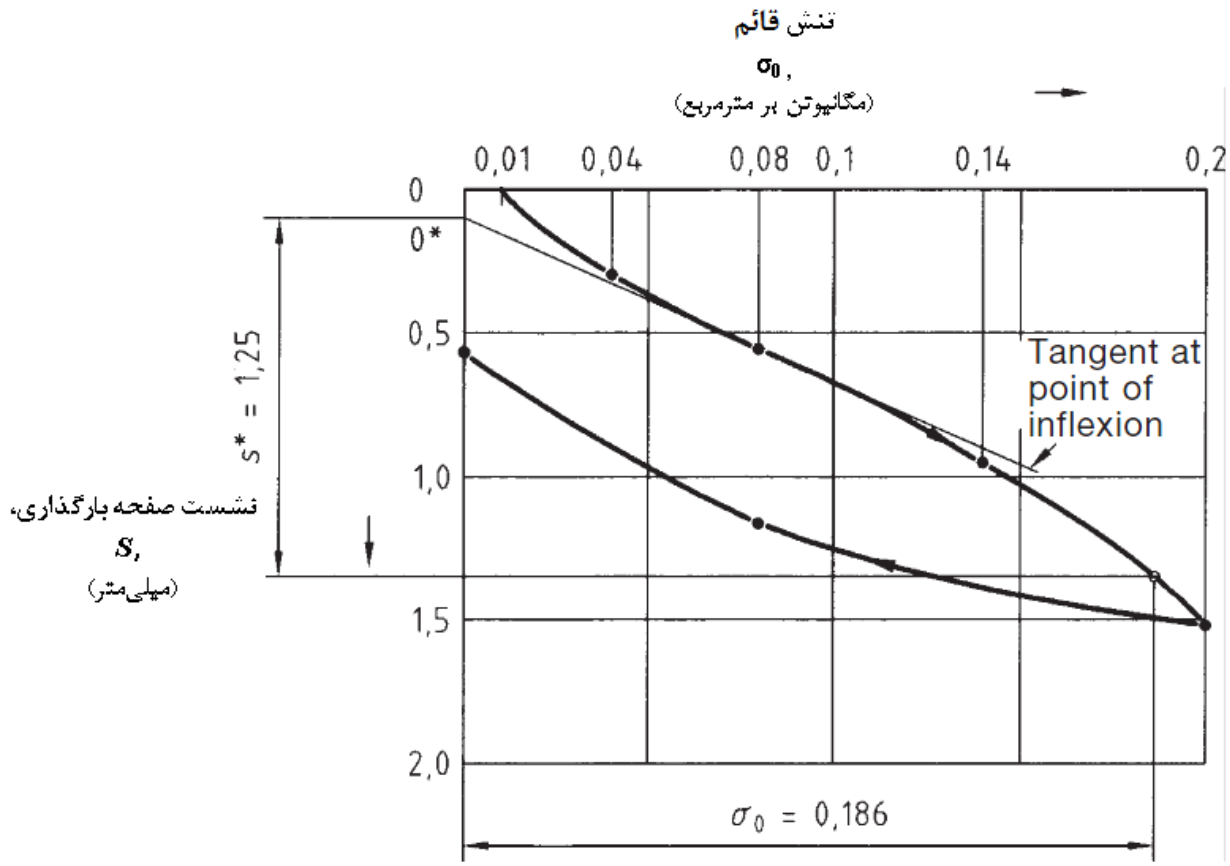
۹-۲ تعیین مدول واکنش قشر بستر جاده

INSO (۱۸۶۵۳)

دستگاه اندازه‌گیری نشست به‌کار رفته: بازوی اتصال نصب شده همراه با تکیه‌گاه لغزشی یا متحرک (مقایسه کنید با شکل ۳-ب). جدول ۴ و شکل ۵ را ببینید.

جدول ۴- مقادیر اندازه‌گیری‌شده با توجه به شکل ۵

شماره مرحله بارگذاری	**بار، F,** (کیلونیوتن)	**تنش قائم، σ_0,** (مگانیوتن بر مترمربع)	**نشست صفحه بارگذاری، S,** (میلی‌متر)
۰	۴٫۵۶	۰٫۰۱۰	۰
۱	۱۸٫۲۴	۰٫۰۴۰	۰٫۳۱
۲	۳۶٫۴۸	۰٫۰۸۰	۰٫۵۶
۳	۳۶٫۸۵	۰٫۱۴	۰٫۹۷
۴	۹۱٫۲۱	۰٫۲۰۰	۱٫۵۳
۵	۳۶٫۴۸	۰٫۰۸۰	۱٫۱۶
۶	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۵۷



شکل ۵- منحنی بارگذاری- نشست برای تعیین مدول واکنش قشر بستر جاده

نتایج به دست آمده با مبداء تصحیح شده :

$$k_s = \frac{\sigma_0}{s^*} = \frac{0,186\ \text{MN/m}^2}{0,001\ 25\ \text{m}} = 148,8\ \text{MN/m}^3$$

پیوست الف

(الزامی)

واسنجی تجهیزات بارگذاری صفحه

الف-۱ کلیات

واسنجی به بازبینی عملکرد مناسب تجهیزات بارگذاری صفحه و اطمینان از مطابقت دستگاه‌های اندازه‌گیری با الزامات و نیازمندی‌ها، کمک می‌کند. این کار باید توسط کسی که دستگاه را با قابلیت رهگیری مجاز براساس سامانه بین‌المللی واحدها انجام و در فواصل زمانی منظم تکرار شود تا اطمینان حاصل شود که آزمون بارگذاری مطابق با این استاندارد اجرا می‌شود.

پیش از واسنجی، تجهیزات را از لحاظ آسیب‌های مکانیکی و عملکرد مناسب کلیه قطعات مورد بررسی قرار می-دهند. نتایج را باید در گزارش واسنجی توضیح داد.

دستگاه‌های اندازه‌گیری واسنجی را باید دائم با نشانه‌گذاری که اسم و نشانی شخص یا شرکت انجام دهنده واسنجی و مدت زمان اعتبار آن را نشان می‌دهد علامت گذاری نمود.

الف-۲ بررسی تجهیزات برای مطابقت با الزامات و نیازمندی‌ها

پیش از واسنجی دستگاه اندازه‌گیری، باید بررسی شود که آیا تجهیزات بارگذاری صفحه الزامات و نیازهای مورد نظر زیر را برآورده می کنند یا خیر .

الف- ابعاد صفحه ی بارگذاری (مقایسه کنید با بند ۵-۳)؛

ب- حدود خطا و میزان دقت سامانه اندازه‌گیری نیرو (مقایسه کنید با بند ۵-۵)؛

ج- حدود خطا و میزان دقت دستگاه اندازه‌گیری نشست (مقایسه کنید با بند ۵-۶)؛

د- فاصله بین مهارهای دستگاه بازوی اتصال و مرکز صفحه بارگذاری (مقایسه کنید با بند ۷-۳).

هـ- نسبت h_p/h_M سامانه بازوی اتصال.

الف-۳ تجهیزات

الف-۳-۱ سامانه اندازه‌گیری نیرو

علاوه بر تجهیزات و دستگاه‌های شرح داده شده در بندهای ۵-۳، ۵-۴، و ۵-۵، موارد زیر نیز مورد نیاز است.

الف) قاب، برای نصب سامانه اندازه‌گیری نیرو و دستگاه سنجش مربوطه.

ب) دستگاه سنجش رده ۲ به‌همان صورتی که در مبدل نیروی جابجایی در استاندارد بند ۲-۴ بیان شده است.

الف-۳-۲ دستگاه اندازه‌گیری نشست

علاوه بر تجهیزات و دستگاه‌های شرح داده شده در بند ۵-۶، موارد زیر نیز مورد نیاز است.

الف) ریزسنج یا میکرومتر ، به‌همان ترتیبی که در استاندارد بند۲-۱ یا بند ۲۲ آمده، و مکعب‌های اندازه‌گیری درجه ۲ با طول اسمی از ۱میلی‌متر تا ۱۵میلی‌متر.

ب) سطح یا رویه، مناسب برای استفاده از دستگاه‌های واسنجی.

الف-۴ دستورالعمل

الف-۴-۱ سامانه اندازه‌گیری نیرو

سامانه اندازه‌گیری نیروی تجهیزات بارگذاری صفحه و دستگاه اندازه‌گیری مرجع را باید در مرکز قاب دستگاه نصب کرد و آن را تحت یک بارگذاری اولیه مربوط به یک تنش قائم زیر صفحه ای $0{,}01 MN/m^2$ قرار داد، بار با استفاده از سامانه بارگذاری تجهیزات اعمال می‌شود.

برای واسنجی دستگاه اندازه‌گیری کرنش و بازبینی سامانه بارگذاری، دو چرخه بارگذاری و یک چرخه باربرداری را باید با افزایش تدریجی بار که به صورت تابعی از قطر صفحه انتخاب می‌شود، انجام دهیم (مقایسه کنید با جدول الف-۱). هر افزایش یا کاهش بار وارده (از یک مرحله تا مرحله دیگر)باید در عرض یک دقیقه تکمیل شود. بار در طی چهار مرحله آزاد می‌شود (شماره‌های ۶، ۴، ۲، ۱؛ مقایسه کنید با جدول الف-۱). هنگامی که هم بارگذاری و هم باربرداری انجام می‌شوند، فاصله زمانی بین پایان یک مرحله و شروع مرحله بعد دو دقیقه و در این مدت، بار حفظ می‌شود. هر بار باید در یک سامانه اندازه‌گیری نیرو قرار داده شود و قرائت دستگاه اندازه-گیری ثبت شود.

واسنجی را باید در دمای طبیعی پیرامون بین ۱۰درجه سلسیوس و ۳۵درجه سیلسیوس انجام داد (مقایسه کنید با ۱استاندارد بند ۶-۲).

خطای دقت نسبی ، q، به صورت درصدی، با استفاده از معادله‌ی الف-۱ به دست می آید:

$$q = \frac{F_i - F}{F_{max}} \cdot 100 \qquad \text{(الف-۱)}$$

که در آن :

F_i نیروی نشان داده شده توسط سامانه اندازه‌گیری نیرو است بر حسب کیلونیوتن؛

F نیروی نشان داده شده توسط دستگاه اندازه‌گیری مرجع است بر حسب کیلونیوتن؛

F_{max} حداکثر بار لازم برای آزمون بر حسب کیلونیوتن می باشد (با مرحله ۸ بارگذاری؛ با جدول الف-۱ مقایسه کنید).

درصد خطای سامانه اندازه‌گیری نیرو باید به گونه ای باشد که در بند ۵-۵ مشخص شده است.

جدول الف-۱- افزایش تدریجی بار به صورت تابعی از قطر صفحه

	قطر صفحه بارگذاری بر حسب میلی‌متر					
شماره مرحله بارگذاری	۳۰۰		۶۰۰		۷۶۲	
	بار، **F,** (کیلونیوتن)	تنش قائم، σ_0, (مگانیوتن بر مترمربع)	بار، **F,** (کیلونیوتن)	تنش قائم، σ_0, (مگانیوتن بر مترمربع)	بار، **F,** (کیلونیوتن)	تنش قائم، σ_0, (مگانیوتن بر مترمربع)
۱.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲.	۵/۶۵	۰/۰۸	۵/۶۵	۰/۰۲۰۰	۴/۵۶	۰/۰۱۰۰
۳.	۱۱/۳۱	۰/۱۶۰	۱۱/۳۱	۰/۰۴۰۰	۹/۱۲	۰/۰۲۰۰
۴.	۱۶/۶۹	۰/۲۴۰	۲۲/۶۲	۰/۰۸۰۰	۱۸/۲۴	۰/۰۴۰۰
۵.	۲۲/۶۲	۰/۳۲۰	۳۳/۹۳	۰/۱۲۰۰	۳۶/۴۸	۰/۰۸۰۰
۶.	۲۸/۲۷	۰/۴۰۰	۴۵/۲۴	۰/۱۶۰۰	۵۴/۷۲	۰/۱۲۰۰
۷.	۳۱/۸۱	۰/۴۵۰	۵۶/۵۵	۰/۲۰۰۰	۷۲/۹۶	۰/۱۶۰۰
۸.	۳۵/۳۴	۰/۵۰۰	۷۰/۶۹	۰/۲۵۰۰	۹۱/۲۱	۰/۲۰۰۰

اگر تفاوت بین نیروهای نشان داده شده توسط سامانه اندازه‌گیری نیرو و دستگاه اندازه‌گیری مرجع ، F_i و F، از مقدار F_{max} به میزان بیش از ٪۱ برای چرخه‌های بارگذاری و بیش از ٪۲ برای چرخه باربرداری تجاوز کند، دستگاه اندازه‌گیری کرنش باید با توجه به دستورالعمل سازنده تنظیم شود و واسنجی تکرار می‌شود. خطای صفر، یک دقیقه پس از آن که بار کاملاً برداشته شد، نباید از ٪۰/۲ نیروی F_{max} بیشتر شود.

الف-۴-۲ دستگاه اندازه‌گیری نشست

سامانه مونتاژ شده بازوی اتصال باید روی یک سطح صلب هموار قرار داده شود و دستگاه اندازه‌گیری فواصل ریز یا مبدل نیروی جابجایی روی بازوی اتصال نصب می‌شوند.

برای واسنجی، سه تنظیم صفر را اجرا می‌کنیم و یک سری از اندازه‌گیری‌ها برای هر تنظیم صفر به دست می‌آید. هر سری حداقل دارای پنج اندازه‌گیری است که در فواصل زمانی تقریباً برابر، در امتداد دامنه‌ی اندازه‌گیری دستگاهی که قرار است واسنجی شود، به دست می‌آیند. اندازه گیری ها باید در حداکثر دامنه‌ی واسنجی آغاز شوند و دربردارنده دامنه‌هایی بالا تا ۱۰میلی‌متر و حتی بالاتر تا ۱۵میلی‌متر هستند.

قرائت‌های دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز یا مبدل نیروی جابجایی برای سری اندازه‌گیری انجام شده ثبت خواهند گردید. واسنجی را باید در دمای طبیعی پیرامون بین ۱۰درجه سلسیوس و ۳۵درجه سلسیوس انجام داد (مقایسه کنید با استاندارد بند ۲-۶). دمایی که در آن واسنجی انجام می‌شود را باید ثبت کرد.

اگر یکی از مقادیر نشان داده شده توسط دستگاه سنجش تغییر مکان‌های ریز یا مبدل نیروی جابجایی با قرائت به دست آمده از ریزسنج (میکرومتر) یا مقدار اسمی مکعب اندازه‌گیری بیش از ۰٫۰۴میلی‌متر متفاوت باشد، دستگاه اندازه‌گیری نشست را باید با توجه به دستورالعمل سازنده تنظیم و واسنجی تکرار کرد.

الف-۵ گزارش واسنجی

گزارش واسنجی حداقل باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام و آدرس کارفرما؛

ب- جزئیات تجهیزات واسنجی شده (سازنده، نوع، شناسه، سال ساخت)؛

ج- دمای واسنجی؛

د- تاریخ واسنجی؛

هـ- نام شخص یا شرکت انجام دهنده واسنجی و شخص مسئول انجام آن؛

و- شماره گواهی واسنجی دستگاه‌های مرجع مورد استفاده؛

ز- شرایط کلی تجهیزات پیش از واسنجی؛

ک- مغایرت ابعاد صفحه بارگذاری و سامانه مونتاژ شده بازوی اتصال با ابعاد مشخص و تعیین شده؛

ل- نسبت h_p/h_M سامانه بازوی اتصال؛

م- خطای درستی سامانه اندازه‌گیری نیرو که به صورت درصد بیان می‌شود؛

ن- درستی خطای دستگاه اندازه‌گیری نشست بر حسب میلی‌متر؛

ح- نتایج واسنجی.

پیوست ب

(الزامی)

معادلات قائم برای تعیین ضرایبی که باید در محاسبات نشست مورد استفاده قرار گیرند

ب-۱ برای محاسبه ضرایب برای معادله (۲) با بهره‌گیری از نتایج به دست آمده در حالت‌های مختلف بارگذاری، از معادلات زیر استفاده کنید:

$$a_0 \cdot n + a_1 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i} + a_2 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i}^2 = \sum_{i=1}^{n} s_i \qquad \text{(ب-۱)}$$

$$a_0 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i} + a_1 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i}^2 + a_2 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i}^3 = \sum_{i=1}^{n} s_i \cdot \sigma_{0i} \qquad \text{(ب-۲)}$$

$$a_0 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i}^2 + a_1 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i}^3 + a_2 \sum_{i=1}^{n} \sigma_{0i}^4 = \sum_{i=1}^{n} s_i \cdot \sigma_{0i} \cdot \sigma_{0i}^2 \qquad \text{(ب-۳)}$$