جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری

جلد سیزدهم: ثقل‌سنجی

نشریه شماره ۱۳ – ۱۱۹

آخرین ویرایش: ۲۱-۰۴-۱۴۰۴

سازمان نقشه‌برداری کشور

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد
گروه استانداردسازی

www.ncc.gov.ir

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

۱۴۰۴

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره :	۱۴۰۴/۲۲۵۸۶۵
	تاریخ :	۱۴۰۴/۰۵/۱۲

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و تبصره ذیل بند(۳-۱) ماده(۴) «سند نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور»، موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۰۵۴۴/ت۶۳۷۱۹ه مورخ ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ هیئت وزیران؛ ضابطه پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و در«سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود:

عنوان:	**دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری جلد سیزدهم: ثقل‌سنجی**
شماره ضابطه:	**۱۱۹-۱۳**
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند.
تاریخ اجرا:	۱۴۰۴/۱۰/۰۱
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	سازمان نقشه برداری کشور
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

سیدحمید پورمحمدی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با همکاری سازمان نقشه برداری کشور و با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

تبصره: در مورد این ضابطه، سازمان نقشه‌برداری کشور به طور اختصاصی، عهده‌دار جمع‌آوری و رسیدگی به نظرات می‌باشد که نشانی آن در این صفحه ارائه شده است.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

web: nezamfanni.ir **Email: nezamfanni@mporg.ir**

سازمان نقشه‌برداری کشور:

www.ncc.gov.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

تهیه و تدوین استاندارد/دستورالعمل همسان نقشه‌برداری «ثقل‌سنجی» شماره ۱۳-۱۱۹

اعضای گروه تهیه و تدوین کننده :

سیدعبدالرضا سعادت (مسئول گروه کاری)	دکتری مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی
سیاوش عربی	کارشناس مهندسی نقشه‌برداری
حمیده چراغی	کارشناس ارشد مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی
معصومه آمیغ‌پی	دکتری مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی
علی سلطانپور	دکتری مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی
مرتضی صدیقی	دکتری مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی
فرخ توکلی	دکتری مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی

اعضای گروه نظارت :

نام و نام خانوادگی	نام محل کار	نام مدرک تحصیلی
روح اله کریمی	دانشگاه تفرش	دکتری مهندسی نقشه‌برداری گرایش ژئودزی

اعضای گروه هدایت و راهبری:

مریم صارمی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS
علی صفایی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور وGIS

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

فصل اول ۱

کلیات ۱

مقدمه ۳

فصل دوم ۵

استاندارد ثقل‌سنجی ۵

۲- استاندارد ثقل‌سنجی ۷

۲-۱- تعاریف ۷

۲-۲- هدف ۷

۲-۳- استاندارد شبکه‌های ثقل‌سنجی ۷

۲-۴- استاندارد احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی ۸

۲-۴-۱- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۸

۲-۴-۲- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ..... ۸

۲-۴-۳- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ ..... ۸

۲-۴-۵- ایجاد شبکه نقاط نشانه ثقل‌سنجی درجه ۳ و موردی و اکتشافی ۹

۲-۵- استاندارد تعیین موقعیت دقیق ایستگاه و نقاط نشانه شبکه‌های ثقل‌سنجی ۹

۲-۶- استاندارد خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی ۹

فصل سوم ۱۱

دستورالعمل ثقل‌سنجی ۱۱

۳- دستورالعمل ثقل‌سنجی ۱۳

۳-۱- دستورالعمل احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی ۱۳

۳-۱-۱- شرایط عمومی در مکان‌یابی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی ۱۳

۳-۱-۲- تجهیزات، مصالح و لوازم مورد استفاده در مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌ها ۱۴

۳-۱-۳- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون ۱۷

۳-۱-۳-۱- شرایط عمومی ۱۷

۳-۱-۳-۲- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های سنگی ۱۸

۳-۱-۳-۳- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی ۱۸

۳-۱-۳-۴- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های بتنی ۱۸

۳-۱-۳-۵- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی ۱۹

۳-۱-۳-۶- نحوه احداث ایستگاه‌های بتنی ۲۱

۳-۱-۳-۷- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی ۲۴

omoorepeyman.ir

۳-۱-۳-۸- محوطه‌سازی اطراف ایستگاه ۲۵
۳-۱-۳-۹- احداث ایستگاه کمکی (FRM) ۲۷
۳-۱-۴- احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۱ و ۲ ۲۷
۳-۱-۴-۱- طراحی ایستگاه‌های شبکه ۲۷
۳-۱-۴-۲- انتخاب محل ایستگاه‌ها ۲۸
۳-۱-۴-۳- مشخصات کلی ایستگاه‌ها ۲۹
۳-۱-۴-۴- احداث ایستگاه‌های سنگی ۲۹
۳-۱-۴-۵- احداث ایستگاه‌های بتنی ۳۰
۳-۱-۴-۶- احداث ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی ۳۲
۳-۱-۴-۷- نام‌نویسی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی ۳۳
۳-۱-۵- احداث نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ و موردی و اکتشافی ۳۴
۳-۱-۶- احداث ایستگاه‌های ترازیابی دقیق میانی ۳۶
۳-۱-۷- تهیه شناسنامه ایستگاه‌ها ۳۶
۳-۲- دستورالعمل اندازه‌گیری شتاب‌ثقل ۳۸
۳-۲-۱- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۳۸
۳-۲-۲- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ۳۹
۳-۲-۲-۱- شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی ۳۹
۳-۲-۲-۲- روش اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ۴۱
۳-۲-۳- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ ۴۲
۳-۲-۴- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ ۴۳
۳-۲-۵- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه موردی و اکتشافی ۴۴
۳-۳- دستورالعمل نحوه تعیین‌موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی ۴۶
۳-۳-۱- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۴۶
۳-۳-۲- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ۴۶
۳-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ ۴۶
۳-۳-۴- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ ۴۸
۳-۳-۵- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی ۴۹
۳-۴- دستورالعمل نحوه ذخیره‌سازی داده‌ها ۵۰
۳-۴-۱- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل توسط گروه‌های صحرایی ۵۰
۳-۴-۲- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ۵۲
۳-۴-۳- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۲ و ۳ ۵۲
۳-۴-۴- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی ۵۳
۳-۴-۴- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای ۵۳
۳-۵- دستورالعمل نحوه کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل‌سنج در خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی ۵۴
۳-۶- دستورالعمل نحوه محاسبات شتاب‌ثقل ۵۶

omoorepeyman.ir

۳-۶-۱- محاسبات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۵۶
۳-۶-۲- محاسبات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ..... ۵۸
۱-۲-۶-۳- آماده‌سازی داده‌ها ۵۸
۲-۲-۶-۳- تست‌های قبل از سرشکنی ۵۹
۳-۲-۶-۳- معادلات و روابط مربوط به مشاهدات ثقل‌سنجی نسبی ۶۰
۴-۲-۶-۳- تعدیل و سرشکنی شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ..... ۶۲
۵-۲-۶-۳- ارزیابی نتایج ۶۳
۳-۶-۳- محاسبات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ ..... ۶۴
۳-۶-۴- محاسبات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ ..... ۶۵
۳-۶-۵- محاسبات مربوط به کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی ۶۵
۳-۶-۶- محاسبه موقعیت دقیق ایستگاه‌ها در شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر و ۱ ..... ۶۶
۳-۶-۷- محاسبه موقعیت دقیق ایستگاه‌ها و نقاط نشانه در شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۲ و ۳ ..... ۶۷

منابع و پیوست ها ۶۹

منابع فارسی ۷۱
منابع غیر فارسی (انگلیسی) ۷۱
فرم‌های مشاهدات و اندازه‌گیری ۷۲

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شکل ۳-۱ میله استیل ایستگاه اصلی ۱۵
شکل ۳-۲ میله استیل ایستگاه میانی ۱۵
شکل ۳-۳ میله استیل دیسکی ایستگاه میانی ۱۶
شکل ۳-۴ محل ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۱۹
شکل ۳-۵ تراز کردن سطح ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۱۹
شکل ۳-۶ محل قرارگیری میله‌های میانی در ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۲۰
شکل ۳-۷ حک کردن مشخصات بر روی ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ۲۰
شکل ۳-۸ مقطع ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر (بر حسب سانتی‌متر) ۲۱
شکل ۳-۹ آرماتوربندی ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر از نوع بتنی ۲۲
شکل ۳-۱۰ آرماتور مورد استفاده در ایستگاه سنگی با سرقالب بتنی ۲۴
شکل ۳-۱۱ محوطه ایستگاه به منظور نصب اطاقک ۲۵
شکل ۵-۱۲ موقعیت ایستگاه اصلی در محوطه ۲۵
شکل ۳-۱۳ نمونه مشخصات حک شده بر روی سنگ تابلو ایستگاه ۲۶
شکل ۳-۱۴ محل نصب سنگ تابلو معرفی کننده مشخصات ایستگاه ۲۶
شکل ۳-۱۵ حک کردن مشخصات نقطه کمکی FRM ۲۷
شکل ۳-۱۶ موقعیت ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک (با سمبل دو دایره) و درجه دو (با سمبل دایره توپر زرشکی) در یک بلوک ۱:۲۵۰۰۰ ..... ۲۸
شکل ۳-۱۷ مقطع ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و دو سنگی ۳۰
شکل ۳-۱۸ جزئیات شبکه آرماتور ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۱ و ۲ ..... ۳۱
شکل ۳-۱۹ مقطع ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۱ و ۲ بتنی ۳۱
شکل ۳-۲۰ ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و نحوه نام‌گذاری آن ۳۳
شکل ۳-۲۱ یک نمونه از ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه دو احداث شده ۳۴
شکل ۳-۲۲ موقعیت نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ (نقاط دایره‌ای سبز رنگ) نسبت به ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲ (نقاط دایره‌ای با رنگ زرشکی) ۳۵
شکل ۳-۲۳ نحوه حک‌کردن نام بر روی نقطه ترازیابی میانی ۳۶
شکل ۳-۲۴ نحوه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ..... ۴۲
شکل ۳-۲۵ نحوه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ ..... ۴۳
شکل۳-۲۶ نحوه اندازهگیری شتاب‌ثقل نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه سه (نقاط دایرهای) نسبت به ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه یک و دو (نقاط مثلثی) ۴۴
شکل ۳-۲۷ نحوه اندازه‌گیری با سه دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) ۴۷
شکل ۳-۲۸ نحوه اندازه‌گیری با چهار دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) ۴۷
شکل ۳-۲۹ نحوه اندازه‌گیری با چهار دستگاه گیرنده GPS/GNSS ۴۸
شکل ۳-۳۰ ایستگاه‌های خط کالیبراسیون قابل اندازه‌گیری در کشور ۵۵

omoorepeyman.ir

شکل ۳-۳۱ توزیع ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی در ایران..... ۵۶
شکل ۳-۳۲ نحوه قرار گرفتن شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج در بازه‌های خط کالیبراسیون ۶۶
شکل ۳-۳۳ فلوچارت نحوه پردازش داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) مربوط به شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ ۶۷

omoorerayman.ir

فهرست جداول

جدول ۲-۱ انواع شبکه‌های ثقل با توجه به دقت و ابعاد ۷
جدول ۲-۲ استاندارد تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌ها و نقاط نشانه شبکه‌های ثقل‌سنجی ۹
جدول ۲-۳ مشخصات ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی ۱۰
جدول ۳-۱ نحوه نام‌گذاری ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون ۵۱
جدول ۳-۲ نحوه استفاده از شماره سریال دستگاه در نام‌گذاری ۵۲

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل اول

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

ژئودزی علمی است که به اندازه‌گیری و نمایش شکل و ابعاد زمین و میدان ثقل آن و تغییرات زمانی آنها می‌پردازد. برای این منظور لازم است تا مشاهدات ژئودتیکی از انواع مختلف بر روی سطح‌زمین در قالب شبکه‌ای از داده‌ها اندازه‌گیری شده تا بتوان به یک مدل مناسب از وضعیت زمین از دیدگاه هندسی و فیزیکی دست یافت. اگرچه علم ژئودزی یکی از قدیمی‌ترین علوم بشری می‌باشد، ولی پیشرفت آن در زمینه گسترش شبکه‌های جهانی و منطقه‌ای محدود به قرن اخیر است، چرا که فن‌آوری‌های جدید در امور اندازه‌گیری‌های هندسی و فیزیکی در سطح‌زمین و همچنین، فن‌آوری‌های استفاده از ماهواره‌ها، مشاهدات بیشتر، دقیق‌تر و آسان‌تر را فراهم نموده است. شبکه‌های ژئودزی عموماً به دو شاخه شبکه‌های مسطحاتی و ارتفاعی تقسیم می‌شوند.

اگر چه شبکه‌های مسطحاتی و ارتفاعی، نیاز مهندسی نقشه‌برداری و عمران در تهیه نقشه از سطح زمین و اجرای پروژه‌های عمرانی در یک سیستم‌مختصات واحد را مرتفع می‌نمایند، ولی ذکر این نکته ضروری است که کلیه مشاهدات نقشه‌برداری مورد استفاده در پروژه‌های اجرایی، تحت تاثیر میدان‌ثقل زمین قرار دارند. بنابراین، همواره لازم است تا اثر میدان‌ثقل زمین بر روی این مشاهدات بررسی شده و در صورت لزوم با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی زمین تصحیح گردد.

علاوه بر تاثیر میدان‌ثقل زمین بر روی مشاهدات نقشه‌برداری، امروزه تعیین و مدل‌سازی میدان‌ثقل زمین به منظور کسب اطلاعات بیشتر از ترکیبات داخل پوسته‌زمین اهمیت بسیاری یافته است. به‌طوری‌که در علوم مختلف مانند مهندسی نفت، مهندسی زمین‌شناسی، ژئوفیزیک، تکتونیک و مهندسی آب به منظورهای مختلف مانند کشف ذخائر زیرزمینی، محاسبه میزان دانسیته پوسته و تفسیر تغییرات ژئودینامیکی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شاخه ژئودزی فیزیکی یا فیزیکال ژئودزی نیز به اطلاعات میدان‌ثقل زمین به منظور محاسبه سطح مبنای ارتفاعی (مدل ژئوئید) و تصحیح مشاهدات ترازیابی هندسی به ارتفاعات ارتومتریک، نیاز می‌باشد.

به منظور مطالعه میدان‌ثقل زمین، یکی از مهم‌ترین کمیت‌های قابل اندازه‌گیری، مقدار شتاب‌ثقل است، برای این منظور، ایجاد شبکه‌های مبنایی ثقل‌سنجی در سطوح جهانی و منطقه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد تا بتوان با استفاده از این شبکه‌ها، مشاهدات شتاب‌ثقل را در سطح‌زمین و به صورت یک‌پارچه گسترش داد. بنابراین، شبکه‌های ثقل‌سنجی از ابعاد جهانی گرفته تا منطقه‌ای، ملی و محلی، چارچوبی برای یکپارچه کردن کلیه اطلاعات شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده می‌باشند. همچنین از شبکه‌های ماندگار ایجاد شده می‌توان برای تعیین تغییرات زمانی میدان‌ثقل نیز استفاده نمود.

معمولاً شبکه‌های ثقل‌سنجی در دنیا، به‌طور سنتی منطبق بر شبکه‌های ترازیابی گسترش یافته‌اند. دلیل عمده این تطابق، نیاز ضروری به اطلاعات ارتفاعی برای مشاهدات شتاب‌ثقل است. با این همه، این موضوع سبب می‌گردد تا در مناطقی که شبکه ارتفاعی به خوبی (عموماً به دلیل نبود راه دسترسی مناسب) گسترش نیافته است، از مشاهدات شتاب‌ثقل لازم نیز برخوردار نباشند. علاوه بر این، شبکه‌های دقیق ثقل‌سنجی (درجه صفر و یک) باید از دقت بسیار بالاتری نسبت به شبکه‌های

omoorepeyman.ir

درجات پایین‌تر و مشاهدات شتاب‌ثقل برخوردار باشند که گسترش شبکه‌های ثقل‌سنجی منطبق بر شبکه‌های ترازیابی، به چنین دقت بالایی منتهی نمی‌گردد. ولی با این حال؛ با توجه به این موضوع که ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نیازمند ارتفاع دقیق و مختصات مسطحاتی می‌باشند، اتصال این ایستگاه‌ها به شبکه‌های سراسری ارتفاعی و مسطحاتی کشور باید مورد توجه قرار گیرد. انجام مشاهدات دقیق ثقل‌سنجی، ارتفاعی و مسطحاتی بر روی ایستگاه‌های یک شبکه، موجب انطباق مشاهدات ژئودتیکی در یک شبکه واحد می‌گردد که از لحاظ کاربرد، اجرا و کنترل از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. همچنین هنگامی که چندین نوع مشاهده بر روی یک ایستگاه اندازه‌گیری می‌شود، در واقع مثل آن است که چند ایستگاه احداث گردیده و در هزینه و زمان نیز صرفه‌جویی خواهد شد. با عنایت به موارد مطرح شده، در مجموعه حاضر مشخصات فنی و نحوه گسترش داده‌های ثقل‌سنجی در یک منطقه یا کشور ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

فصل دوم

استاندارد ثقل‌سنجی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲– استاندارد ثقل‌سنجی

۲-۱- تعاریف

شتاب‌ثقل (*Gravity*): برآیند شتاب جاذبه زمین و شتاب گریز از مرکز آن در هر نقطه تحت عنوان شتاب‌ثقل شناخته می‌شود که در واحد SI بر حسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) و به صورت عمومی بر حسب گال ($1\ Gal = 1\ cm/s^2$) اندازه‌گیری می‌گردد.

ثقل‌سنجی (*Gravimetry*): یا گراویمتری به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود که منجر به اندازه‌گیری شتاب‌ثقل یک نقطه می‌گردد.

ثقل‌سنج (*Gravimeter*): دستگاهی است که برای اندازه‌گیری مقدار شتاب‌ثقل یک نقطه به صورت مطلق یا نسبی استفاده می‌شود.

ایستگاه ثقل‌سنجی (*Gravity benchmark*): نقطه یا نشانه احداث شده با استاندارد مشخص که اندازه‌گیری شتاب‌ثقل بر روی آن انجام می‌شود.

نقطه نشانه (*Marker*): نقطه یا نشانه‌ای دائمی یا موقت که برای انجام اندازه‌گیری‌های نقشه‌برداری با استاندارد مشخص احداث می‌گردد.

۲-۲- هدف

شبکه‌های ثقل‌سنجی به منظور گسترش داده‌های شتاب‌ثقل در یک منطقه و یا سراسر کشور برای اهداف مختلف ایجاد می‌گردند. گسترش این شبکه‌ها و همچنین اندازه‌گیری مکرر آنها، مطالعات تغییرات زمانی شتاب‌ثقل در منطقه را امکان‌پذیر می‌نماید. همچنین داده‌های موردی با احداث نقاط نشانه دائمی و یا موقت برای گسترش داده‌های ثقل‌سنجی در یک منطقه برای اهداف اکتشافی یا زمین‌شناسی گردآوری می‌شوند.

۲-۳- استاندارد شبکه‌های ثقل‌سنجی

شبکه‌های ثقل‌سنجی با توجه به مولفه‌های «دقت» و «ابعاد» در جدول شماره ۲-۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۲-۱ انواع شبکه‌های ثقل با توجه به دقت و ابعاد

نوع شبکه	فاصله بین ایستگاه‌ها	دقت شبکه	نوع اندازه‌گیری
جهانی	از چند صد تا چند هزار کیلومتر	۱ تا ۲ میکروگال	مطلق
درجه صفر و خط کالیبراسیون	صد تا چند صد کیلومتر	۲ تا ۳ میکروگال	مطلق
درجه یک	۴۰ تا ۷۰ کیلومتر	۳ تا ۵ میکروگال	نسبی
درجه دو	۱۰ تا ۴۰ کیلومتر	۵ تا ۲۰ میکروگال	نسبی
درجه سه	کمتر از ۱۰ کیلومتر	۲۰ تا ۵۰ میکروگال	نسبی
موردی و اکتشافی	از چند ۱۰ متر تا چندین ۱۰۰ متر	۵ تا ۱۰ میکروگال	نسبی

omoorepeyman.ir

شبکه‌های ثقل‌سنجی به ترتیب از درجات بالاتر که دارای دقت بیشتری هستند، به سمت درجات پایین‌تر با دقت کمتر گسترش یافته و شبکه‌های با درجات پایین‌تر به شبکه‌های با درجات بالاتر از خود متصل می‌شوند. بنابراین، کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده ثقل به شبکه‌های درجه صفر و یا جهانی متصل بوده و می‌توان آنها را در پروژه‌های منطقه‌ای، ملی و جهانی مورد استفاده قرار داد.

٤-۲- استاندارد احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی

٤-۲-۱- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر (مطلق) به‌عنوان زیربنای تمامی شبکه‌های ثقل‌سنجی در کشور محسوب گردیده و بنابراین باید به نحوی انتخاب و احداث شوند که استحکام آن در دراز مدت تامین گردد و امکان تکرار اندازه‌گیری‌ها فراهم شود. با توجه به این‌که ایستگاه‌های این شبکه، تعریف‌کننده سطح مبنای ثقل‌سنجی در منطقه می‌باشند، باید از نظر تکتونیک، زمین‌شناسی و عوامل تخریب‌گر محیطی و انسانی دارای پایداری لازم بوده تا ضمن طول عمر بیشتر، خطاهای ناشی از لرزش‌های دستگاهی و محیطی را به حداقل برسانند. همچنین انتخاب این نقاط به دور از نویزهای انسانی، به‌ویژه صنعتی، موجب می‌گردد که خطای اندازه‌گیری به حداقل رسیده و دقت مشاهدات افزایش یابد.

داده‌های شتاب‌ثقل مطلق در ایران بر اساس استاندارد شبکه بین‌المللی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی مطلق ($IAGBN$[۱]) گروه‌کاری (۲) از کمیسیون بین‌المللی ثقل‌سنجی از انجمن بین‌المللی ژئودزی (IAG[۲]) گسترش یافته است. هدف $IAGBN$ گسترش داده‌های شتاب‌ثقل در سرتاسر دنیا از طریق گسترش شبکه‌های ثقل‌سنجی می‌باشد. ایستگاه‌های این شبکه‌های جهانی به دو نوع A و B تقسیم‌بندی شده‌اند. ایستگاه‌های نوع A (۳۶ ایستگاه در سطح جهان) در مناطقی با ساختار با ثبات پوسته قرار دارند و بنابراین، به منظور تعریف یک سیستم مرجع و همچنین بررسی تغییرات شتاب‌ثقل در ابعاد جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخلاف ایستگاه‌های نوع A، تعداد ایستگاه‌های نوع B محدود نبوده و در مناطق دارای فعالیت‌های پوسته‌ای قرار دارند. این ایستگاه‌ها علاوه بر ایجاد سیستم ثقل‌سنجی منطقه‌ای، تغییرات منطقه‌ای و محلی شتاب‌ثقل ناشی از تغییرات ژئودینامیکی را نیز نشان می‌دهند. با این تعریف، ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر ایران در دسته B طبقه‌بندی می‌شوند.

ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر به صورت سنگی، بتنی و یا سنگی با سرقالب بتنی احداث شده، سطح فوقانی آن کاملا تراز به ابعاد یک متر می‌باشد و اطراف این ایستگاه‌ها به ابعاد ۳ در ۵ متر محوطه‌سازی می‌شود.

٤-۲-۲- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

طراحی شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه یک به صورت منطقه‌ای و در داخل شبکه‌های درجه صفر انجام می‌گیرد، تا امکان اتصال مجموعه ایستگاه‌های این شبکه‌ها به شبکه درجه صفر میسر شود. فاصله‌های ایستگاه‌های ثقل‌سنجی درجه یک در طرح اولیه دفتری حدوداً ۵۵ کیلومتر (۳۰ دقیقه کمانی) می‌باشد. ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک از نوع سنگی، بتنی و یا سنگی با سرقالب بتنی بوده و سطح فوقانی آن کاملا تراز به ابعاد ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد.

٤-۲-۳- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲

omoorepeyman.ir

[۱] International Absolute Gravity Base Network –

[۲] International Association of Geodesy –

طراحی شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه دو به صورت منطقه‌ای و در داخل شبکه‌های درجه یک انجام می‌گیرد، تا امکان اتصال مجموعه ایستگاه‌های این شبکه‌ها به شبکه درجه یک میسر شود. فاصله‌های ایستگاه‌های ثقل‌سنجی درجه دو نصف فاصله‌های ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و برابر ۱۵ دقیقه کمانی می‌باشد. ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه دو مشابه ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک احداث می‌شوند.

۲-٤-٥- ایجاد شبکه نقاط نشانه ثقل‌سنجی درجه ۳ و موردی و اکتشافی

طراحی شبکه نقاط نشانه ثقل‌سنجی درجه سه و یا موردی و اکتشافی به صورت منطقه‌ای و محلی و در داخل شبکه‌های با درجات بالاتر انجام می‌گیرد، تا امکان گسترش داده‌های شتاب‌ثقل در منطقه برای اهداف مختلف با اتصال این مجموعه نقاط نشانه به شبکه‌های ثقل‌سنجی میسر شود. فاصله‌های نقاط نشانه ثقل‌سنجی درجه سه و یا موردی و اکتشافی بستگی به اهداف مدنظر از ۵ دقیقه کمانی (۹ کیلومتر) تا چندین ده متر متغیر می‌باشد. شبکه نقاط نشانه ثقل‌سنجی درجه سه و یا موردی و اکتشافی به صورت نقطه نشانه (*Marker*) و یا میخ چوبی ایجاد می‌شوند.

۲-٥- استاندارد تعیین موقعیت دقیق ایستگاه و نقاط نشانه شبکه‌های ثقل‌سنجی

استاندارد تعیین موقعیت دقیق مسطحاتی و ارتفاعی ایستگاه‌های شبکه‌های مختلف ثقل‌سنجی بر اساس جدول ۲-۲ می‌باشد:

جدول ۲-۲ استاندارد تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌ها و نقاط نشانه شبکه‌های ثقل‌سنجی

شبکه / پارامتر	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳ / موردی و اکتشافی
مسطحاتی	۱ تا ۲ سانتی‌متر	۳ تا ۴ سانتی‌متر	۵ تا ۶ سانتی‌متر
ارتفاع اُرتومتریک	۲ تا ۳ سانتی‌متر	۴ تا ۶ سانتی‌متر	متناسب با مدل ژئوئید محلی بهتر از یک دسی‌متر
ارتفاع ژئودتیک	۲ تا ۳ سانتی‌متر	۴ تا ۶ سانتی‌متر	۷ تا ۹ سانتی‌متر

٦-۲- استاندارد خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی

یکی از تصحیحات مهم در اندازه‌گیری‌های شتاب‌ثقل، تصحیح کالیبراسیون می‌باشد. برای تبدیل مقادیر شتاب‌ثقل یا اختلاف شتاب‌ثقل اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی به واحد میلی‌گال، لازم است اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی بررسی و کالیبره شوند. ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی باید به گونه‌ای انتخاب گردند، که امکان کالیبره‌کردن دستگاه‌های ثقل‌سنج با کیفیت خوب و به‌طور اصولی، فراهم شود. خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی به نحوی ایجاد می‌گردد که عمده تغییرات شتاب‌ثقل در سطح کشور را پوشش دهد. خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی ایران هم‌اکنون تغییرات شتاب‌ثقل تا ۱۴۳۰ میلی‌گال را مورد پوشش قرار می‌دهد. حداکثر تغییرات شتاب‌ثقل سطحی در کشور ایران به ۲۰۰۰ میلی‌گال می‌رسد. همچنین، تعداد و تراکم این ایستگاه‌ها باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که امکان اندازه‌گیری و محاسبه ضرایب کالیبراسیون (خطی و غیرخطی) به‌خوبی فراهم گردد.

omoorepeyman.ir

ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی از نوع ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر بوده و این ایستگاه‌ها نیز مانند ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر با دقت ۱ تا ۳ میکروگال اندازه‌گیری می‌شوند. استاندارد ایجاد خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی بر اساس جدول ۲-۳ می‌باشد.

جدول ۲-۳ مشخصات ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی

دقت شتاب‌ثقل ایستگاه‌ها	اختلاف شتاب‌ثقل بین ایستگاه‌های متوالی	اختلاف شتاب‌ثقل قابل پوشش
۱ - ۳ میکروگال	۱۰۰-۱۵۰ میلی‌گال	حداکثر تغییرات شتاب‌ثقل منطقه

omoorepeyman.ir

فصل سوم

دستورالعمل ثقل‌سنجی

omoorepeyman.ir

۳– دستورالعمل ثقل‌سنجی

۳-۱- دستورالعمل احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی

۳-۱-۱- شرایط عمومی در مکان‌یابی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی

دقت اندازه‌گیری‌های شتاب‌ثقل به شدت وابسته به انتخاب محل ایستگاه می‌باشد. این موضوع به ویژه در مواقعی که تحلیل و تفسیر تغییرات زمانی مقدار شتاب‌ثقل مدنظر باشد، دارای اهمیت است. شرایط عمومی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی عبارتند از:

۳-۱-۱-۱- مکان ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید به نحوی انتخاب شوند که توزیع آنها در سطح کشور و یا منطقه یکنواخت بوده و امکان توسعه و اتصال به شبکه‌های با درجات بالاتر فراهم گردد.

۳-۱-۱-۲- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید محفوظ باشد. در صورتی‌که محل ایستگاه در فضای بیرون انتخاب شده باشد، باید امکان نصب چادر یا اتاقک بر روی آنها در حین اندازه‌گیری فراهم باشد.

۳-۱-۱-۳- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید در محیطی آرام، دور از مسیر تردد مردم و حداقل چندین کیلومتر از دریای آزاد و چندصد متر از رودخانه و کانال آب فاصله داشته باشد. همچنین، این ایستگاه باید دور از کارخانجات صنعتی با نویز زیاد، راه‌آهن و فرودگاه‌ها انتخاب شود.

۳-۱-۱-۴- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید به دور از مناطق حفاری، تونل‌ها، معادن و محل استخراج منابع زیرزمینی آب، نفت، گاز و موارد مشابه انتخاب شود.

۳-۱-۱-۵- محل ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در نزدیکی چشمه آب، قنات و دریاچه (حداقل ۴۰۰ متر) انتخاب شود.

۳-۱-۱-۶- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در نزدیکی ریشه درختان انتخاب شود.

۳-۱-۱-۷- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید به دور از خطوط فشار قوی انتقال نیرو و ایستگاه‌های رادیویی (حداقل ۴۰۰ متر) انتخاب شود.

۳-۱-۱-۸- محل ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در زمین‌های سست، نظیر باتلاق، نیزار، شن‌زار یا یخچال انتخاب شود. همچنین، محل این ایستگاه‌ها نباید در شیب‌های تند یا نزدیک شیب‌های تند توپوگرافی و بریدگی‌های زمینی باشد.

۳-۱-۱-۹- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در مسیر سیل، داخل مسیل یا در محل‌های گود و آب‌گیر انتخاب شود.

۳-۱-۱-۱۰- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در ملک شخصی، زمین کشاورزی یا در محل توسعه راه، روستا و شهر انتخاب شود. در این خصوص باید تحقیقات لازم از طریق سازمان‌های مربوطه انجام شود.

۳-۱-۱-۱۱- با توجه به اندازه‌گیری‌های شتاب‌ثقل و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای بر روی این ایستگاه‌ها در زمان‌های مختلف شب و روز، توصیه می‌شود ایستگاه‌های ثقل‌سنجی در محلی انتخاب گردد که از امنیت لازم برخوردار باشد. در صورت لزوم از فرمانداری‌ها، بخشداری‌ها و دهداری‌ها برای اطلاع از وضعیت امنیت منطقه استعلام گردد.

۳-۱-۱-۱۲- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در مناطق نظامی، مسکونی و موارد مشابه با دسترسی محدود انتخاب شود.

۳-۱-۱-۱۳- محل ایستگاه‌های ثقل‌سنجی نباید در زمین‌های آبرفتی که در معرض فرسایش شدید خاک قرار دارند، انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

۱۴-۱-۱-۳- محل ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید به نحوی انتخاب شود که امکان انجام مشاهده ۲۴ ساعته بدون مزاحمت و در محیطی آرام فراهم گردد.

۱۵-۱-۱-۳- ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید به نحوی انتخاب و ایجاد شود که قابلیت ماندگاری و دسترسی در سالیان متمادی را داشته باشد.

۱۶-۱-۱-۳- ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون باید قابلیت دسترسی با اتومبیل جهت حمل مصالح به منظور احداث آنها را داشته باشد.

۱۷-۱-۱-۳- تشعشعات مغناطیسی در نزدیکی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی وجود نداشته باشد.

۱۸-۱-۱-۳- محل ایستگاه‌های ثقل‌سنجی باید به نحوی انتخاب شود که امکان انجام عملیات ترازیابی دقیق از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ترازیابی دقیق درجه یک و یا دو کشور فراهم بوده همچنین دید آسمانی خوبی به منظور انجام مشاهدات تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای و نجومی وجود داشته باشد.

۲-۱-۳- تجهیزات، مصالح و لوازم مورد استفاده در مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌ها

۱-۲-۱-۳- تجهیزات مورد نیاز برای مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌ها عبارتند از: اتومبیل کمک‌دار، موتور برق با توان ۴۰۰۰ وات به بالا، پریز مخصوص برق موتور برق، چکش و پتک با وزن حداقل ۲ کیلوگرم، تراز بلند بنایی، تراز نبشی، متر ۱۰ متری، ویبراتور، دریل بزرگ، مته مخصوص سنگ و بتن، فرز بزرگ با توان حداقل ۳۰۰۰ دور در دقیقه، فرز کوچک، دستگاه ساب، دمنده، صفه سنگ بابت برش سنگ، کابل برق بلند، سیم سیار برق، آچار، قطب نما، گیرنده GPS/GNSS دستی، شابلون مربع آلومینیومی با ضلع ۴۰ سانتی‌متر که مرکز آن مشخص باشد، چسب سنگ همراه با نگهدارنده، کاردک، رنگ سفید و نارنجی، قلمو شماره ۴ و ۶، رنگ اسپری، تینر روغنی و میله‌های استیل مورد استفاده در ایستگاه‌ها.

۲-۲-۱-۳- مصالح سنگی مورد استفاده در احداث ایستگاه‌ها عبارتند از: ماسه (قطر 0.15^{mm} تا 4.75^{mm})، شن (قطر 4.75^{mm} تا 20^{mm}) و خرده سنگ (قطر تا ۵ سانتی‌متر).

۳-۲-۱-۳- مصالح بتنی مورد استفاده باید از نظر شیمیایی خنثی بوده، سطح آن زبر، دارای خلل و فرج، تمیز و عاری از هرگونه مواد دیگر مانند گچ، خاک باشد.

۴-۲-۱-۳- از خرده سنگ‌ها نباید در بخش بالایی بتن و نزدیک آرماتورها استفاده نمود.

۵-۲-۱-۳- آب مورد استفاده برای ساخت بتن باید تمیز و صاف بوده و فاقد هرگونه مواد اضافی مانند روغن، اسیدها، بازها، املاح، مواد قندی، مواد آلی و کلر باشد. آب آشامیدنی بهترین نوع آب برای ساخت بتن است. از مصرف آب دریا به منظور ساخت بتن خودداری شود.

۶-۲-۱-۳- استفاده از مواد افزودنی به صورت گرد یا مایع و به منظور اصلاح بتن با توجه به شرایط خاص و مطابق با دستورالعمل آن مانعی ندارد به‌شرط آن‌که تاثیر منفی بر روی بتن نداشته باشد. این مواد بیشتر از نوع حباب ساز و ضد یخ (به منظور جلوگیری از یخ زدن بتن) می‌باشند. به هنگام بتن‌ریزی در هوای سرد باید ضوابط بتن‌ریزی در هوای سرد نیز رعایت شود.

۷-۲-۱-۳- در مناطق شوره‌زار و سولفاته، از سیمان پرتلند نوع ۲ و در بقیه موارد از نوع ۱ استفاده شود. رنگ سیمان باید سبز تیره مایل به خاکستری بوده و باید کاملا نرم و یک‌دست (بدون زبری و ناهمواری) باشد.

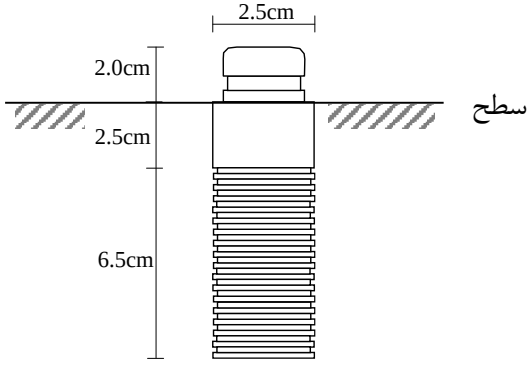
omoorepeyman.ir

۸-۲-۱-۳- مصالح فلزی شامل ناودانی، نبشی، آرماتور و میله‌های استیل می‌باشد.

۹-۲-۱-۳- به منظور محوطه‌سازی از پروفیل‌های ناودانی به ابعاد ۶۰ یا ۸۰ میلی‌متر می‌توان استفاده نمود.

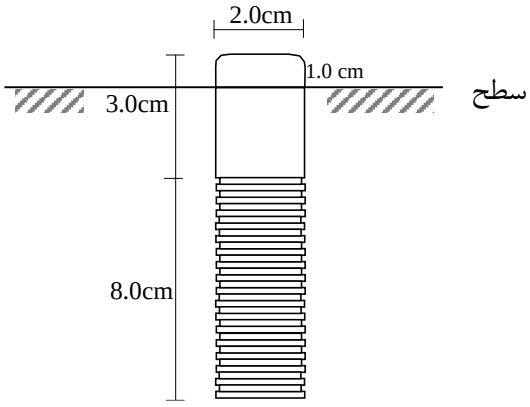
۱۰-۲-۱-۳- میله‌های مورد استفاده در احداث ایستگاه‌ها برحسب کاربرد، مختلف بوده و به شرح ذیل می‌باشند:

۱-۱۰-۲-۱-۳- میله استیل ایستگاه اصلی از جنس استیل ۳۱۶ به قطر ۲۵ میلی‌متر و ارتفاع ۱۱۰ میلی‌متر، که بخش تحتانی آن در داخل و بخش فوقانی آن بیرون از سنگ یا بتن قرار می‌گیرد. بخش فوقانی میله اصلی به شکلی است که امکان نصب آداپتور برای نصب مستقیم آنتن *GPS/GNSS* (بدون استفاده از سه‌پایه) را فراهم می‌آورد.



شکل ۳-۱ میله استیل ایستگاه اصلی

۲-۱۰-۲-۱-۳- میله استیل نقطه مبنای میانی[1] از جنس استیل ۳۱۶ به قطر ۲۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۱۰ میلی‌متر به منظور نصب در داخل سنگ و یا بتن در ساخت ایستگاه‌های میانی ترازیابی

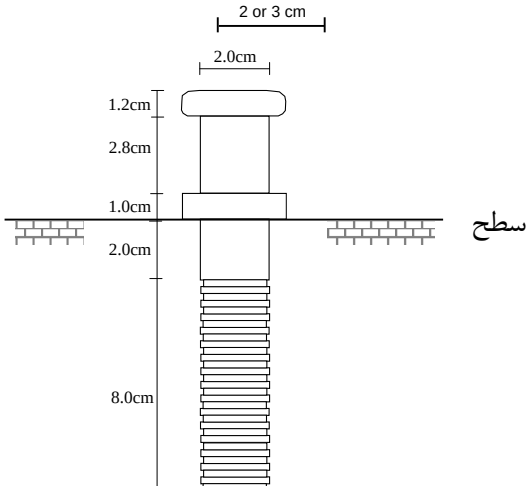


شکل ۳-۲ میله استیل ایستگاه میانی

[1] – ایستگاه میانی به منظور انتقال ارتفاع از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ترازیابی دقیق درجه یک یا دو به ایستگاه اصلی احداث می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۳-۱۰-۲-۱-۳- میله استیل دیسکی ایستگاه میانی از جنس استیل ۳۱۶ به قطر ۲۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۴۰ میلی‌متر می‌باشد که قطر آن در بخش انتهایی به ۳۰ یا۴۰ میلی‌متر می‌رسد. این میله به‌صورت افقی در دیوار و سنگ‌های قائم نصب شده و بالاترین نقطه بخش کروی انتهایی (دیسک) به‌عنوان ایستگاه‌های میانی ترازیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۳ میله استیل دیسکی ایستگاه میانی

۳-۱-۲-۱۱- میل‌گردهای مورد استفاده در آرماتور و مفتول‌های مورد استفاده در آرماتوربندی باید مطابق استانداردهای معتبر تولید شده و دارای برگ شناسایی کارخانه سازنده باشد.

۳-۱-۲-۱۲- میل‌گردهای مورد استفاده در آرماتور از دو نوع آجدار و ساده با قطر مختلف (از ۵ تا ۲۰ میلی‌متر) بوده و قطر مفتول‌ها از ۴ تا ۱۲ میلی‌متر تغییر می‌کند.

۳-۱-۲-۱۳- آرماتورها باید قبل از بتن‌ریزی مطابق نقشه‌های اجرایی در جای خود قرار گرفته و محکم شود.

۳-۱-۲-۱۴- فاصله آزاد بین هر دو میل‌گرد موازی واقع نباید از ۲۵ میلی‌متر کمتر و از ۳۵ میلی‌متر بیشتر شود.

۳-۱-۲-۱۵- مسایل فنی مربوط به آرماتورها تابع آیین‌نامه بتن ایران (آبا) خواهد بود و در صورت ابهام به سایر آیین نامه‌های معتبر استناد گردد.

۳-۱-۲-۱۶- در ساخت بتن، مقدار آب مصرفی نقش اساسی را در مقاومت بتن ایفاء می‌نماید. اگر مقدار آب مخلوط کم باشد، کار با مخلوط تازه مشکل می‌گردد و اگر مقدار آب زیاد باشد، آب و اجزاء ترکیبی از یکدیگر جدا می‌شود و مقاومت لازم ایجاد نمی‌گردد. به‌طور معمول نسبت آب به سیمان حدود (۴۰٪ تا ۴۵٪) می‌باشد. باید توجه داشت که مقدار آب مصرفی با توجه به شرایط آب و هوایی و میزان رطوبت ماسه و شن و به‌کارگیری مواد افزودنی، متغیر می‌باشد.

۳-۱-۲-۱۷- نسبت سیمان به مصالح سنگی (ماسه، شن، خرده سنگ) در بتن عامل ایجاد مقاومت لازم می‌باشد. در صورتی‌که مقدار سیمان زیاد باشد بتن حاصله جمع می‌شود یعنی حجم آن در اثر خشک شدن کم می‌شود و باعث ترک خوردگی می‌گردد. از سوی دیگر اگر سیمان کم مصرف شود باعث خواهد شدکه ایستگاه مقاومت لازم را به‌دست نیاورد. بنابراین لازم است که اجزاء بتن را با نسبت‌های کاملاً مشخص با هم مخلوط نمائیم.

omoorepeyman.ir

بهتـرین نسبت برای ساختن ریپرهای مورد نظر طبق تجربه، نسبت‌های حجمی ۴ واحد شن، ۲ واحد ماسه و ۱ واحد سیمان یا ۳ واحد شن، ۱/۵ واحد ماسه و ۱ واحد سیمان پیشنهاد می‌گردد.

۳-۱-۳- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون

۱-۳-۱-۳- شرایط عمومی

شرایط عمومی احداث ایستگاه‌های شبکه شقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون عبارتند از:

۱-۱-۳-۱-۳- ایستگاه‌ها باید در محیطی آرام و کم تردد قرار داشته و فاصله آن با خیابان‌های پرتردد حداقل ۱۰۰ متر باشد.

۲-۱-۳-۱-۳- ایستگاه‌ها باید قابل دسترس و بر روی سطح زمین ایجاد شده و در صورتی که ایستگاه در داخل ساختمان احداث شده باشد، پایداری ساختمان باید درنظر گرفته شود (مانند ساختمان‌های عمومی نظیر دانشگاه‌ها، سازمان‌های دولتی، مساجد و ...) و ایستگاه در کف پایین‌ترین طبقه (زیرزمین) ایجاد شود. قدمت ساختمان باید حداقل ۱۰ سال باشد.

۳-۱-۳-۱-۳- در صورت احداث ایستگاه در داخل ساختمان، فشار هوا باید نسبتاً ثابت بوده و دمای هوا در زمان اندازه‌گیری نیز باید در محدوده ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد حفظ گردد. (تغییرات زیر ۲ درجه).

۴-۱-۳-۱-۳- سطح ایستگاه باید افقی و محکم بوده و محوطه‌ای مسطح به مساحت حداقل ۱۰ مترمربع در اطراف آن ایجاد شود.

۵-۱-۳-۱-۳- ارتفاع اتاق (اتاقک) باید حداقل ۲/۲ متر بوده و سطح آن باید حداقل ۱۰ مترمربع باشد.

۶-۱-۳-۱-۳- ایستگاه باید دارای نور کافی و برق ۲۲۰ ولت (یا امکان تامین آن) باشد.

۷-۱-۳-۱-۳- در صورتی‌که ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر (مطلق) به منظور تنظیم و کالیبره کردن دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی ایجاد می‌گردند (شبکه خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی)، محل ایستگاه باید با توجه به میزان شتاب‌ثقل مورد نیاز شبکه کالیبراسیون انتخاب گردد. مقدار تقریبی شتاب‌ثقل این ایستگاه با استفاده از اطلاعات شتاب‌ثقل موجود در منطقه، مدل‌های ماهواره‌ای و مدل‌های ارتفاعی مورد محاسبه قرار می‌گیرد. مقدار شتاب‌ثقل این ایستگاه در مرحله بعد و پیش از احداث آنها با استفاده از یک دستگاه ثقل‌سنج نسبی و اتصال به ایستگاه‌های مجاور، بررسی گردیده و از صحت نتیجه محاسبات اطمینان حاصل شود.

۸-۱-۳-۱-۳- درصورتی‌که ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر (ایستگاه ثقل‌سنجی مطلق) به منظور کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل سنج نسبی ایجاد می‌گردند (شبکه خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی) باید دسترسی آسان توسط اتومبیل و همچنین زمان مناسب برای انتقال دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی بین ایستگاه‌های متوالی (رفت و برگشت) در نظر گرفته شود.

۹-۱-۳-۱-۳- در صورت موجود بودن ایستگاه‌های ژئودینامیک (دائم یا نیمه دائم) در منطقه، پیشنهاد می‌شود ایستگاه‌های ثقل‌سنجی مطلق در مجاورت این ایستگاهها ایجاد شود.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۱-۳- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های سنگی

علاوه بر شرایط عمومی مندرج در بند قبل، ایستگاه‌های سنگی باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

۱-۲-۳-۱-۳- سنگ انتخاب شده باید جزو سنگ‌های ریشه‌دار در منطقه باشد که به‌خوبی در زمین دفن شده و بخشی از آن بالای سطح زمین قرار داشته باشد در غیر این صورت ابعاد سنگ انتخابی در سطح زمین نباید کمتر از ۳ متر در ۳ متر انتخاب گردد.

۲-۲-۳-۱-۳- سنگ‌های به رنگ سفید، زردکمرنگ و صورتی عمدتاً از نوع سنگ‌های ریشه‌دار هستند و سنگ‌هایی که در صخره‌های سیاه رنگ وجود دارد معمولا متخلخل، سست و فاقد ریشه هستند و با نام سنگهای آتشفشانی شناخته می‌شوند.

۳-۲-۳-۱-۳- سنگ انتخاب شده باید به نحوی باشد که امکان ساب، تراش و ترازکردن سطح آن در ابعاد یک متر در یک متر فراهم گردد.

۴-۲-۳-۱-۳- محدوده ایستگاه دارای ترک‌های عمیق و شکستگی نباشد.

۵-۲-۳-۱-۳- سنگ انتخابی باید پیوسته (یک‌تکه) بوده و هنگام ضربه زدن با چکش صدای پوکی و بم ندهد. در صورتی که با پتک به سنگهای ریشه‌دار ضربه زده شود، سنگ پتک را به سمت خارج پرت می‌نماید، اما سنگ‌های سست پتک را به سمت خود جذب می‌کنند.

۶-۲-۳-۱-۳- سنگ انتخابی باید از نوعی باشد که دچار هوازدگی نشود.

۷-۲-۳-۱-۳- ایستگاه باید در محلی انتخاب شود که امکان محوطه‌سازی به ابعاد ۳ در ۵ متر در اطراف آن وجود داشته باشد.

۳-۳-۱-۳- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی

در برخی از مناطق امکان احداث ایستگاه‌های سنگی وجود دارد ولی امکان ساب و ترازکردن سطح سنگ موردنظر به دلیل شکل آن و هوازدگی سنگ میسر نمی باشد، در این حالت با برداشتن سطح هوازده سنگ می‌توان به سنگ بکر و محکم رسید. در این‌گونه موارد از سرقالب بتنی که بر روی سنگ ایجاد می‌شود با درنظر گرفتن شرایط زیر به عنوان ایستگاه می‌توان استفاده نمود.

۱-۳-۳-۱-۳- سنگ مورد نظر به صورت یک‌پارچه بوده (لاشه لاشه نباشد) و شکستگی عمیق نداشته باشد.

۲-۳-۳-۱-۳- سنگ موردنظر در بالاترین نقطه انتخاب گردد به‌طوری‌که امکان محوطه‌سازی وجود داشته باشد.

٤-۳-۱-۳- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های بتنی

در مناطقی که احداث ایستگاه‌های سنگی امکان پذیر نیست (به دلیل فقدان سنگ ریشه‌دار مناسب)، به ناچار باید ایستگاه را از نوع بتنی احداث نمود. به‌این منظور شرایط زیر باید رعایت شوند:

۱-۴-۳-۱-۳- خاک محل ایستگاه مدنظر از جنس نمکی، اسیدی و قلیایی نباشد.

۲-۴-۳-۱-۳- ایستگاه نباید در کنار ساحل و یا در زمین‌های حاوی ماسه بادی احداث شود.

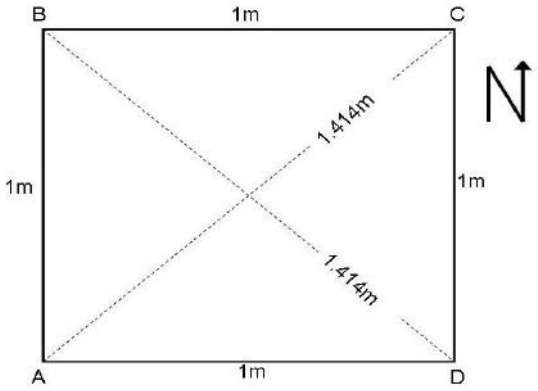
omoorepeyman.ir

۳-۴-۳-۱-۳- بهتر است محل ایستگاه در بلندی بوده و در مکانی انتخاب شود که پس از حفاری بتوان زودتر به زمین سفت رسید.

۴-۴-۳-۱-۳- محل ایستگاه در جایی که سطح آب‌های زیرزمینی بالا (نزدیک سطح زمین) است، انتخاب نشود.

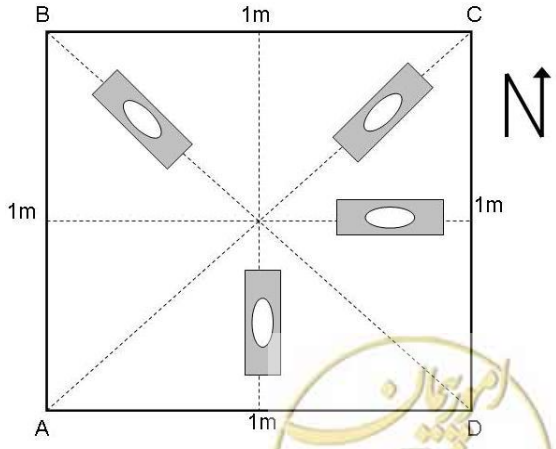
۵-۳-۱-۳- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی

۱-۵-۳-۱-۳- ابتدا در جهت شمال بر روی سنگ مورد نظر یک خط یک متری (طول AB در شکل۳-۴) کشیده و از دو نقطه انتهای آن به کمک دو ریسمان ۱/۰ و ۱/۴۱۴ متری، دو نقطه دیگر (C و D) پیاده می‌شوند.



شکل ۳-۴ محل ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

۲-۵-۳-۱-۳- سپس با استفاده از دستگاه برش سنگ (فرز) هر چهار امتداد رسم شده تا عمق مناسب برش داده می‌شوند. در ادامه، محدوده داخل مربع مورد نظر با استفاده از مته برقی مخصوص (قلم) و فرز تراشیده می‌شود. این عمل تا رسیدن به یک سطح افقی یک متر در یک متر ادامه می‌یابد. افقی (تراز) بودن سطح ایستگاه با استفاده از شمشه و تراز بنایی در طول عملیات و در چهار جهت مختلف کنترل می‌گردد (شکل۳-۵).



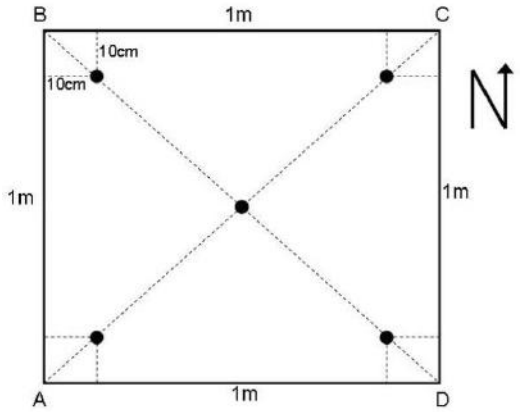
شکل ۳-۵ تراز کردن سطح ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

omoorepeyman.ir

۳-۵-۳-۱-۳- بعد از تراز نمودن سطح ایستگاه، خراشیدگی‌ها و حفره‌های کوچک موجود در روی سنگ با استفاده از چسب سنگ پر شده و پس از خشک شدن، سطح آن با استفاده از دستگاه ساب سابیده شده و سپس با استفاده از دستگاه پولیش سنگ کاملاً صاف می‌شود.

- ✓ **توجه:** رعایت مسایل ایمنی در حین عملیات احداث ایستگاه با توجه به آیین نامه‌های ایمنی وزارت کار و امور اجتماعی ضروری است.

۴-۵-۳-۱-۳- در مرکز و چهار کنج ایستگاه (به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از لبه‌ها) چهار میله میانی به صورت قائم تعبیه می‌شوند. به‌این منظور باید این ایستگاه‌ها را توسط دستگاه مته (قطر ۲۰ میلی‌متر) به‌صورت قائم سوراخ نموده و پس از پرکردن آن با چسب سنگ نسبت به فروکردن میله‌های میانی اقدام نمود. قائم بودن مته در حین حفاری باید توسط تراز نبشی کنترل شود. محل قرارگیری میله‌های میانی در شکل۳-۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۶ محل قرارگیری میله‌های میانی در ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

۵-۵-۳-۱-۳- در ادامه عملیات، باید مشخصات ایستگاه شامل نام آن و تاریخ احداث نقطه به همراه عبارت *NCC* بر روی سطح ایستگاه توسط دستگاه برش (فرز) حکاکی شود (شکل۳-۷).

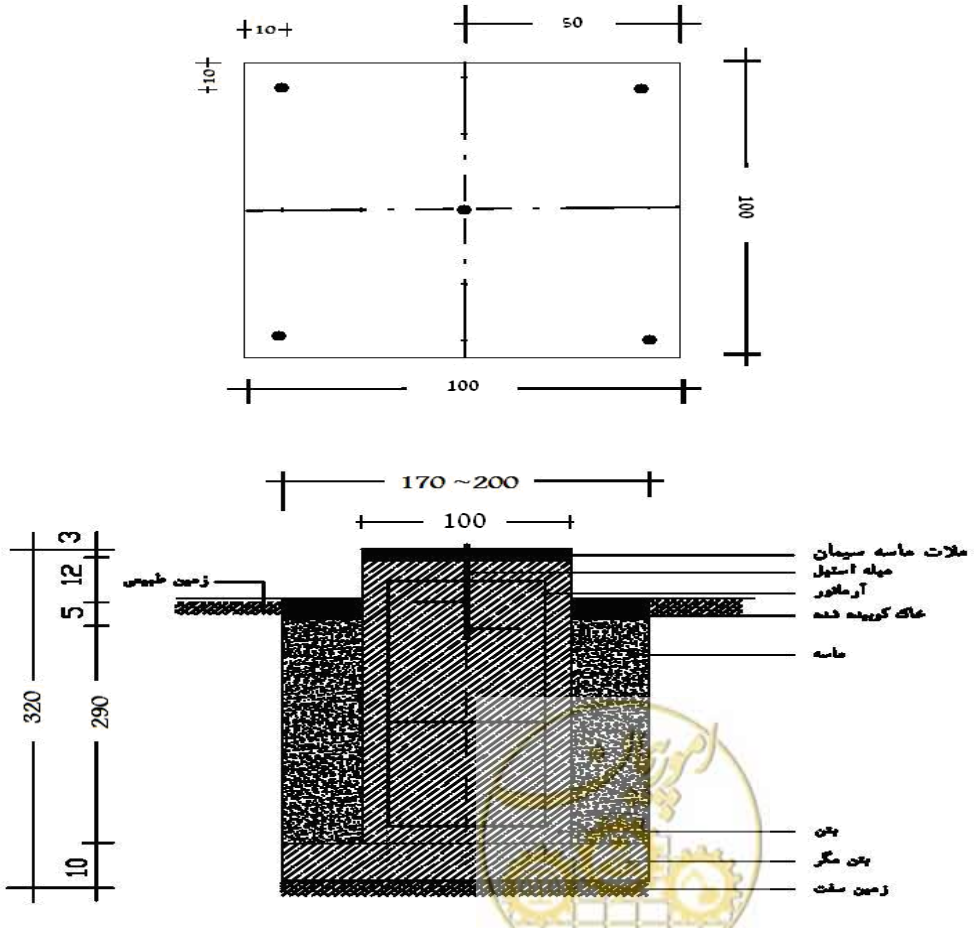
شکل ۳-۷ حک کردن مشخصات بر روی ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

omoorepeyman.ir

۳-۱-۳-۵-۶- عبارات معرفی ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون در چهار سطر و به سمت شمال مغناطیسی و به فاصله حداقل ۳ سانتی‌متر از لبه‌های رُپر به صورت شکل۳-۷ حک می‌شود که در آن سطر اوّل نام مؤسسه مجری (به‌عنوان مثال *NCC*) و در سطر دوّم نام و شماره ایستگاه و در سطر سوّم حروف مشخص کننده ایستگاه (به‌عنوان مثال *KASHAN*) و در سطر چهارم پایین زیر میله، تاریخ احداث (به‌عنوان مثال *1388/06*) حک شود. در صورت بازسازی شدن ایستگاه مربوطه، کد عددی *1* باید قبل از نام حروفی ایستگاه (مانند *1 NGCLI-16*) بر روی ایستگاه حک شود (عدد اشاره شده نشانده دهنده تعداد دفعات بازسازی است). نام ایستگاه در شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر با عبارت *G0* و برای ایستگاه‌های خط کالیبراسیون با عبارت *NGCLI* آغاز می‌شود

۳-۱-۳-٦- نحوه احداث ایستگاه‌های بتنی

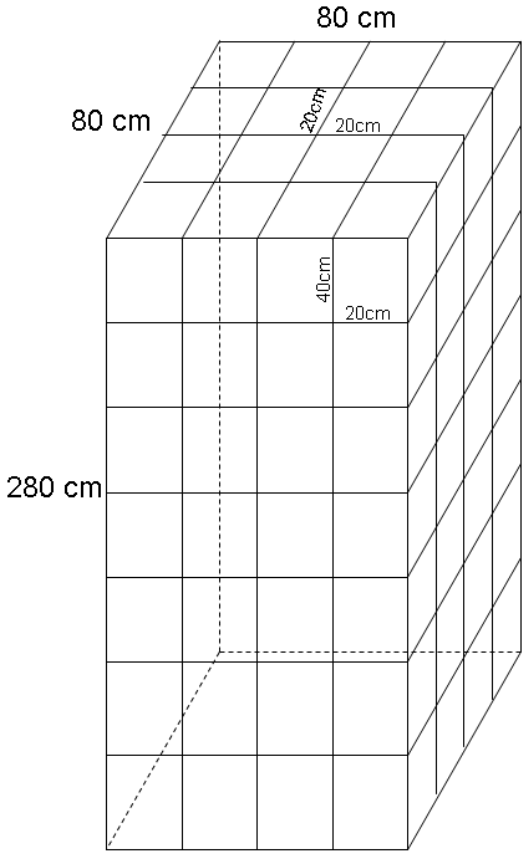
۳-۱-۳-۶-۱ چاله‌ای مکعبی (به مقطع مربع و به ابعاد ۱۷۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر و عمق ۳۰۰ سانتی‌متر) حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، حفاری تا زمان دستیابی به زمین سفت و محکم ادامه می‌یابد. چاله می‌تواند ساده و یا دارای انباری باشد (بسته به شرایط برای بتن‌ریزی پاشنه‌دار و پا فیلی باشد). در صورتی‌که سطح آب‌های زیرزمینی بالا باشد، باید در کف چاله و به فاصله‌های چند متر از چاله انبارهایی برای هدایت آب ایجاد شود.



شکل ۳-۸ مقطع ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر (بر حسب سانتی‌متر)

omoorepeyman.ir

۳-۱-۳-۶-۲ کف چاله را به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر با بتن مگر (بتن با نسبت سیمان به ماسه تقریباً یک به چهار که کم آب نباشد. عیار سیمان آن ۱۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است) پر نموده و سپس آرماتوربندی به‌صورت شبکه ۱۵ سانتی‌متری در هر ۶ وجه مکعب (شکل۳-۹) انجام می‌شود. قطر آرماتورهای مورد استفاده ۱۲ تا ۱۴ میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۳-۹ آرماتوربندی ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر از نوع بتنی

۳-۱-۳-۶-۳ به بتن مگر حداقل یک روز فرصت داده شود تا خشک شود، سپس قالب رپر مکعبی شکل با مقطع مربع به ضلع ۱۰۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر را در چاله قرار داده و به تدریج ملات بتن را در آن ریخته و آن را کوبیده و ویبره نموده تا پر شود. درصورتی‌که از قالب استفاده نمی‌شود می‌توان از بلوک‌های سیمانی به منظور ایجاد قالب استفاده نمود. سطح داخلی بلوک‌ها باید توسط نایلکس پوشانده شود.

۳-۱-۳-۶-۴ استفاده از ویبراتور در هنگام بتن ریزی الزامی است.

۳-۱-۳-۶-۵ به منظور آرماتوربندی از مفتول فلزی نمره ۷۵ استفاده شود.

۳-۱-۳-۶-۶ همزنی مخلوط بتون با استفاده از دستگاه $Mxer$ انجام شود.

۳-۱-۳-۶-۷ در انتهای بتن‌ریزی یک میله استیل میانی در وسط و چهار میله در گوشه‌های بتن به‌شکل عمودی قرار داده شود که سر میله‌ها باید ۱۰ میلی‌متر از سطح فوقانی بتن بالاتر قرار گیرند. به‌منظور استحکام بیشتر دو میله آهنی، تقریباً به‌طول ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر، اولی به فاصله ۳ سانتی‌متر و دومی به فاصله

omoorepeyman.ir

حدود ۱۰ سانتی‌متر از انتهای میله، در دو جهت عمود بر هم به میله وسط جوش داده شود. این میله‌ها در داخل بتن قرار گرفته و استحکام میله اصلی را افزایش می‌دهند.

۳-۱-۳-۶-۸ میله وسط بتن که به‌عنوان نقطه مدنظر برای عملیات ترازیابی و ثقل‌سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای مشخصات بر اساس بند ۳-۱-۲-۱۰-۱ باشد.

۳-۱-۳-۶-۹ می‌توان به منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود ۳ سانتی‌متر از سطح بالای قالب رپر را با ملات سیمان و ماسه نرم پر کرد. این کار باید به نحوی صورت گیرد که با بتن اصلی به‌صورت یک‌پارچه درآید.

۳-۱-۳-۶-۱۰ قالب رپر پس از خشک شدن نسبی آن (حد اقل یک روز بعد و بسته به زمان گیرش) برداشته می‌شود. در صورت استفاده از بلوک‌های سیمانی، برداشتن بلوک‌ها الزامی نیست.

۳-۱-۳-۶-۱۱ پس از برداشتن قالب، سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آن را با ماسه نرم پر کرده یا با قراردادن یونولیت در اطراف آن حدود۲۰ سانتی‌متر آخر آن را تا سطح نهایی کار ادامه داده و کف سازی لازم صورت گیرد. سطح نهایی ایستگاه در حدود ۳ سانتی‌متر از کف‌سازی نهایی بالاتر باشد. ماسه نرم یا یونولیت قرار داده شده در اطراف ایستگاه برای حذف اثر نیروهای جانبی به بتن می‌باشد. جزئیات مقطع، شبکه آرماتور و میله استیل ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر در شکل‌های ۵-۸ و ۵-۹ آورده شده است.

۳-۱-۳-۶-۱۲ قبل از جاگذاری میل‌گردها باید اطمینان حاصل شود که رویه آنها از هر نوع عامل و اثر زیان‌بار از قبیل گل، روغن، قیر، دوغاب سیمان خشک شده، زنگ پوسته شده و برف و یخ عاری باشد.

۳-۱-۳-۶-۱۳ حداقل پوشش بتن (یعنی فاصله بین خاموت‌ها و سطح خارجی رپر) ۵ سانتی‌متر درنظر گرفته شود.

۳-۱-۳-۶-۱۴ باید کنترل‌های لازم برای ساختن بتن اعمال شود. یکی از موارد مهم، ایجاد شرایط مناسب برای شروع و تکامل فعل و انفعالات شیمیایی بین آب و سیمان می‌باشد که تا چند روز ادامه دارد. اگر هوا سرد باشد آب موجود درون بتن دچار یخ‌زدگی می‌گردد و اگر هوا گرم باشد آب موجود در بتن تبخیر می‌گردد، لذا برای تهیه بتن مناسب، شرایط محیط طوری انتخاب شود که بتن در فصل‌های مناسب در مناطق مختلف ساخته شود یا اگر الزاماً در شرایطی ساخته می‌شود که مناسب به‌نظر نمی‌رسد شرایط مصنوعی به‌وجود آید، مثلاً در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس پوشانده شود و به‌طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن به‌تدریج بخار شود و اگر در هوای سرد بتن ساخته می‌شود باید طوری اطراف آن را پوشاند که از یخ‌زدگی جلوگیری به‌عمل آید.

۳-۱-۳-۶-۱۵ مطابق آیین‌نامه بتن ایران، درجه حرارت مناسب برای ساختن بتن بین $5\ ^{\circ}C$ تا $30\ ^{\circ}C$ می‌باشد و در هنگام بتن ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از $5\ ^{\circ}C$ و بیشتر از $30\ ^{\circ}C$ سانتی‌گراد داشته باشد.

۳-۱-۳-۶-۱۶ حداقل زمان مراقبت و عمل آوردن بتن در دمای محیط $5\ ^{\circ}C$ تا $10\ ^{\circ}C$، ۴ روز و در دمای بالاتر از $30\ ^{\circ}C$، ۳ روز است.

۳-۱-۳-۶-۱۷ در صورت تغییر شکل یافتن قالب‌ها، باید نسبت به تعویض آنها اقدام نمود.

۳-۱-۳-۶-۱۸ ارتفاع سطح فوقانی رپر از سطح زمین حداقل ۵ و حداکثر ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

۳-۱-۳-۶-۱۹ در هنگام کف‌سازی محوطه باید به منظور جلوگیری از اتصال کف محوطه به بتن اصلی ایستگاه از موادی نظیر یونولیت استفاده شود.

۳-۱-۳-۶-۲۰ در صورت سست بودن کف محوطه، مسلح کردن کف بعد از اقدام‌های مقتضی صورت گیرد.

۳-۱-۳-۷- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی

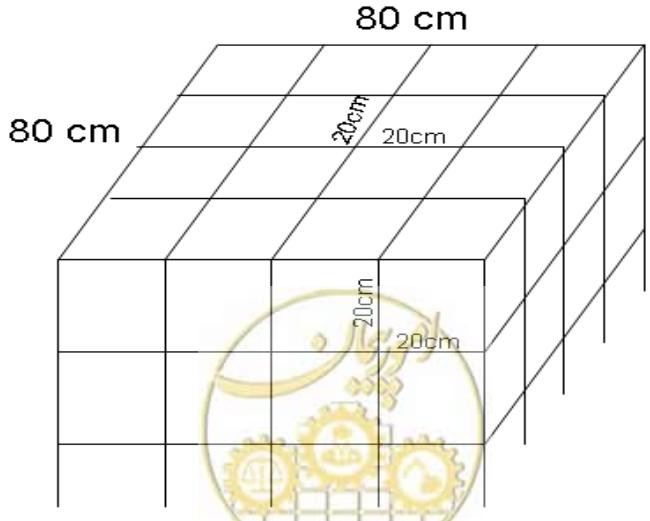
۳-۱-۳-۷-۱- این نوع از ایستگاه‌ها در مواقعی استفاده می‌شود که سنگ بستر موجود بوده ولی به علت ناهمواری شدید سنگ، امکان صاف نمودن آن به ابعاد یک متر در یک متر وجود ندارد. به‌این منظور در ابتدای کار تمام بخش‌های سست و متلاشی سنگ را برداشته و حفاری آن‌قدر ادامه داده می‌شود تا بخش سفت و بکر سنگ که هوازده نشده است، نمایان گردد. این عمل در وسعت ۱/۲۰ متر در ۱/۲۰ متر صورت می‌پذیرد.

۳-۱-۳-۷-۲- سطح حاصله سپس در ابعاد ۸۰ در ۸۰ سانتی‌متر و به فواصل ۲۰ سانتی‌متری توسط مته به عمق حداقل ۵ سانتی‌متر سوراخ شده و داخل آن، میل‌گرد با چسب سنگ قرار داده می‌شود. با این عمل آرماتورها و در نتیجه بتن، به سنگ دوخته می‌شود.

۳-۱-۳-۷-۳- قالب رپر مکعبی شکل با مقطع مربع به ضلع ۱۰۰ سانتی‌متر و ارتفاع مناسب (به‌طوری‌که سطح فوقانی بتن از سطح طبیعی زمین ۱۰ سانتی‌متر بالاتر قرار گیرد) در محل آرماتوربندی شده قرار داده شده و به‌تدریج ملات بتن در آن ریخته می‌شود. استفاده از ویبراتور و کوبیدن ملات با وسیله مناسب الزامی است تا تمام فضای قالب توسط ملات پر شده و هوای داخل بتن تخلیه گردد.

۳-۱-۳-۷-۴- به منظور قراردادن میله استیل میانی به بندهای ۳-۱-۴-۵-۷ تا ۳-۱-۴-۵-۱۰ رجوع شود.

۳-۱-۳-۷-۵- پس از برداشتن قالب، سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آن با ماسه نرم پر گردد. سطح نهایی ایستگاه باید در حدود ۱۰ سانتی‌متر از سطح اطراف آن بالاتر باشد. جزئیات مقطع، شبکه آرماتور و میل استیل ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر مانند ایستگاه‌های بتنی شبکه مربوطه می‌باشد با این تفاوت که انتهای آرماتورها باید در داخل سنگ فرو رفته و اصطلاحاً بتن به سنگ دوخته شود.



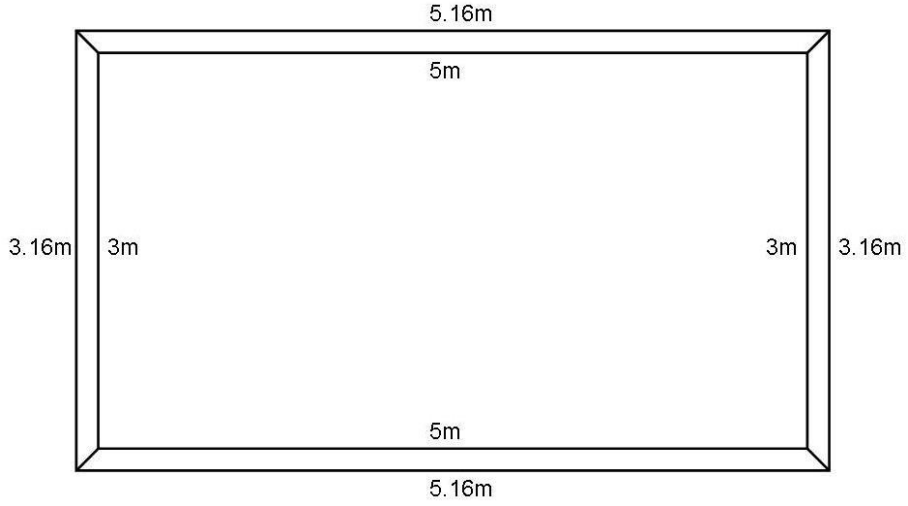
شکل ۳-۱۰ آرماتور مورد استفاده در ایستگاه سنگی با سرقالب بتنی

omoorepeyman.ir

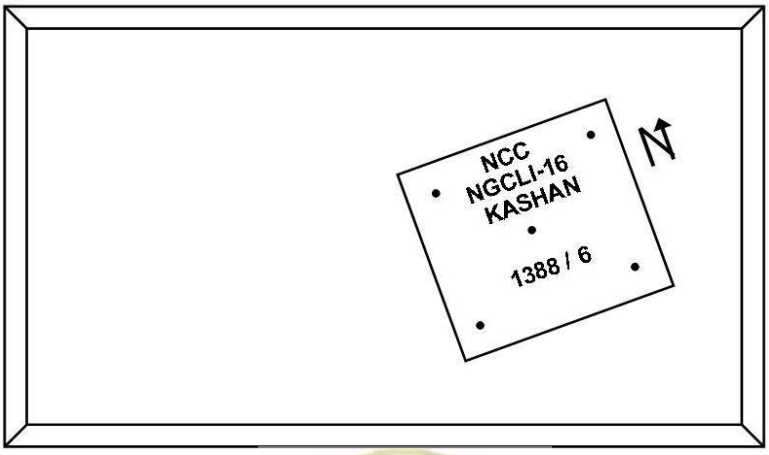
۸-۳-۱-۳- محوطه‌سازی اطراف ایستگاه

در صورتی‌که ایستگاه در فضای باز قرار داشته باشد، باید تمهیدات لازم به منظور نصب اتاقک موقت بر روی آن اندیشیده شود. برای این منظور لازم است تا محوطه اطراف آن به مساحت مناسب هموار و مسطح گردد. یعنی محوطه‌ای به ابعاد ۳ در ۵ متر به شکل مستطیل انتخاب شده، به‌طوری‌که ایستگاه در داخل آن قرار گیرد. این محوطه باید به نحوی انتخاب شود که:

۱-۸-۳-۱-۳- با حداقل مصالح، به‌منظور حفظ شکل طبیعی زمین تا حد ممکن، ساخته شود و فاصله لبه‌های آن با ایستگاه کمتر از نیم متر نباشد تا امکان تردد در اطراف دستگاه ثقل‌سنج مطلق در حین اندازه‌گیری وجود داشته باشد. موازی بودن ضلع‌های محوطه با ضلع‌های ایستگاه ضروری نیست.



شکل ۳-۱۱ محوطه ایستگاه به منظور نصب اطاقک



شکل ۵-۱۲ موقعیت ایستگاه اصلی در محوطه

۲-۸-۳-۱-۳- پس از انتخاب محل محوطه، ناودانی آهنی پیش ساخته (با شماره یا عرض ۸ سانتی‌متر) با ابعاد داخلی ۳ در ۵ متر در محدوده محوطه قرار گرفته و با استفاده از تراز کاملا تراز می‌شود. در زمان نصب موقت اتاقک، دیوارهای اتاقک پیش‌ساخته در داخل ناودانی قرار می‌گیرند.

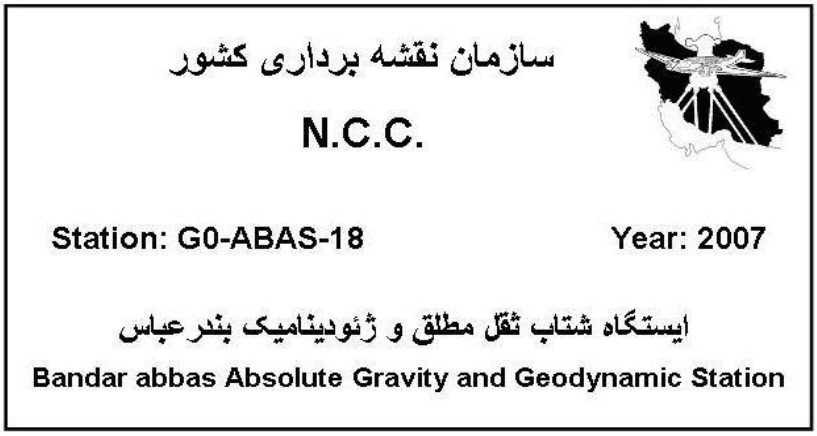
omoorepeyman.ir

۳-۸-۳-۱-۳- پس از تراز نمودن ناودانی، زیر ناودانی و محوطه داخل آن تا ارتفاع مناسب توسط سنگ و آجر پر شده و سطح فوقانی آن با سیمان محکم و صاف شود.

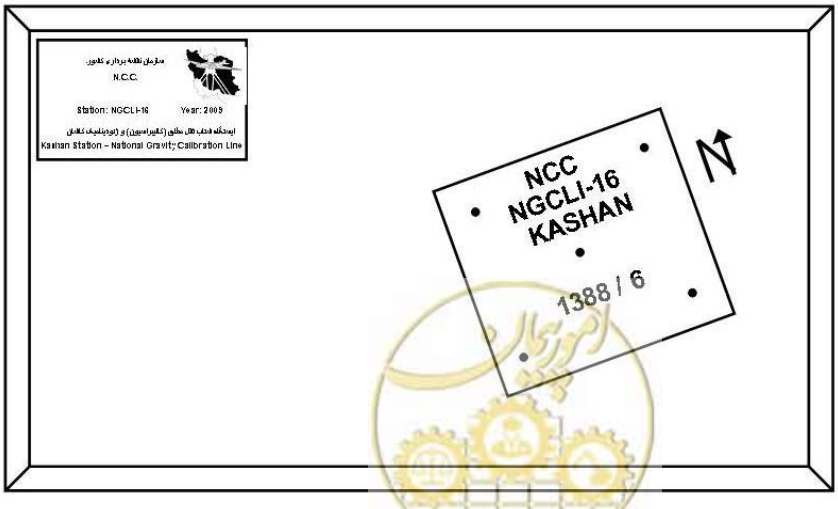
۳-۸-۳-۱-۴- سطح ایستگاه «بتنی» و «سرقالب بتنی» نباید پایین‌تر از سطح محوطه باشد. به منظور رفع آب‌گرفتگی در سطح ایستگاه و محوطه آن لازم است تا تعدادی لوله با قطر مناسب در لبه‌های محوطه و زیر ناودانی تعبیه شوند تا آب محوطه و اطراف ایستگاه به خارج از محوطه هدایت شود.

۳-۸-۳-۱-۵- پس از احداث ایستگاه و محوطه آن، لازم است که در اطراف محوطه و روی سنگ‌های اطراف تعدادی میل‌گرد، با زاویه ۴۵ درجه به طرف خارج ایستگاهی، نصب شود. از این میل‌گردها در هنگام انجام اندازه‌گیری‌های مدنظر به منظور مهار اتاقک و چادر در برابر باد استفاده می‌گردد. رنگ‌آمیزی محوطه ۲۵ در ۲۵ سانتی‌متری پیرامون میل‌گردها با رنگ سفید و رنگ‌آمیزی خود میل‌گردها با رنگ نارنجی به منظور جلب توجه و آسیب نزدن به لاستیک خودروها لازم است.

۳-۸-۳-۱-۶- در پایان، یک سنگ تابلو پیش نوشته که معرفی‌کننده ارگان سازنده و طرح سراسری گسترش شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر می‌باشد، در یکی از گوشه‌های مناسب محوطه نصب و با ملات سیمان نرمه در جای خود محکم می‌شود.



شکل ۳-۱۳ نمونه مشخصات حک شده بر روی سنگ تابلو ایستگاه



شکل ۳-۱۴ محل نصب سنگ تابلو معرفی کننده مشخصات ایستگاه

omoorepeyman.ir

۹-۳-۱-۳- احداث ایستگاه کمکی (FRM)

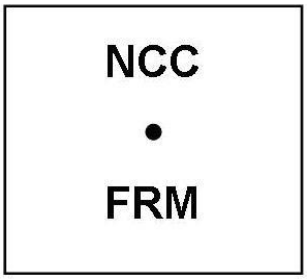
۱-۹-۳-۱-۳- برای هر ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر، احداث حداقل یک ایستگاه کمکی *FRM* الزامی است. این ایستگاه در نزدیکی ایستگاه اصلی ساخته می‌شود، به‌طوری‌که بتوان اختلاف ارتفاع بین این نقطه و ایستگاه اصلی را با حداکثر یک یا دو دهنه عملیات ترازیابی به‌دست آورد.

۲-۹-۳-۱-۳- ایستگاه کمکی باید تا حد امکان دید تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای داشته باشند. این ایستگاه کمکی به منظور ترازیابی ایستگاه اصلی و کنترل تغییرات ارتفاعی احتمالی آن احداث می‌شوند.

۳-۹-۳-۱-۳- احداث ایستگاه کمکی *FRM* با توجه به نوع منطقه می‌تواند از نوع بتنی، سنگی و یا سنگی با سرقالب بتنی انتخاب گردد (اولویت با احداث ایستگاه کمکی سنگی است).

۴-۹-۳-۱-۳- مشخصات هندسی و نحوه احداث ایستگاه کمکی *FRM* مطابق بند ۳-۱-۵ می‌باشد.

۵-۹-۳-۱-۳- در مرکز نقطه *FRM* میله استیل میانی به صورت قائم قرار می‌گیرد و روی آن عبارت *FRM* و *NCC* حک می‌شود.



شکل ۳-۱۵ حک کردن مشخصات نقطه کمکی FRM

۶-۹-۳-۱-۳- محل احداث ایستگاه اصلی و نقطه *FRM* در صورت امکان نزدیک دو عارضه مجزا انتخاب شود تا در صورت تخریب و از بین رفتن، لااقل یکی از آنها سالم بماند.

۳-۱-٤- احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۱ و ۲

۳-۱-٤-۱- طراحی ایستگاه‌های شبکه

۱-۱-۴-۱-۳- طراحی ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی (چندمنظوره) درجه یک و دو به‌صورت منطقه‌ای و در داخل شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر انجام می‌گیرد.

۲-۱-۴-۱-۳- در این طراحی در ابتدا باید از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱:۵۰۰۰۰ که در آن، ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر مشخص شده باشد، استفاده نمود.

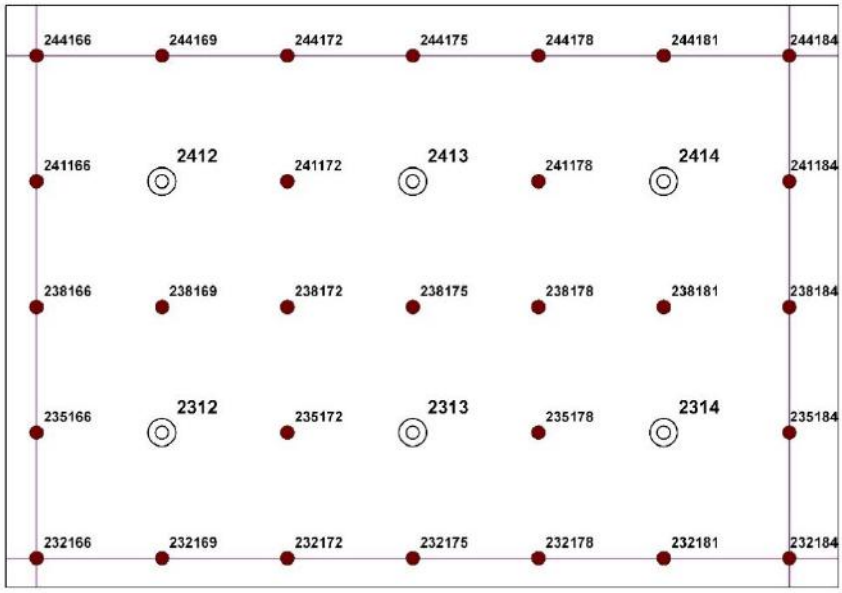
۳-۱-۴-۱-۳- فواصل بین ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک در حدود ۵۵ کیلومتر (۳۰ دقیقه کمانی) و فواصل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه دو نصف فواصل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و برابر ۲۷ کیلومتر (۱۵دقیقه کمانی) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۴-۱-۴-۱-۳- در طراحی باید توجه شود که ایستگاه‌های شبکه تا جایی که امکان دارد به ایستگاه‌های شبکه ترازیابی دقیق درجه یک یا دو کشور نزدیک باشد.

۵-۱-۴-۱-۳- به منظور سهولت تردد و جابجایی تجهیزات، حتی‌الامکان ایستگاه‌ها در نزدیکی جاده‌های اصلی طراحی گردد و در صورتی‌که در منطقه مورد نظر جاده‌های اصلی موجود نباشد، می‌توان از جاده‌های با درجه پایین‌تر استفاده نمود.

۶-۱-۴-۱-۳- طراحی نقاط بر اساس بلوک‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ انجام می‌پذیرد و موقعیت ایستگاه‌ها بر روی این بلوک‌ها پیاده می‌گردد.



شکل ۳-۱۶ موقعیت ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک (با سمبل دو دایره) و درجه دو (با سمبل دایره توپر زرشکی) در یک بلوک ۱:۲۵۰۰۰

۳-۱-٤-۲- انتخاب محل ایستگاه‌ها

۳-۱-۴-۲-۱- در اجرا به علت وجود موانع و عوارض غیر قابل پیش‌بینی (که تابع عملیات صحرایی است) می‌توان محل ایستگاه‌ها را جابه‌جا نمود. حداکثر جابه‌جایی برای ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک در شعاع حدود ۱۵ کیلومتری و برای ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه دو تا شعاع ۱۰ کیلومتری می‌باشد. باید سعی شود که ایستگاه‌های انتخاب شده بهترین پوشش را در داخل شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر (یک بلوک ۱:۲۵۰۰۰۰) ایجاد نماید. پس از پیاده‌سازی موقعیت اولیه ایستگاه‌ها بر روی نقشه‌های به‌روز جهانی نظیر گوگل مپ و ...، به منظور آشنایی بیشتر با جزئیات منطقه و شناسایی مسیرهای دسترسی و عوارض منطقه و تعیین محل‌های تقریبی برای ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی، محل نهایی ایستگاه‌های شبکه تعیین می‌گردد.

۳-۱-۴-۲-۲- برای شبکه ثقل‌سنجی درجه دو، در صورتی که امکان احداث ایستگاه سنگی در محدوده مجاز (۱۰ کیلومتری ایستگاه‌های طراحی) میسر نباشد، می‌توان از ایستگاه‌های بتنی شبکه‌های ترازیابی دقیق

omoorepeyman.ir

درجه یک یا دو که در محدوده موردنظر قرار دارد (با رعایت شرایط عمومی طراحی ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی) استفاده نمود.

۳-۱-٤-۳- مشخصات کلی ایستگاه‌ها

۳-۱-۴-۳-۱- نحوه احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و دو مشابه هم بوده و فقط نام‌گذاری آنها متفاوت است.

۳-۱-۴-۳-۲- ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و دو بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول ۱۱ سانتی‌متر و قطر ۲/۵ سانتی‌متر (میله استیل ایستگاه اصلی) است که به‌وسیله چسب سنگ داخل سنگ ریشه‌دار و یا بتن کار گذاشته شده است. سطح ایستگاه باید صاف و تراز باشد و نام مدنظر بر روی آن حک گردد.

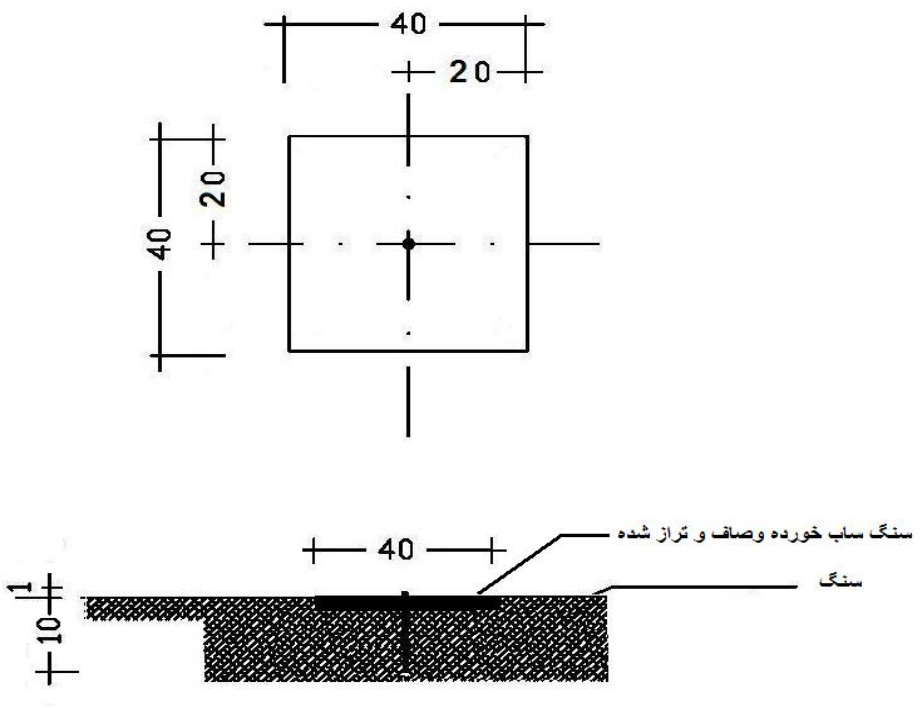
۳-۱-۴-۳-۳- شماره ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک، چهار رقمی است که دو شماره اول از جنوب به شمال و دو شماره دیگر از غرب به شرق افزایش می‌یابد (به‌عنوان مثال *2414*).

۳-۱-۴-۳-۴- شماره ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه دو، شش رقمی است که سه شماره اول جنوب به شمال و سه شماره دیگر از غرب به شرق افزایش می‌یابد (به‌عنوان مثال ۲۶۸۱۳۰).

۳-۱-٤-٤- احداث ایستگاه‌های سنگی

۱-۴-۴-۱-۳- ابتدا بر روی سنگ و با شابلون و کمک یک فرز کوچک یک مربع ۴۰×۴۰ سانتی‌متر را در جهت شمال علامت زده می شود. سپس با فرز بزرگ و سنگ ساب، قسمت هوازده سنگ را برداشته و سطح ایستگاه را به صورتی تراش می‌دهیم که در چهار جهت تراز گردد. مرکز مربع را با مته ۲۵ میلی‌متر، به عمق ۱۰ تا ۱۱ سانتی‌متر سوراخ می‌شود. برای اطمینان از قائم بودن سوراخ حفر شده از تراز نبشی استفاده گردد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۷ مقطع ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و دو سنگی

۳-۱-۴-۴-۲- میله استیل، به‌وسیله چسب سنگ و نگهدارنده آچار مخصوص در مرکز ایستگاه مربوطه کار گذاشته می‌شود. برای این منظور از پتک استفاده گردد.

۳-۱-۴-۴-۳- یک سانتی‌متر از میله استیل به منظور استفاده در نصب آنتن *GPS/GNSS* باید از سطح ایستگاه بیرون قرار بگیرد.

۳-۱-۴-۴-۴- از چسب سنگ و کاردک برای پوشاندن سوراخ‌های ریز داخل سنگ استفاده می‌شود.

۳-۱-٤-۵- احداث ایستگاه‌های بتنی

۳-۱-۴-۵-۱- از آن‌جایی که اولویت با احداث ایستگاه‌های سنگی و یا سنگی با سرقالب بتنی است در صورت ناچار بودن اقدام به احداث ایستگاه بتنی می‌شود.

۳-۱-۴-۵-۲- ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و یا دو به یکی از دو شکل مخروط ناقص و یا هرم چهار وجهی ناقص احداث می‌شود و بنابراین قالب مخروطی یا هرمی به ابعاد ذیل استفاده می‌شود.

۳-۱-۴-۵-۳- ارتفاع مخروط یا هرم ناقص ۱۰۰ سانتی‌متر می‌باشد.

۳-۱-۴-۵-۴- در حالت مخروطی، سطح مقطع فوقانی بتن به شکل دایره به قطر ۴۰ سانتی‌متر و سطح مقطع تحتانی به شکل دایره به قطر ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد.

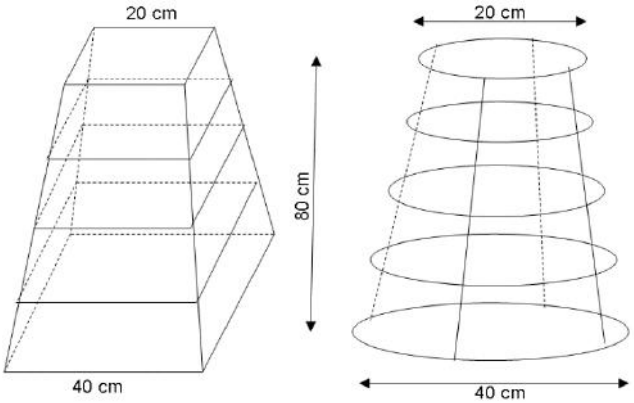
۳-۱-۴-۵-۵- در حالت هرمی، سطح مقطع فوقانی بتن به شکل مربع به ابعاد ۴۰ سانتی‌متر و سطح مقطع تحتانی به شکل مربع به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد.

omoorepeyman.ir

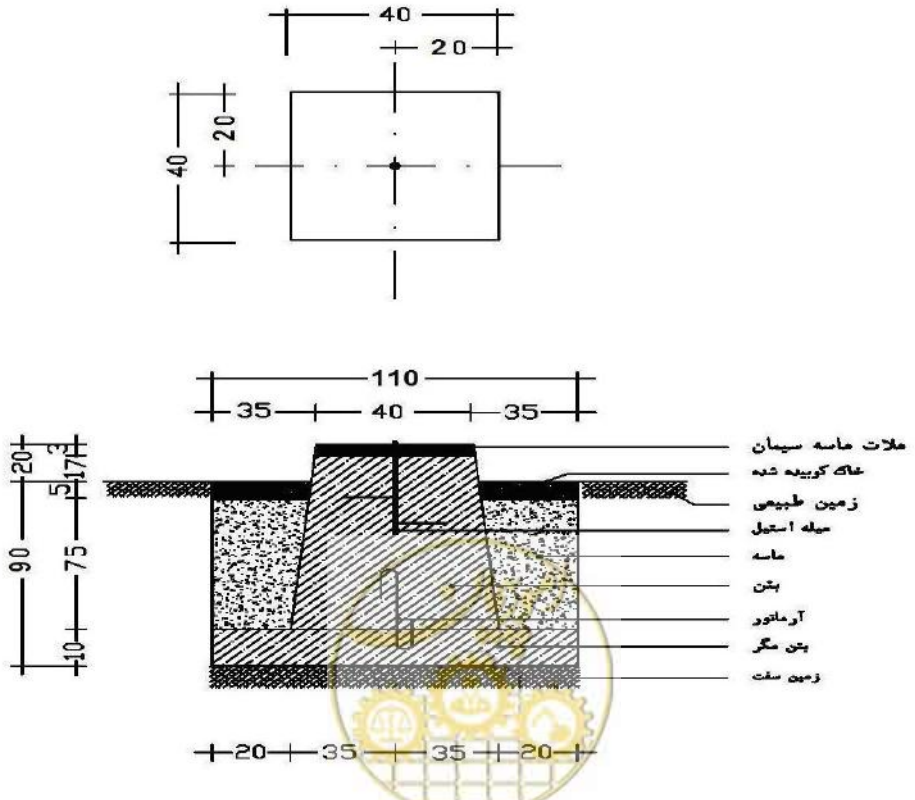
۳-۱-۴-۵-۶- چاله‌ای استوانه‌ای (به قطر ۸۰ و عمق ۹۰ سانتی‌متر) حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، حفاری تا جایی ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم رسیده شود. چاله می‌تواند ساده و یا دارای انباری باشد. در صورتی‌که سطح آب‌های زیرزمینی بالا باشد باید در کف چاله و به فواصل چند متر از چاله انبارهایی برای هدایت آب ایجاد شود.

۳-۱-۴-۵-۷- کف چاله را به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر با بتن مگر (بتن با نسبت سیمان به ماسه تقریباً یک به چهار که کم آب نباشد. عیار سیمان آن ۱۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است) پر نموده و سپس آرماتور بندی انجام می‌شود. قطر آرماتورهای مورد استفاده ۱۲ تا ۱۴ میلی‌متر می باشد.

۳-۱-۴-۵-۸- جزئیات هندسی و شبکه آرماتور ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و یا دو در شکل‌های۳-۱۸ و ۳-۱۹ آورده شده است.



شکل ۳-۱۸ جزئیات شبکه آرماتور ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۱ و ۲



شکل ۳-۱۹ مقطع ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۱ و ۲ بتنی

omoorepeyman.ir

۳-۱-۴-۵-۹- به بتن مگر حداقل یک روز فرصت داده شود تا خشک شود، سپس قالب را در چاله قرار داده و به‌تدریج ملات بتن را در آن ریخته و آن را کوبیده و ویبره نموده تا پر شود. درصورتی‌که از قالب استفاده نمی‌شود می‌توان از بلوک‌های سیمانی به منظور ایجاد قالب استفاده نمود. سطح داخلی بلوک‌ها باید توسط نایلکس پوشانده شود.

۳-۱-۴-۵-۱۰- استفاده از ویبراتور برای متراکم کردن بتن پیشنهاد می‌شود.

۳-۱-۴-۵-۱۱- به منظور آرماتوربندی از مفتول فلزی نمره ۷۵ استفاده شود.

۳-۱-۴-۵-۱۲- در انتهای بتن ریزی یک میله استیل در وسط بتن به شکل عمودی قرار داده شود به‌طوری‌که سر میله (بخشی که به میله آداپتور *GPS/GNSS* وصل می شود) باید ۲ سانتی‌متر بالاتر از سطح فوقانی بتن قرار گیرد. به‌منظور استحکام بیشتر، دو میله آهنی تقریباً به‌طول ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر، اولی به فاصله ۳ سانتی‌متر و دومی به فاصله حدود ۱۰ سانتی‌متر از انتهای میله، در دو جهت عمود بر هم به میله وسط جوش داده شود. این میله‌ها در داخل بتن قرار گرفته و استحکام میله اصلی را افزایش می‌دهند.

۳-۱-۴-۵-۱۳- به منظور قراردادن میله استیل میانی به بندهای ۳-۱-۴-۵-۸ تا ۳-۱-۴-۵-۱۰ رجوع شود.

۳-۱-۴-۵-۱۴- پس از برداشتن قالب، سه روز متوالی روی آن آب ریخته و سپس اطراف آن با ماسه نرم پر می شود.

۳-۱-۴-۵-۱۵- برای انجام کنترل‌های لازم برای ساخت بتن به بندهای ۳-۱-۴-۵-۱۲ تا ۳-۱-۴-۵-۱۷ رجوع شود.

۳-۱-۴-۵-۱۶- ارتفاع سطح فوقانی رپر از سطح زمین حدود ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

۳-۱-٤-٦- احداث ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی

۳-۱-۴-۶-۱- این نوع از ایستگاه‌ها در مواقعی احداث می‌شود که سنگ بستر مناسب موجود بوده ولی به علت ناهمواری شدید سنگ، امکان صاف نمودن آن به ابعاد ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متر وجود ندارد. به‌این منظور در ابتدای کار تمام بخش‌های سست و متلاشی سنگ را برداشته و عملیات تا جایی ادامه داده می‌شود تا بخش سفت و محکم سنگ که هوازده نشده است نمایان گردد. این عمل در وسعت ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر صورت می‌پذیرد.

۳-۱-۴-۶-۲- در ادامه، آرماتوربندی مشابه آرماتور مورد استفاده در بخش قبلی (نوع بتنی) به ارتفاع مناسب (به‌طوری‌که سطح فوقانی قالب تقریبا هم سطح زمین قرار گیرد) انجام شده و در داخل چاله قرار می‌گیرد. قطر آرماتورهای مورد استفاده ۱۲ تا ۱۴ میلی‌متر می‌باشد. جزئیات مقطع، شبکه آرماتور و میل استیل در ایستگاه سنگی با سرقالب بتنی مانند ایستگاه بتنی می‌باشد با این تفاوت که انتهای آرماتورها باید در داخل سنگ با چسب سنگ کار گذاشته و به سنگ دوخته شود.

۳-۱-۴-۶-۳- محل اتصال میل‌گردها با سنگ، توسط مته به عمق حداقل ۵ سانتی‌متر سوراخ شده و میل‌گردها توسط چسب سنگ و چکش داخل آن قرار می‌گیرند.

۳-۱-۴-۶-۴- پس از اتمام آرماتوربندی، قالب هرم یا مخروط ناقص، مشابه قالب استفاده شده در بخش قبلی (نوع بتنی) به ارتفاع مناسب (به‌طوری‌که سطح فوقانی بتن ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین قرار گیرد) در چاله قرار گرفته و ملات بتن داخل آن ریخته می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-۱-۴-۶-۵- استفاده از ویبراتور و کوبیدن ملات با وسیله مناسب الزامی است تا تمام فضای قالب توسط ملات پر شده و هوای داخل بتن تخلیه گردد.

۳-۱-۴-۶-۶- در پایان بتن‌ریزی یک میله استیل اصلی در وسط رپر بتن به شکل عمودی قرار داده می‌شود به‌طوری‌که سر میله ۲۰ میلی‌متر از سطح فوقانی بتن بالاتر قرار گیرد. به‌منظور استحکام بیشتر دو میله آهنی تقریباً به‌طول ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر، اولی به‌فاصله ۳ سانتی‌متر و دومی به‌فاصله حدود ۱۰ سانتی‌متر از انتهای میله، در دو جهت عمود بر هم به میله وسط جوش داده شود.

۳-۱-۴-۶-۷- میله اصلی کار گذاشته شده در وسط بتن که به‌عنوان نقطه *GPS/GNSS*، ترازیابی و ثقل‌سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای مشخصات بند ۳-۱-۲-۱۰-۱ باشد.

۳-۱-۴-۶-۸- می‌توان به‌منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود ۳ سانتی‌متر از سطح بالای قالب رپر را با ملات سیمان و ماسه نرم پر نمود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به‌صورت یک‌پارچه درآید.

۳-۱-۴-۶-۹- نام‌گذاری ایستگاه طبق بند ۳-۱-۴-۷ بوده و با استفاده از شابلن بر روی ایستگاه نوشته می‌شود.

۳-۱-۴-۶-۱۰- استفاده از ویبراتور برای متراکم کردن بتن پیشنهاد می‌شود.

۳-۱-۴-۶-۱۱- به منظور آرماتوربندی از مفتول فلزی نمره ۷۵ استفاده شود.

۳-۱-۴-۶-۱۲- قالب رپر پس از خشک شدن نسبی، حداقل بعد از یک ساعت یا روز بعد (بسته به زمان گیرش) برداشته می‌شود.

۳-۱-۴-۶-۱۳- پس از برداشتن قالب، سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آن را با ماسه نرم پر گردد. سطح نهایی ایستگاه باید در حدود ۱۰ سانتی‌متر از سطح اطراف آن بالاتر باشد.

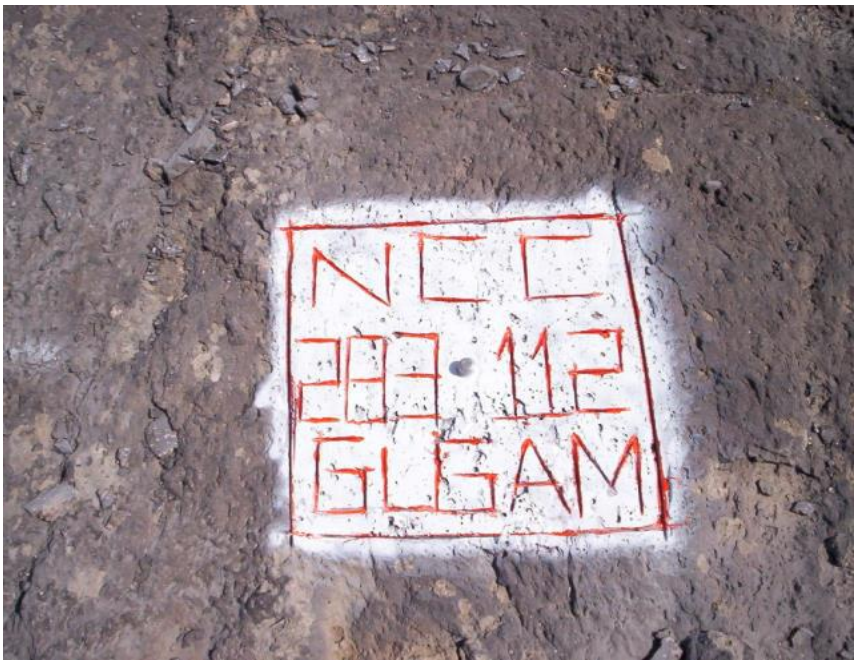
۳-۱-۴-۶-۱۴- برای انجام کنترل‌های لازم برای ساخت بتن به بندهای ۳-۱-۴-۵-۱۲ تا ۳-۱-۴-۵-۱۷ رجوع شود.

۳-۱-٤-۷- نام‌نویسی ایستگاه‌های ثقل‌سنجی

۳-۱-۴-۷-۱- مشخصات ایستگاه در سه سطر توسط فرز کوچک بر روی آن حکاکی می‌شود. در سطر اوّل عبارت *NCC* و در سطر دوّم شماره ایستگاه (به‌عنوان مثال *2414*) و در سطر سوّم حروف *GLGAM* بر روی آن حکاکی می‌گردد. در صورت بازسازی ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی، کد عدد معین‌کننده تعداد دفعات بازسازی است. به‌عنوان مثال عدد *1*، معرف بازسازی اول، باید قبل از عبارت *NCC* (مانند *1NCC*) بر روی ایستگاه حک شود.

شکل ۳-۲۰ ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک و نحوه نام‌گذاری آن

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲۱ یک نمونه از ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه دو احداث شده

۳-۱-۴-۷-۲- دقت شود عمق شیار ایجاد شده برای حکاکی توسط فرز بیشتر از ۵ میلی‌متر نباشد در غیر این‌صورت لبه‌های حروف و اعداد حک شده دچار شکستگی می‌شوند.

۳-۱-۴-۷-۳- برای ایستگاه سه علامت راهنما به‌شکل + با نام‌های *R1*، *R2* و *R3* ایجاد می‌شود که روی عوارض اطراف آن حک و رنگ می‌شود.

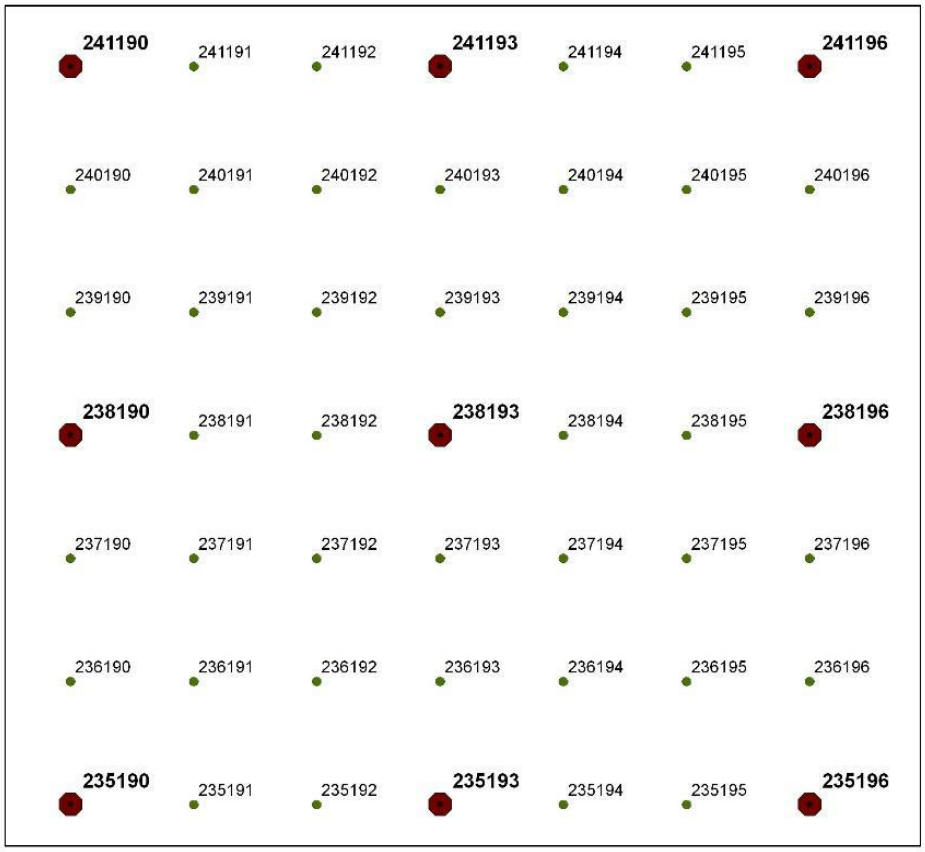
۳-۱-۴-۷-۴- برای هر ایستگاه، یک ایستگاه کمکی *FRM* مطابق بند ۳-۱-۳-۹ احداث می‌شود.

۳-۱-۵- احداث نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ و موردی و اکتشافی

۳-۱-۴-۱-۱- طراحی نقاط نشانه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه سه و یا موردی و اکتشافی به‌صورت محلی و منطقه‌ای و در داخل شبکه‌های ثقل‌سنجی درجات بالاتر انجام می‌گیرد.

۳-۱-۴-۱-۲- نقاط شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ بصورت نشانه (Marker) با فواصل ۵ دقیقه و به‌طور منظم طراحی شده‌اند، به‌طوری‌که فاصله بین هر دو ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ با دو نقطه نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ پوشش داده می‌شود (شکل۳-۲۲)

omoorepeyman.ir



شکل ۳–۲۲ موقعیت نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳ (نقاط دایره‌ای سبز رنگ) نسبت به ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ (نقاط دایره‌ای با رنگ زرشکی)

۳–۱–۴–۱–۳– نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی متناسب با پروژه مدنظر به فواصل چند ۱۰ متر تا چندین ۱۰۰ متر و به‌طور منظم طراحی شده و برای نقاط نشانه (Marker) می‌توان از میخ‌چوبی استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

۳-۱-٦- احداث ایستگاه‌های ترازیابی دقیق میانی

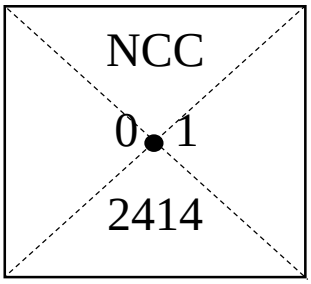
۳-۱-۶-۱- ایستگاه‌های ترازیابی میانی به منظور امکان انجام عملیات ترازیابی از شبکه ترازیابی سراسری کشور (درجه یک یا دو) به ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی و در نتیجه انتقال ارتفاع ارتومتریک به شبکه ثقل‌سنجی احداث می‌شوند.

۳-۱-۶-۲- شناسائی ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی و ایستگاه‌های ترازیابی میانی با هم انجام می‌شود.

۳-۱-۶-۳- بین ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی و نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ترازیابی دقیق درجه یک یا دو سراسری، یک مسیر ترازیابی دقیق درجه یک احداث می‌گردد.

۳-۱-۶-۴- ایستگاه‌های ترازیابی میانی می‌تواند از جنس سنگی یا بتنی بوده و مکان‌یابی و احداث آن باید مطابق استاندارد و دستورالعمل احداث ایستگاه‌های شبکه ترازیابی درجه یک انجام شود.

۳-۱-۶-۵- بر روی ایستگاه ترازیابی میانی احداث شده، نام ایستگاه به کمک فرز حکاکی و یا شابلن ثبت می‌گردد. به این منظور عبارات *NCC* در خط اول، شماره ایستگاه ترازیابی میانی در خط دوم و شماره ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی در خط سوم نوشته می‌شوند. شماره‌گذاری ایستگاه‌های ترازیابی میانی از شبکه ترازیابی و با شماره *01* شروع شده و به ترتیب افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۲۳ نحوه حک‌کردن نام بر روی نقطه ترازیابی میانی

۳-۱-۶-۶- برای پرهیز از هرگونه ابهام در پیدا کردن ایستگاه‌های ترازیابی میانی، باید یک کارت شناسائی دقیق برای کلیه ایستگاه‌ها تهیه شود و موقعیت سه بعدی ایستگاه‌ها با گیرنده *GPS/GNSS* دستی با قرار دادن آن بر روی نقطه ترازیابی میانی تهیه و در کارت شناسائی و همچنین در حافظه گیرنده با اسم مربوطه ذخیره شود.

۳-۱-۷- تهیه شناسنامه ایستگاه‌ها

بـرای هر ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی تهیه شناسنامه مطابق فرم‌های ضمیمه الف الزامی می‌باشد که باید قسمت‌های مختلف آن به‌شرح زیر پر شود:

۳-۱-۷-۱- مشخصات بالای صفحه شامل قسمت‌های مختلف از قبیل نام ایستگاه، نوع ایستگاه، منطقه عملیات، نزدیک‌ترین آبادی، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ... می‌باشد که باید به‌طور کامل و دقیق پر شود.

omoorepeyman.ir

۳-۱-۷-۲- کلیه اسامی مربوط به محل که در تهیه کارت شناسائی استفاده می‌گردد باید به‌صورت فارسی، سپس در داخل پرانتز به‌صورت انگلیسی و با خودکار مشکی نوشته شوند. (از نوشتن با مداد و خودکار آبی خودداری گردد.)

۳-۱-۷-۳- در قسمت شرح ایستگاه، مشخصات و ابعاد ایستگاه اصلی و ایستگاه کمکی *FRM* توضیح داده می‌شود.

۳-۱-۷-۴-در بخش موقعیت ایستگاه و راه دسترسی به آن مطالب زیر باید ذکر شود:

۳-۱-۷-۴-۱-محل ایستگاه

۳-۱-۷-۴-۲- وضعیت ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی نسبت به عوارض مجاور:

الف- فاصله از محور جاده.

ب – فاصله و ژیزمان از یک نقطه مشخص به‌طوری‌که به‌کمک آن، محل ایستگاه مدنظر قابل دسترسی باشد.

۳-۱-۷-۴-۳- فاصله ایستگاه کمکی *FRM* از ایستگاه اصلی

۳-۱-۷-۴-۴- وضعیت ایستگاه کمکی *FRM* نسبت به عوارض مجاور مانند بند ۳-۱-۶-۴-۲.

۳-۱-۷-۵- در قسمت راه، نحوه دسترسی و فاصله ایستگاه از دو مبدأ کاملاً مشخص (مانند پمپ بنزین، کارخانه، ساختمان‌های دولتی، پل‌های بزرگ، تقاطع جاده‌های مشخص با جاده‌های اصلی و ...) با ذکر نام عارضه، موقعیت و جهت حرکت در این قسمت بیان می‌شود.

۳-۱-۷-۶- در قسمت توضیحات فرم شناسنامه ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی (فرم شماره *FR800/00*)، فاصله ایستگاه انتخابی تا نقطه تعیین شده در نقشه و نزدیک‌ترین ایستگاه ترازیابی دقیق درجه ۱ یا ۲ برای استفاده و درجه ۳ (برای ارزیابی) درج گردد. همچنین وضعیت آنتن‌دهی موبایل، امنیت منطقه و سایر توضیحات ضروری در این قسمت نوشته شود.

۳-۱-۷-۷- در صورت وجود اختلاف بین نقشه موجود و وضعیت طبیعی محل، موارد اختلاف در برگ مجزا همراه فرم شناسایی ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی پیوست گردد.

۳-۱-۷-۸- کروکی و جزئیات آن باید با رعایت ژیزمان جاده و ژیزمان ایستگاه کمکی *FRM* و ایستگاه اصلی نسبت به شمال مغناطیسی ترسیم گردد و عوارض موجود در مجاورت ایستگاه باید دقیقاً در کروکی ترسیم و نام نزدیک‌ترین شهر در دو طرف ایستگاه آورده شود. در ترسیم کروکی باید توجه شود که از شلوغ کردن کروکی با آوردن عوارض جزئی که هیچ‌گونه تأثیری در راهنمایی استفاده کننده جهت دستیابی به ایستگاه ندارد، خودداری شود. همچنین برای مشخص شدن عوارض مصنوعی یا طبیعی از لژاندر (راهنما) استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شود.

۳-۱-۷-۹- برای هر ایستگاه ترازیابی میانی نیز تهیه شناسنامه مطابق فرم‌های قسمت پیوست الزامی می‌باشد.

۳-۱-۷-۱۰- برای ایستگاه‌های موقت و نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی نیازی به تهیه شناسنامه نیست.

omoorepeyman.ir

۲-۳- دستورالعمل اندازه‌گیری شتاب‌ثقل

۱-۲-۳- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

۳-۲-۱-۱- مقدار شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر به صورت مطلق با استفاده از روش‌هایی نظیر روش سقوط آزاد و با استفاده از دستگاه‌هایی نظیر ثقل‌سنج مطلق *FG5* اندازه‌گیری می‌شوند. دستگاه *FG5*، نسل جدید ثقل‌سنج‌های بالستیک می‌باشد که اندازه‌گیری شتاب‌ثقل را با دقت ۱ تا ۲ میکروگال در حالت ساکن امکان پذیر می‌نماید. نحوه کار این دستگاه بر اساس اندازه‌گیری فاصله روی جسم (منشور) در حال سقوط آزاد (از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) به‌طور پیوسته و مکرر در محفظه خلا (با فشار کمتر از ۰/۰۰۰۴ پاسکال) با استفاده از لیزر دقیق به همراه ثبت دقیق زمان می‌باشد (*Micro-g Lacoste, 2008a*).

۳-۲-۱-۲- وجود لرزه‌های خفیف ناشی از نویزهای با منشا انسانی موجب خطا در اندازه‌گیری لیزری منشور می‌شود. دوره تناوب این نویزها از ۰/۰۱ تا ۱۰۰ ثانیه تغییر می‌نماید. استفاده از یک فنر ویژه با دوره تناوب بالا (۶۰ ثانیه) در ثقل‌سنج *FG5*، موجب کاهش قابل ملاحظه‌ای در این نوع نویزها می‌گردد. وجود لرزه‌های شدید مانند زمین لرزه‌ها موجب خطاهای بزرگ‌تر گردیده و مشاهدات مربوط به آن باید حذف گردند (*Micro-g Lacoste, 2008a*).

۳-۲-۱-۳- قائم بودن پرتو لیزر بسیار مهم می‌باشد که در *FG5* این مورد با استفاده از سطح افقی الکل با دقت ۱۲ میکرو رادیان (اثری معادل ۰/۰۷ میکروگال) انجام می‌شود.

۳-۲-۱-۴- دوران منشور حین سقوط آزاد باید کمتر از ۰/۰۳ رادیان بر ثانیه باشد. در ثقل‌سنج *FG5* این منشور به‌گونه‌ای ساخته شده است که مرکز جرم آن و مرکز اپتیکی آن با دقت ۰/۰۰۰۰۲۵ متر بر هم منطبق بوده و نرخ دوران منشور در حد ۱۰ میلی رادیان بر ثانیه باشد.

۳-۲-۱-۵- ساعت مورد استفاده در ثقل‌سنج *FG5* به منظور ایجاد فرکانس استاندارد از نوع اتمی–روبیدیم با ثبات 10^{-10} می‌باشد که کالیبراسیون فرکانس لیزر آن توسط موسسه بین‌المللی استاندارد اندازه‌گیری‌ها و وزن‌ها (*BIPM*) مورد ارزیابی قرار گرفته است. زمان‌سنج‌های به‌کار رفته در دستگاه‌های ثقل‌سنج معمولاً و به‌طور متناوب با استفاده از زمان‌سنج‌های دقیق سزیم و هیدروژن– میزر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. با این همه، مقایسه بین دستگاه‌های *FG5* کاملا ضروری بوده و امروزه این مقایسه بین‌المللی به‌طور متناوب بین این دستگاه‌ها انجام گرفته و رفتار دستگاه‌های مختلف مورد ارزیابی و در صورت لزوم مورد تصحیح قرار می‌گیرد (*Micro-g Lacoste, 2008a*).

۳-۲-۱-۶- علاوه بر اندازه‌گیری شتاب‌ثقل به صورت مطلق، مقدار گرادیان قائم شتاب‌ثقل نیز باید به‌طور دقیق و به منظور انتقال شتاب‌ثقل از ارتفاع مرکز اندازه‌گیری دستگاه *FG5* تا سطح ایستگاه مدنظر اندازه‌گیری شود. به‌این منظور از دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی مانند *CG5* و *CG3* استفاده شده و مقدار شتاب‌ثقل در سه ارتفاع مشخص از سطح ایستگاه، اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها سپس برای محاسبه گرادیان قائم شتاب‌ثقل استفاده می‌شوند. مقدار شتاب‌ثقل در سطح ایستگاه سپس با استفاده از گرادیان به دست آمده محاسبه می‌گردد:

omoorepeyman.ir

$$g_{surface} = g_{Z0} + \frac{dg}{dz}(h_{Z0} - h_{surface}) \qquad (۳-۱)$$

که در این رابطه g_{Z0}، شتاب‌ثقل در ارتفاع مرکز اندازه‌گیری دستگاه *FG5*، h_{Z0} ارتفاع مرکز اندازه‌گیری، $g_{surface}$ مقدار شتاب‌ثقل در سطح زمین ($h_{surface}$) می‌باشد. دقت این انتقال در حدود یک درصد مقدار تصحیح بوده و به دقت دستگاه ثقل‌سنج نیز بستگی دارد.

۳-۲-۱-۷- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل مطلق در مدت حداقل ۱۲ ساعت (هر ساعت ۱۰۰ سقوط آزاد، ۶۰۰ مشاهده زمان–فاصله برای هر سقوط آزاد، مجموعاً نزدیک به ۷۲۰،۰۰۰ میلیون مشاهده زمان–فاصله) انجام گرفته و مقدار نهایی شتاب‌ثقل پس از تحلیل این مشاهدات توسط نرم‌افزار مناسب به‌دست می‌آید.

۳-۲-۱-۸- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل پس از نصب کامل و دقیق دستگاه بر روی ایستگاه انجام می‌پذیرد. پس از نصب دستگاه، با استفاده از پمپ تخلیه هوا، محفظه سقوط آزاد در مدت ۲۴ ساعت از هوا تخلیه شده تا نیروی اصطکاک در هنگام سقوط آزاد وجود نداشته باشد. ایجاد خلا در این محفظه ضروری بوده و باید در حین اندازه‌گیری نیز کنترل شده و در صورت لزوم تکرار گردد.

۳-۲-۱-۹- پیش از اندازه‌گیری، یک ساعت وقفه به منظور گرم کردن دستگاه لازم است.

۳-۲-۱-۱۰- طول اندازه‌گیری باید طوری باشد که حداقل یک دوره تناوب نیم روزانه جزرومدی را دربرگیرد. بررسی‌ها نشان داده است که با اندازه‌گیری و متوسط‌گیری از مشاهدات ۳۰۰۰ بار سقوط آزاد می‌توان به دقت ۱ تا ۲ میکروگال دست یافت.

۳-۲-۱-۱۱- اندازه‌گیری فاصله جسم در حالت سقوط آزاد توسط لیزر و با روش تداخل‌سنجی و اندازه‌گیری فرینج‌های حاصله با دقت بسیار بالا انجام می‌شود.

۳-۲-۱-۱۲- دستگاه مولد لیزر از بخش‌های حساس دستگاه می‌باشد که برای اندازه‌گیری فاصله حین سقوط آزاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه بسیار حساس بوده و باید با احتیاط حمل شده و از وارد آمدن هرگونه ضربه یا شوک به جعبه حاوی آن اجتناب شود.

۳-۲-۲- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۳-۲-۲-۱- شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی

۳-۲-۲-۱-۱- در ثقل‌سنج‌های نسبی حفظ تعادل دمای سیستم (تنظیم *Temp.*) و نیز استقرار دائمی دستگاه بر روی سه پایه مخصوص (به‌جز در زمان حمل و نقل) به‌حالت تراز، از جمله شرایطی هستند که همواره باید مدنظر قرار گیرد.

۳-۲-۲-۱-۲- قبل از هر گونه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از این دستگاه‌ها باید از تنظیم دریفت ثابت دستگاه و موقعیت صفر سنسور تیلت‌های X و Y و نیز تنظیم حساسیت تیلت‌های تراز X و Y دستگاه اطمینان حاصل کرد. این تنظیم‌ها هر از چندگاه و به‌خصوص در هنگام وارد شدن شوک به دستگاه باید انجام شوند.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲-۱-۳- دریفت ثابت دستگاه برای دستگاه‌های کارکرده هر ماه یک‌بار و برای دستگاه‌های نو هر هفته یک‌بار (به منظور رسیدن به ثبات لازم) باید تنظیم گردد. همچنین در مواقع وارد شدن شوک ناگهانی به دستگاه، زیاد شدن اختلاف عرض جغرافیایی و تغییرات دمای فاحش در حین عملیات ثقل‌سنجی لازم است دریفت ثابت دستگاه کنترل و تنظیم گردد.

۳-۲-۲-۱-۴- برای تنظیم دریفت ثابت دستگاه باید مراحل ذیل انجام شود:

۳-۲-۲-۱-۴-۱- تصحیح دریفت بر اساس اندازه‌گیری‌های متوالی بر روی یک ایستگاه پایه (یعنی حالت *Cycling*) به‌دست می‌آید. در حین این اندازه‌گیری، ترم بلند نسبتاً ثابت دریفت دستگاهی که به‌علت فشار خفیف در سیستم فنری دستگاه ایجاد می‌شود، نمایان می‌گردد.

۳-۲-۲-۱-۴-۲- ثبات دستگاه بر روی ایستگاه پایه به مدت حداقل ۱۲ ساعت ضروری است.

۳-۲-۲-۱-۴-۳- نرخ اندازه‌گیری (*Read Time*) بر روی ۱۲۰ ثانیه تنظیم شده و مدت زمان مشاهدات حداقل ۲۴ ساعت باشد.

۳-۲-۲-۱-۴-۴- برای به‌دست آوردن دریفت ثابت روزانه دستگاه ثقل‌سنج، داده‌ها را تخلیه کرده و آنها را باید با استفاده از یک نرم‌افزار یا برنامه پردازش داده‌های مناسب، پردازش نمود.

۳-۲-۲-۱-۴-۵- از لیست داده‌ها، قرائت اول (*R1*) در زمان *T1* در نزدیکی زمان شروع اندازه‌گیری و قرائت آخر (*R2*) در زمان *T2* در نزدیکی پایان زمان اندازه‌گیری انتخاب گردد.

۳-۲-۲-۱-۴-۶- با این مقادیر تصحیح دریفت جدید (*DRIFT'*) با استفاده از رابطه زیر برای دستگاه محاسبه می‌شود:

$$DRIFT' = DRIFT + \left(\frac{R2-R1}{T2-T1} \right) \qquad (۳-۲)$$

در این رابطه *DRIFT*، ثابت دریفت اولیه دستگاه در طول مدت زمان اندازه‌گیری و (*T2-T1*) مدت زمان اندازه‌گیری بر حسب روز می‌باشد.

۳-۲-۲-۱-۴-۷- اختلاف دریفت ثابت محاسبه شده با دریفت ثابت اولیه نباید بزرگتر از دامنه دقت دستگاه (۵ تا ۱۰ میکروگال در روز) باشد. در غیر این صورت باید پس از اعمال دریفت جدید محاسبه‌شده به دستگاه، مراحل تعیین دریفت ثابت مجدداً تکرار گردد.

۳-۲-۲-۱-۵- هنگامی که دستگاه درون وسیله نقلیه قرار دارد از سرعت بالا، عبور نامناسب از دست‌انداز جاده، ترمزهای پی در پی و شتاب‌های ناگهانی وسیله نقلیه خودداری گردد.

۳-۲-۲-۱-۶- برداشتن و گذاشتن دستگاه بر روی زمین در حین جابه‌جایی باید با احتیاط کامل صورت گیرد.

۳-۲-۲-۱-۷- دستگاه باید در اتومبیل درون جعبه مخصوص کاملاً مهار شده و افقی قرار گیرد.

۳-۲-۲-۱-۸- در موقع جابه‌جایی بین ایستگاه‌های مدنظر، اگر مدت توقف، طولانی باشد (بیشتر از ۲۰ دقیقه) لازم است که دستگاه از ماشین خارج شده و در محل مناسبی دور از دسترس دیگران به حالت تراز مستقر شود.

۳-۲-۲-۱-۹- در موقع جابه‌جایی حتما وضعیت شارژ باتری‌ها و دمای دستگاه باید کنترل شود.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲-۱-۱۰- قبل از هر اندازه‌گیری بسته به مسافت طی شده بین ایستگاه‌ها به منظور ایجاد ثبات در دستگاه توقف زمانی بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه الزامی است.

۳-۲-۲-۱-۱۱- باید با نصب چادر یا چتر از تابش مستقیم نور خورشید به دستگاه در حین قرائت که سبب تغییر تراز دستگاه می‌شود، جلوگیری گردد.

۳-۲-۲-۱-۱۲- باید از قرارگرفتن دستگاه در معرض وزش باد و نسیم، با نصب چادر جلوگیری به‌عمل آید؛ چرا که این امر سبب ایجاد نویز در اندازه‌گیری‌ها می‌شود.

۳-۲-۲-۱-۱۳- لازم است پیرامون دستگاه محیطی آرام و امن به‌وجود آورد و از هرگونه تردد غیر ضروری در اطراف دستگاه جلوگیری کرد.

۳-۲-۲-۱-۱۴- به منظور ثابت نگه داشتن ارتفاع دستگاه در طول اندازه‌گیری باید برای ترازکردن دستگاه از دو پیچ تراز مشخص استفاده کرده و پیچ تراز سوم (معمولاً پیچ تراز سمت چپ) ثابت نگه داشته شود.

۳-۲-۲-۲- روش اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۳-۲-۲-۲-۱- خطوط مشاهداتی ثقل‌سنجی بین ایستگاه‌های متوالی در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک ایران هر کدام در یک روز کاری اندازه‌گیری شود.

۳-۲-۲-۲-۲- ثقل‌سنجی هر خط مشاهداتی در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک ایران برای محاسبه دریفت به‌صورت رفت و برگشت است.

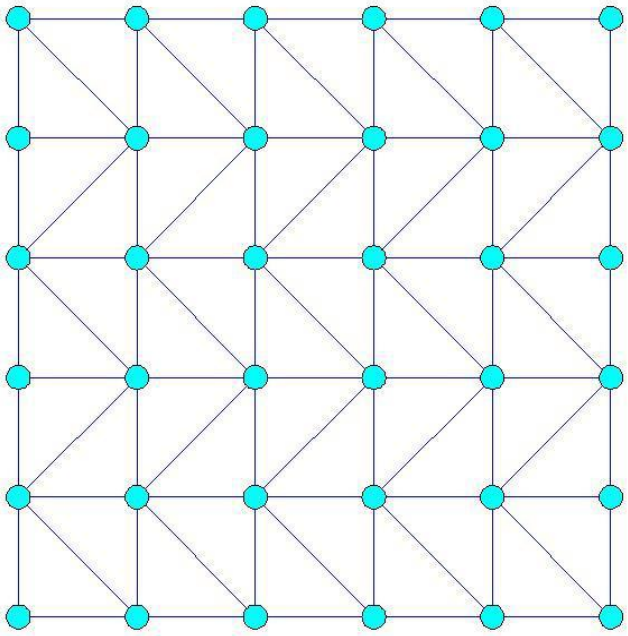
۳-۲-۲-۲-۳- دستگاه ثقل‌سنج بعد از استقرار چادر بر روی ایستگاه، بر روی آن مستقر و سپس تراز شود.

۳-۲-۲-۲-۴- بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل‌سنج، حداقل ۳۰ دقیقه آن را خاموش کرده تا به ثبات برسد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه به‌صورت ثبت خودکار قرائت‌های یک دقیقه‌ای انجام شود.

۳-۲-۲-۲-۵- به منظور بررسی ثبات دستگاه می‌توان چند اندازه‌گیری ابتدایی (حداقل ۵ مشاهده) را ملاحظه کرده و در صورتی که این اندازه‌گیری‌ها اختلاف زیادی (۴ تا ۵ میکروگال به صورت صعودی یا نزولی) با هم نداشته باشند، عملیات اندازه‌گیری را تا پایان دنبال نمود. در غیر این صورت با مشاهده اختلاف در مشاهدات، اندازه‌گیری را متوقف کرده و پس از ۵ دقیقه دوباره اندازه‌گیری شروع گردیده و این روند تکرار می‌شود.

۳-۲-۲-۲-۶- روش اندازه‌گیری در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک به این صورت است که از هر ایستگاه ، به ایستگاه‌های مجاور واقع در چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب اندازه‌گیری انجام می‌گیرد و با توجه به طراحی اولیه مدنظر (اندازه‌گیری به صورت زیگزاگ)، ایستگاه‌های واقع در شمال غرب و جنوب غرب یا شمال شرق و جنوب شرق ایستگاه نیز اندازه‌گیری می‌شوند. بنابراین طبق طرح اولیه برای هر ایستگاه به استثناء ایستگاه‌های مرزی، تعداد ۶ مشاهده به ایستگاه‌های مجاور انجام می‌شود. ولی در ایستگاه‌های مرزی اندازه‌گیری‌ها با توجه به ایجاد حداکثر پوشش و اتصال‌ها انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲۴ نحوه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۳-۲-۲-۲-۷- در صورتی که اطراف ایستگاه‌های ثقل‌سنجی، ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر موجود باشد، خط اتصالی از این ایستگاه به ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر نیز اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۲-۲-۲-۸- میزان دریفت مشاهدات ثقل‌سنجی در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک باید کمتر از ۲ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۲-۳- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲

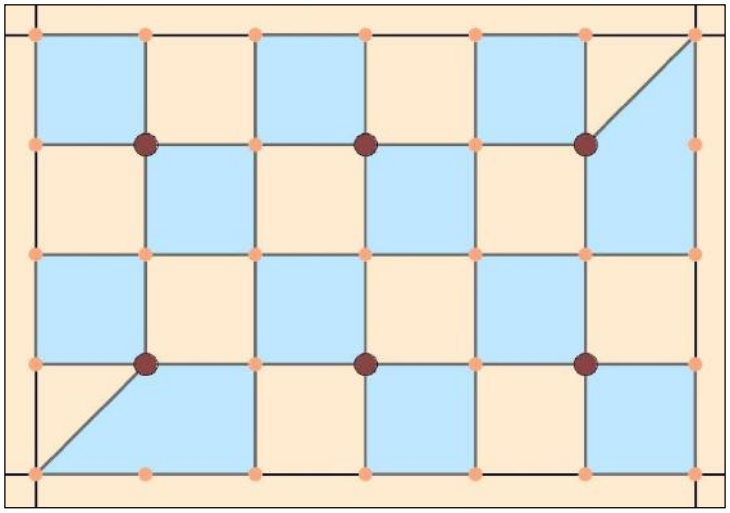
۳-۲-۳-۱- شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از ثقل‌سنج‌های نسبی مربوط به بند ۳-۲-۲-۱ درنظر گرفته شود.

۳-۲-۳-۲- بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل‌سنج، حداقل ۲۰ دقیقه آن را خاموش می‌کنیم تا به حالت ثبات برسد. سپس به اندازه ۱۵ دقیقه به‌صورت ثبت خودکار قرائت‌های یک دقیقه‌ای انجام شود.

۳-۲-۳-۳- به منظور بررسی ثبات دستگاه می‌توان موارد بند ۳-۲-۲-۲-۵ را دنبال نمود.

۳-۲-۳-۴- استراتژی اندازه‌گیری در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ به صورت اندازه‌گیری‌های جداگانه در هر بلوک ۱:۲۵۰۰۰۰ است. مشاهدات به صورت شطرنجی تحت لوپ‌های چهارضلعی که شامل سه ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه دو و یک ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک است، می‌باشد به‌طوریکه هر ایستگاه در دو لوپ مختلف مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. با توجه به این ساختار اندازه‌گیری، دو ایستگاه از مرز بلوک‌ها پوشش داده نمی‌شود، برای رفع این مساله دو لوپ گوشه‌ای به صورت پنج‌ضلعی قرائت می‌شوند. در مناطق مرزی باید کلیه خطوط مرزی مورد اندازه‌گیری جداگانه قرار گیرند.

omoorepeyman.ir



شکل ۳–۲۵ نحوه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲

۳–۲–۳–۵– در صورتی که از ایستگاه شبکه ترازیابی به‌عنوان ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه ۲ استفاده شده باشد، اندازه‌گیری‌های روزانه از ایستگاه مذکور شروع نشود.

۳–۲–۳–۶– ایستگاه‌های مشترک بین دو بلوک مجاور در اندازه‌گیری‌های مربوط به هر بلوک مجدداً مورد اندازه‌گیری قرار گیرند.

۳–۲–۳–۷– در صورتی که در هر بلوک ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر موجود باشد، باید در نزدیک‌ترین لوپ‌های مجاور اندازه‌گیری شود.

۳–۲–۳–۸– میزان دریفت مشاهدات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو باید کمتر از ۴ میکروگال در ساعت باشد.

۳–۲–٤– اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳

۳–۲–۴–۱– ایستگاهشرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاههای ثقل‌سنج نسبی مربوط به بند ۵–۲–۲–۱ درنظر گرفته شود.

۳–۲–۴–۲– بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل‌سنج، حداقل ۱۵ دقیقه آن را خاموش کرده تا دستگاه به حالت ثبات برسد. سپس به اندازه ۱۰ دقیقه به‌صورت ثبت خودکار قرائت‌های یک دقیقه‌ای انجام شود.

۳–۲–۴–۳– به منظور بررسی ثبات دستگاه می‌توان موارد بند ۳–۲–۲–۲–۵ را دنبال نمود.

۳–۲–۴–۴– استراتژی اندازه‌گیری در شبکه ثقل‌سنجی درجه سه به صورت لوپ‌های چند ضلعی بوده که هر لوپی در صورت امکان از یک ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر، یک یا دو شروع شود و با اندازه‌گیری چند ایستگاه مجاور از شبکه ثقل‌سنجی درجه سه به ایستگاه مبدا بازگردد. به منظور کنترل لوپ‌های مشاهداتی اندازه‌گیری تکراری سی درصد ایستگاه‌های شبکه درجه سه الزامی می‌باشد.

۳–۲–۴–۵– ایستگاه‌های مرزی باید به شکلی اندازه‌گیری شوند که اتصال تمام ایستگاه‌های شبکه کاملا حفظ گردد.

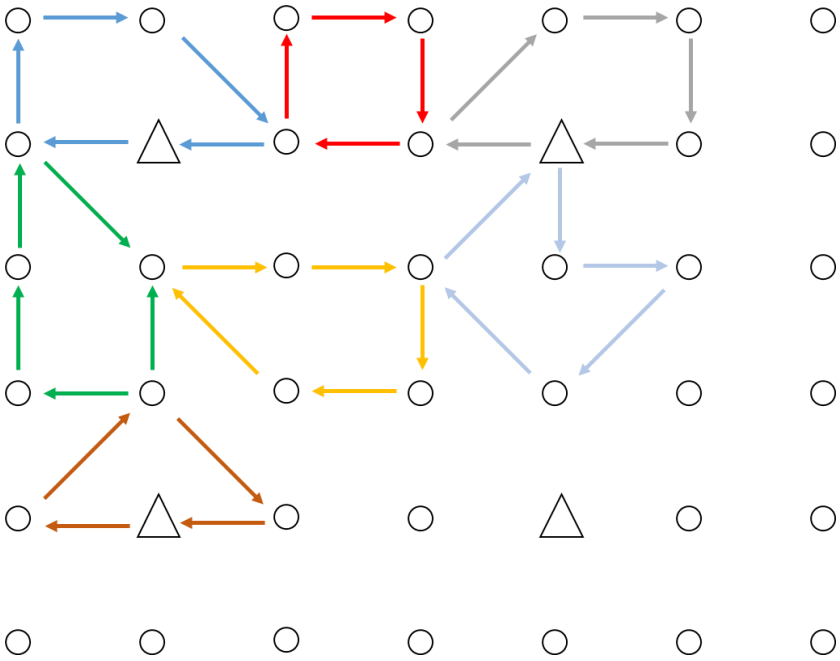
۳–۲–۴–۶– به منظور تسریع در عملیات انتقال شتاب‌ثقل به نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه سه، می‌توان در نزدیکی محل استقرار، یک ایستگاه ماندگار با شرایط قابل قبول ایستگاه‌های ثقل‌سنجی احداث کرده و از ایستگاه ماندگار مدنظر به نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه سه اندازه‌گیری نمود. فقط باید توجه

omoorepeyman.ir

گردد که برای تعیین مقدار شتاب‌ثقل ایستگاه ماندگار جدید احداث‌شده، باید از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه یک یا دو به آن به‌صورت رفت و برگشت ثقل‌سنجی شود و دریفت این اتصال باید کمتر از ۴ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۲-۴-۷- میزان دریفت مشاهدات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه سه باید کمتر از ۶ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۲-۴-۸- مشاهدات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی درجه سه به‌صورت همزمان با اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) انجام پذیرد.



شکل۳-۲۶ نحوه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه سه (نقاط دایره‌ای) نسبت به ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه یک و دو (نقاط مثلثی)

۳-۲-۵- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه موردی و اکتشافی

۳-۲-۵-۱- قبل از عملیات میدانی، حداقل دو ایستگاه ماندگار در منطقه بر اساس دستورالعمل احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک یا دو احداث شده و مقدار شتاب‌ثقل از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه‌های ثقل‌سنجی درجات بالاتر به این ایستگاه‌ها به صورت رفت و برگشت منتقل می گردد، بطوریکه دریفت این اتصال کمتر از ۵ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۲-۵-۲- تنظیم دریفت ایستا (کالیبراسیون استاتیک) دستگاه‌های ثقل‌سنج هر هفته یک بار و کالیبره بودن دستگاه (کالیبراسیون دینامیک) هر ماه قبل از اندازه‌گیری میدانی بر روی ایستگاه‌های ماندگار احداث شده در منطقه کنترل شده و وضعیت کالیبراسیون دستگاه‌ها گزارش گردد.

omoorepeyman.ir

۳-۵-۲-۳- به منظور انتقال شتاب‌ثقل به ایستگاه‌های شبکه موردی طراحی شده (شروع اندازه‌گیری روزانه)، از ایستگاه‌های ماندگار احداث شده در منطقه استفاده می‌شود.

۳-۵-۲-۴- در هر اندازه‌گیری روزانه، تنها یک سرفصل (Header) در ابتدای کار و فقط بر روی ایستگاه ماندگار احداث شده ایجاد گردد.

۳-۵-۲-۵- اندازه‌گیری بر روی هر ایستگاه شبکه موردی (به غیر از ایستگاه ماندگار احداثی در منطقه)، به تعداد ۵ سیکل مشاهده ۶۰ ثانیه ای (Read time =60") بوده که در آن بهتر است مدت زمان به ثبات رسیدن دستگاه قبل از اندازه گیری (۱ دقیقه) مورد توجه قرار گیرد. تنها بر روی ایستگاه ماندگار احداثی در ابتدا و انتهای کار، ۱۰ سیکل مشاهده ۶۰ ثانیه ای اندازه‌گیری شود.

۳-۵-۲-۶- اختلاف مشاهدات ۶۰ ثانیه‌ای متوالی بر روی هر ایستگاه باید کمتر از ۵ میکروگال بوده در غیر این صورت تا زمان دستیابی به دقت موردنظر باید مشاهدات تکرار گردد.

۳-۵-۲-۷- میزان قرائت‌های رد شده (Rejected) در یک سیکل مشاهداتی ۶۰ ثانیه‌ای باید کمتر از ۱۲ قرائت باشد.

۳-۵-۲-۸- میزان دریفت مشاهدات رفت و برگشتی بر روی ایستگاه ماندگار احداثی تا ۱۰ ساعت کاری در یک روز باید کمتر از ۵۰ میکروگال و برای ۱۰ ساعت به بالا ۵ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۵-۲-۹- میزان تیلت X و Y هر سیکل مشاهده باید کمتر از ۱۰ ثانیه کمانی باشد.

۳-۵-۲-۱۰- دستگاه ثقل‌سنج به فاصله ۱۰ سانتی‌متری از میخ پیکه تاژ ایستگاه احداث شده و در طرف قسمت نوشته شده آن قرار گیرد.

۳-۵-۲-۱۱- در هر اندازه‌گیری شماره ایستگاه (Station)، خط (Line) و فاصله دستگاه از سطح زمین (Elevation) معرفی شود.

۳-۵-۲-۱۲- در ابتدای کار، ارتفاع سه پایه اندازه‌گیری شده و به منظور ایجاد سطح تراز یکسان در طول اندازه‌گیری، یکی از پایه‌ها همواره ثابت باقی می‌ماند.

۳-۵-۲-۱۳- فاصله دستگاه از سطح زمین (ارتفاع سه پایه) 0.16 متر بوده که در محل‌های با زمین سست که پایه‌های سه پایه بطور کامل در زمین فرو می‌رود، این عدد باید 0.1 متر معرفی گردد.

۳-۵-۲-۱۴- در هر روز کاری حداقل 5% ایستگاه‌های شبکه موردی باید تکرار گردد.

۳-۵-۲-۱۵- در پایان هر روز کاری فایل مشاهدات به فرمت DDMMYY_sn.EEE ذخیره می‌گردد که در آن DD شماره روز، MM شماره ماه و YY دو رقم سمت راست سال میلادی، sn دو رقم کد یا شماره سریال دستگاه مورد استفاده و EEE پسوند فایل مدنظر است که برای دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی نظیر CG5 و CG3M فایل خروجی به ترتیب دارای پسوند *.txt و *.dmp می‌باشد.

۳-۵-۲-۱۶- به منظور افزایش سرعت اندازه‌گیری، مشاهدات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی می تواند بصورت مجزا از اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS/GNSS*) انجام پذیرد.

omoorepeyman.ir

۳-۳- دستورالعمل نحوه تعیین‌موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی

۳-۳-۱- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

۳-۳-۱-۱- مشاهدات تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) بر روی ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر به مدت ۲۴ ساعت در حالت استاتیک انجام می‌شود.

۳-۳-۱-۲- برای هر اندازه‌گیری باید فرم مشاهدات (*Sitelog*) مطابق پیوست الف-۱۰ تکمیل گردد.

۳-۳-۱-۳- نرخ اندازه‌گیری‌ها در شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر، ۳۰ ثانیه است.

۳-۳-۱-۴- گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) باید از نوع چندفرکانسه باشد.

۳-۳-۱-۵- مقدار *mask angle* برابر ۱۰ درجه باید انتخاب گردد.

۳-۳-۱-۶- برای اندازه‌گیری ایستگاه‌های این شبکه باید از آنتن‌های نوع *Chock Ring* استفاده شود.

۳-۳-۱-۷- آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) باید با استفاده از میله رابط بدون استفاده از سه‌پایه بر روی ایستگاه نصب گردد.

۳-۳-۱-۸- شرایط عمومی دیگر در خصوص اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) مطابق دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول؛ ژئودزی و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای، نشریه سری ۱۱۹ می‌باشد.

۳-۳-۲- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۳-۳-۲-۱- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ مشابه ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر می‌باشد.

۳-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲

۳-۳-۳-۱- برای هر اندازه‌گیری باید فرم مشاهدات (*Sitelog*) مطابق فرم‌های پیوست تکمیل گردد.

۳-۳-۳-۲- فرم خلاصه مشاهدات برای یک دوره مشاهداتی مطابق فرم‌های پیوست تکمیل گردد.

۳-۳-۳-۳- ترسیم اندکس خطوط اندازه‌گیری‌های انجام‌شده الزامی است.

۳-۳-۳-۴- نرخ اندازه‌گیری‌ها در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو، ۱۵ ثانیه است.

۳-۳-۳-۵- گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) باید از نوع ژئودتیک چندفرکانسه باشد.

۳-۳-۳-۶- مقدار *mask angle* برابر ۱۰ درجه باید انتخاب گردد.

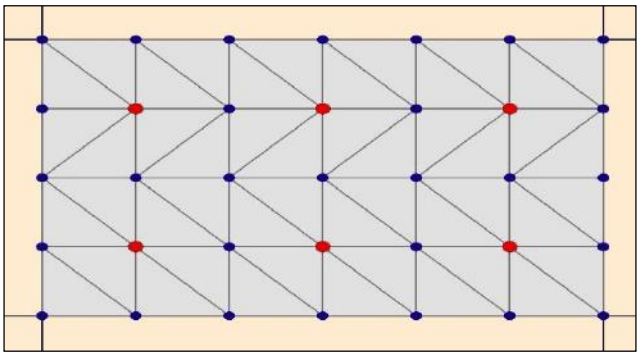
۳-۳-۳-۷- برای اندازه‌گیری ایستگاه‌های این شبکه باید از آنتن‌های نوع ژئودتیک استفاده شود.

۳-۳-۳-۸- آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) درصورت امکان با استفاده از میله رابط بدون استفاده از سه‌پایه بر روی ایستگاه نصب گردد. در صورتیکه استفاده از میله رابط به هر دلیلی امکان‌پذیر نباشد، از سه‌پایه و ترابراگ مجهز به شاقول اپتیکی یا لیزری استفاده شده و ارتفاع آنتن با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری گردد.

۳-۳-۳-۹- مشاهدات بر روی ایستگاه‌های این شبکه در حالت استاتیک و متناسب با تعداد گیرنده‌های مورد استفاده (طبق بندهای ذیل) بین ۲ تا ۶ ساعت باشد.

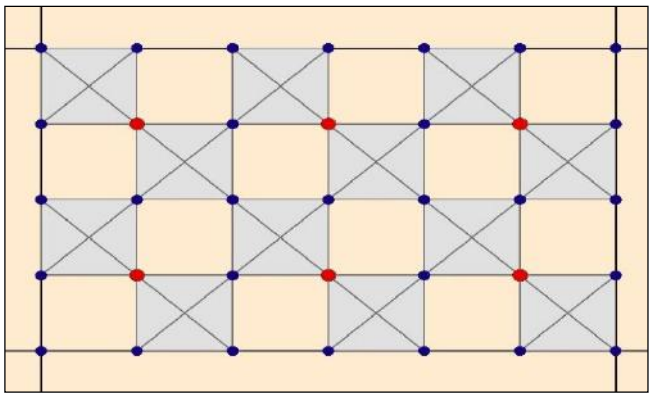
omoorepeyman.ir

۳-۳-۳-۱۰- در مواقعی که از سه دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) به منظور تعیین موقعیت ایستگاه‌ها استفاده می‌شود، اندازه‌گیری‌ها باید به‌صورت مثلثی با ضلع مشترک انجام شود. به این صورت که بعد از استقرار سه دستگاه روی سه ایستگاه مجاور و انجام مشاهدات، یکی از دستگاه‌ها جابه‌جا می‌شود و بر روی ایستگاه دیگر قرار می‌گیرد و اندازه‌گیری انجام شود. مدت زمان اندازه‌گیری در این روش حداقل ۲ ساعت مشاهده همزمان بر روی هر ۳ ایستگاه مجاور است.



شکل ۳-۲۷ نحوه اندازه‌گیری با سه دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS)

۳-۳-۳-۱۱- در مواقعی که از چهار دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) به منظور تعیین موقعیت ایستگاه‌ها استفاده می‌شود، اندازه‌گیری‌ها به‌صورت چهارضلعی که شامل سه ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ و یک نقطه‌مبنایی شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ است، به‌صورت شطرنجی می‌باشد. با توجه به این ساختار اندازه‌گیری، دو ایستگاه از مرز بلوک‌ها که پوشش داده نمی‌شود در بلوک‌های مجاور اندازه‌گیری می‌گردد. (اگر این ایستگاه‌های اندازه‌گیری نشده جزء ایستگاه‌های مرز کشور باشند باید حتماً در حین اندازه‌گیری ایستگاه‌های آن بلوک مورد اندازه‌گیری قرار گیرند) مدت زمان قرائت در این روش حداقل ۶ ساعت می‌باشد.

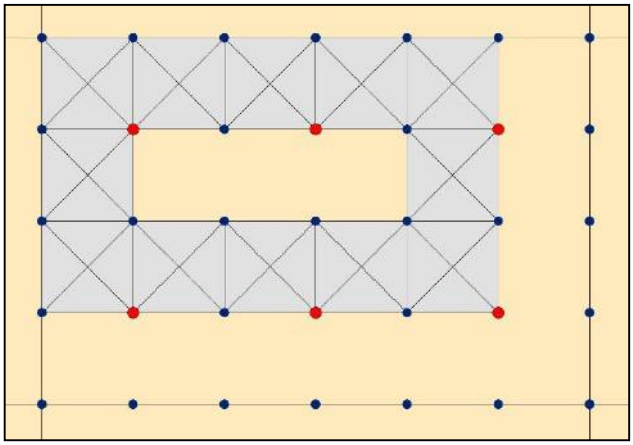


شکل ۳-۲۸ نحوه اندازه‌گیری با چهار دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS)

۳-۳-۳-۱۲- با توجه به بهبود سامانه‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*)، در مواقعی که از چهار دستگاه گیرنده *GPS/GNSS* به منظور تعیین موقعیت ایستگاه‌های شبکه استفاده می‌شود، اندازه‌گیری‌ها به‌صورت چهارضلعی که شامل سه ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲ و یک ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱ است، به‌صورت ضلع مشترک می‌باشد. مدت زمان اندازه‌گیری در این روش حداقل ۲,۵ ساعت می‌باشد. ایستگاه‌های ضلع شرقی و جنوبی هر بلوک در بلوکهای مجاور اندازه‌گیری می‌شوند. اگر این

omoorepeyman.ir

ایستگاه‌ها اندازه‌گیری نشده جزء ایستگاه‌های مرزی کشور باشند، باید حتماً در حین اندازه‌گیری ایستگاه‌های آن بلوک مورد اندازه‌گیری قرار گیرند.



شکل ۳-۲۹ نحوه اندازه‌گیری با چهار دستگاه گیرنده GPS/GNSS

۳-۳-۳-۱۳- شرایط عمومی دیگر در خصوص اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) مطابق دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول؛ ژئودزی و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای، نشریه سری ۱۱۹ می‌باشد.

۳-۳-٤- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳

۳-۳-۴-۱- برای هر اندازه‌گیری باید فرم مشاهدات (*Sitelog*) مطابق فرم‌های پیوست تکمیل گردد.

۳-۳-۴-۲- فرم خلاصه مشاهدات برای یک دوره مشاهداتی مطابق فرم‌های پیوست تکمیل گردد.

۳-۳-۴-۳- نرخ اندازه‌گیری‌ها در شبکه ثقل‌سنجی درجه سه ۱۰ ثانیه است.

۳-۳-۴-۴- گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) باید از نوع ژئودتیک چندفرکانسه باشد.

۳-۳-۴-۵- بر روی نقاط نشانه این شبکه مقدار *mask angle* برابر ۱۰ درجه باید انتخاب گردد.

۳-۳-۴-۶- برای اندازه‌گیری موقعیت دقیق نقاط نشانه این شبکه باید از آنتن‌های نوع ژئودتیک استفاده شود.

۳-۳-۴-۷- اندازه‌گیری تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) می‌تواند همزمان با مشاهدات ثقل‌سنجی انجام شود.

۳-۳-۴-۸- آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) بر روی ترابراگ سه‌پایه نصب شده و بر روی ایستگاه سانتراژ کردن می‌گردد. سپس در این حالت دستگاه ثقل‌سنج در زیر سه‌پایه مستقر می‌شود.

۳-۳-۴-۹- مشاهدات تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) روی نقاط نشانه با سه دستگاه انجام می‌گیرد. به این صورت که ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه یک یا دو در بلوک به عنوان ایستگاه رفرانس انتخاب شده و یک دستگاه روی ایستگاه رفرانس مستقر می‌شود و دستگاه دیگر روی ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه سه مجاور ایستگاه رفرانس مستقر می‌شود. همچنین با در نظر گرفتن شرایط ایمنی محل استقرار گروه، گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) در

omoorepeyman.ir

محل به منظور ایجاد لوپ مشاهداتی مستقر شده و در طول روز مشاهدات مربوطه انجام می‌شود. از مشاهدات ایستگاه‌های دائمی شبکه ژئودینامیک موجود در منطقه برای پردازش استفاده خواهد شد.

۳-۳-۴-۱۰- مدت زمان انجام مشاهده بر روی نقاط نشانه این شبکه حداقل ۱ ساعت می‌باشد.

۳-۳-۴-۱۱- فاصله ایستگاه رفرانس از نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی درجه سه بهتر است کمتر از ۱۵ کیلومتر باشد و برای فاصله‌های بالای ۱۵ کیلومتر باید به ازای هر ۵ کیلومتر ده دقیقه به مدت مشاهدات اولیه اضافه گردد. توجه گردد این فاصله نباید از ۳۰ کیلومتر تجاوز نماید.

۳-۳-۴-۱۲- ارتفاع آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) تا سطح زمین (محل قرار گرفتن دستگاه ثقل‌سنج) باید با دقت میلیمتر اندازه‌گیری شود.

۳-۳-۴-۱۳- شرایط عمومی دیگر در خصوص اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) مطابق دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول؛ ژئودزی و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای، نشریه سری ۱۱۹ می‌باشد.

۳-۳-۵- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی

۳-۳-۵-۱- برای اندازه‌گیری موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه‌های ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی می‌توان از روش‌های استاتیک و یا تعیین موقعیت آنی (*RTK*) استفاده نمود.

۳-۳-۵-۲- در روش استاتیک حداقل دو ایستگاه ماندگار با شرایط ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک یا دو در منطقه احداث شده و مختصات دقیق آنها بر اساس مشاهدات ۲۴ ساعته از نزدیک‌ترین ایستگاه دائمی ژئودینامیک ایران با طول باز کمتر از ۳۰ کیلومتر به آن به صورت پس‌پردازش محاسبه می‌گردد. در طول بازهای بزرگتر از نقاط کمکی برای کاهش طول باز استفاده می‌شود.

۳-۳-۵-۳- در روش استاتیک مختصات نقاط شبکه موردی و اکتشافی با اتصال به ایستگاه‌های ماندگار احداثی بر اساس مشاهدات ۱۵ دقیقه‌ای و بصورت حداقل لوپ مثلثی اندازه‌گیری می‌گردد.

۳-۳-۵-۴- نرخ اندازه‌گیری‌ها در شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی به روش استاتیک ۱۰ ثانیه است.

۳-۳-۵-۵- در روش استاتیک بر روی نقاط نشانه مقدار *mask angle* برابر ۱۵ درجه باید انتخاب گردد.

۳-۳-۵-۶- در روش استاتیک گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) باید از نوع ژئودتیک چندفرکانسه باشد.

۳-۳-۵-۷- برای اندازه‌گیری موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه به روش استاتیک باید از آنتن‌های نوع ژئودتیک استفاده شود.

۳-۳-۵-۸- در روش استاتیک ارتفاع آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) تا سطح زمین (پایین میخ چوبی) باید با دقت میلیمتر اندازه‌گیری شود.

۳-۳-۵-۹- در روش استاتیک آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) بر روی ترابراگ سه‌پایه نصب شده و بر روی ایستگاه سانتراژ کردن می‌گردد.

۳-۳-۵-۱۰- در روش استاتیک حداقل برای ۵ درصد ایستگاه‌های شبکه، مشاهدات باید تکرار گردد و اختلاف مختصات باید کمتر از ۵ سانتی‌متر باشد. در غیر این صورت مشاهدات همه ایستگاه‌ها تکرار می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-۳-۵-۱۱- در روش تعیین موقعیت آنی (*RTK*) حداقل ۳ ایستگاه ماندگار با شرایط ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک یا دو در منطقه احداث شده و مختصات دقیق آنها بر اساس مشاهدات ۲۴ ساعته از نزدیک‌ترین ایستگاه دائمی ژئودینامیک ایران با طول باز کمتر از ۳۰ کیلومتر به آن به صورت پس‌پردازش محاسبه می‌گردد. در طول بازهای بزرگتر از نقاط کمکی برای کاهش طول باز استفاده می‌شود.

۳-۳-۵-۱۲- در روش تعیین موقعیت آنی (*RTK*) در صورت استفاده از شبکه‌های ارسال‌تصحیحات مورد تایید سازمان نقشه‌برداری کشور، باید دقت تعیین موقعیت آنی بر روی نقاط ماندگار احداثی کمتر از ۵ سانتی‌متر باشد. در غیر این استفاده از شبکه‌های ارسال‌تصحیحات موجود در منطقه مجاز نبوده و باید از روش تعیین موقعیت آنی محلی (*Local RTK*) با استفاده گیرنده *base* و *rover* استفاده شود.

۳-۳-۵-۱۳- در روش تعیین موقعیت آنی محلی (*Local RTK*)، گیرنده *base* بر روی یکی از ایستگاه مانگار احداثی در منطقه مستقر می‌گردد.

۳-۳-۵-۱۴- در روش تعیین موقعیت آنی (*RTK/ Local RTK*) حداقل برای ۵ درصد ایستگاه‌های شبکه، مشاهدات باید تکرار گردد و اختلاف مختصات نقاط باید کمتر از ۵ سانتی‌متر باشد. در غیر این صورت مشاهدات همه ایستگاه‌ها تکرار می‌شود.

۳-۳-۵-۱۵- شرایط عمومی دیگر در خصوص اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) مطابق دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول؛ ژئودزی و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای، نشریه سری ۱۱۹ می‌باشد.

۳-٤- دستورالعمل نحوه ذخیره‌سازی داده‌ها

۳-٤-۱- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل توسط گروه‌های صحرایی

۳-۴-۱-۱- در دستگاههای ثقل‌سنجی که فاقد قابلیت درج حروف هستند (نظیر دستگاه ثقل‌سنج *CG/3M*)، برای مشخص کردن اسامی ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی، در قسمت مربوط به نام ایستگاه (*Station*) شماره ایستگاه موردنظر درج گردد. ولی در ثقل‌سنج‌های دارای قابلیت ثبت حروف (نظیر دستگاه ثقل‌سنج *CG5*) اسامی ایستگاه‌ها به‌طور کامل بدون درج فاصله ثبت شوند.

۳-۴-۱-۲- مشخصات دقیق در فرم مشاهدات (فرم‌های پیوست) باید توسط عامل اندازه‌گیری به صورت دقیق تکمیل شود. این مشخصات شامل شماره سریال دستگاه، دریفت، زمان دریفت، تاریخ، نام عامل اندازه‌گیری، منطقه کاری در سرفصل فرم مشاهدات و اسم ایستگاه، تاریخ، ساعت، موقعیت ایستگاه و شماره مشاهده معرفی شده به دستگاه ثقل‌سنج در ردیف‌های اندازه‌گیری است.

۳-۴-۱-۳- اندازه‌گیری پارامترهای محیطی دما و فشار، یک‌بار در ابتدا و یک‌بار در انتهای مدت زمان مشاهدات باید ثبت شده و در قسمت مربوطه در فرم مشاهدات درج گردد. دقت فشارسنج مناسب ۰,۱ کیلو پاسکال و دقت دماسنج مناسب ۰,۵ درجه استنتی‌گراد می‌باشد.

۳-۴-۱-۴- خروجی دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی بعد از اندازه‌گیری، یک فایل مشاهداتی شامل نام ایستگاه اندازه‌گیری شده، نام دستگاه، تاریخ اندازه‌گیری، مقادیر اندازه‌گیری شده، انحراف معیار هر اندازه‌گیری، زمان هر

omoorepeyman.ir

اندازه‌گیری (بر اساس ساعت، دقیقه و ثانیه)، تیلت دستگاه در هر اندازه‌گیری، مقدار تصحیح جزرومد (این تصحیح به صورت خودکار به مقادیر اندازه‌گیریشده اعمال می‌شود) و اطلاعات دیگری از شرایط اندازه‌گیری می‌باشد.

۵-۱-۴-۳- برای نام‌گذاری ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون از نام‌های مندرج و یا کدهای متناظر (برای دستگاه‌های ثقل‌سنج بدون قابلیت درج حروف) در جدول۳-۱ استفاده شود.

جدول ۳-۱ نحوه نام‌گذاری ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون

No	Station	Station Name	Code
1	TochalSummit	NGCLI01	1001
2	Tochal 7	NGCLI02	1002
3	Tochal 5	NGCLI03	1003
4	Tochal 2	NGCLI04	1004
5	Tochal 1	NGCLI05	1005
6	Kandovan	NGCLI07	1007
7	Chalous	NGCLI08	1008
8	Lahijan	NGCLI09	1009
9	Astara	NGCLI10	1010
10	Astara2	NGCLI10-2	1010-2
11	Lowshan	NGCLI11	1011
12	Ganje	NGCLI12	1012
13	Bavanat	NGCLI13	1013
14	Kashan	NGCLI14	1016
15	Amin	NGCLI15	1015
16	Masal	NGCLI17	1017
17	Yazd	G0YAZD01	9001
18	Tehran	G0THRN02	9002
19	Tabriz	G0TBRZ03	9003
20	Kermanshah	G0KRSH04	9004
21	Esfahan	G0SFHN05	9005
22	Ahvaz	G0AHVZ06	9006
23	Shiraz	G0SHRZ07	9007
24	Laar	G0LAAR08	9008
25	Kerman	G0KRMN10	9010
26	Birjand	G0BJND12	9012
27	Mashhad	G0MSHD13	9013
28	Kalaleh	G0KLLE14	9014
29	Tabas	G0TBAS15	9015
30	BandarAbbas	G0ABAS18	9018
31	Chabahar	G0CHBR19	9019
32	Qeshm1	G0QSHM20	9020
33	Zahedan	G0ZAHD21	9021
34	Boshehr	G0BSHR22	9022

omoorepeyman.ir

35	Abali	Abali	Abali
36	Cheshmeshour	Cheshmeshour	Cheshmeshour
37	Moaleman	G0MOLN23	9023
38	Khour	G0KHUR24	9024
39	Ravar	G0RAVR25	9025

۲-٤-۳- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۳-۴-۲-۱- در فایل‌های مشاهداتی مربوط به اندازه‌گیری‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک در دستگاه‌های ثقل‌سنج بدون قابلیت ثبت حروف، شماره ۴ رقمی نام ایستگاه درج شده و در ثقل‌سنج‌های با قابلیت ثبت حروف، شماره ایستگاه با پیش‌وند *GLGAM* درج گردد.

۳-۴-۲-۲- برای ثبت اسامی ایستگاه‌هایی که دارای اسامی متفاوتی می‌باشند نظیر *GLGAM2415-1*، عدد *24151* به‌عنوان اسم ایستگاه در ثقل‌سنج‌های بدون قابلیت ثبت حروف و در ثقل‌سنج‌های دارای قابلیت ثبت حروف، نام ایستگاه به‌طور کامل به‌صورت *GLGAM2415-1* (همراه با خط فاصله) درج گردد.

۳-۴-۲-۳- برای ایستگاه‌های دیگر مانند ایستگاه‌های شبکه ترازیابی نام کامل ایستگاه مطابق موارد ذکر شده بند ۲-۴-۱-۶-۵ و بدون فاصله درج گردد.

۳-۴-۲-۴- نام فایل مشاهداتی مربوط به مشاهدات خطوط شبکه ثقل‌سنجی درجه یک، عددی ۸ رقمی، شامل ۴ رقم مربوط به نام ایستگاه اول و ۴ رقم مربوط به نام ایستگاه دوم بدون فاصله می‌باشد. مثلا نام فایل مشاهداتی اندازه‌گیری بین دو ایستگاه *GLGAM2412* و *GLGAM2413* به صورت *24122413* ثبت گردد. برای درج نام فایل مشاهداتی ایستگاه‌هایی که دارای اسامی متفاوتی می‌باشند نظیر *GLGAM2415-1*، شماره ایستگاه به‌صورت کامل (یعنی به‌صورت *2415-1*) ثبت شود.

۳-٤-۳- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۲ و ۳

۳-۴-۳-۱- در فایل‌ها و فرم‌های مشاهداتی برای ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه دو در ستون مربوط به نام ایستگاه، عدد شش رقمی نام ایستگاه قید شود.

۳-۴-۳-۲- برای نام فایل مشاهداتی مربوط به اندازه‌گیری خطوط شبکه ثقل‌سنجی درجه سه، دو رقم اول مربوط به شماره سریال دستگاه ثقل‌سنج مطابق جدول۳-۶ و شش رقم بعدی مربوط به تاریخ اندازه‌گیری به سال میلادی مثلا *83080715* که *83* بیانگر نام دستگاه و *080715* تاریخ اندازه‌گیری دستگاه به سال میلادی است، ثبت شود.

۳-۴-۳-۳- برای دستگاه‌هایی که نام آنها بیش از دو رقم می‌باشد، دو رقم سمت چپ شماره سریال دستگاه مطابق جدول۳-۲ ثبت گردد. مثلا *60080715* که که *60* بیانگر دو رقم مربوط به شماره سریال دستگاه *601337* و *080715* تاریخ اندازه‌گیری دستگاه به میلادی می‌باشد.

جدول ۳-۲ نمونه نحوه استفاده از شماره سریال دستگاه در نام‌گذاری

omoorepeyman.ir

نام دستگاه در فایل مشاهداتی	شماره سریال دستگاه ثقل‌سنج بدون قابلیت ثبت حروف	نام دستگاه در فایل مشاهداتی	شماره سریال دستگاه ثقل‌سنج با قابلیت ثبت حروف
20	*A=202517*	*83*	*40900083*
45	*B=4505*	*84*	*40900084*
60	*C=601337*	*87*	*40900087*

۴-۳-۴-۳- اگر در یک روز بیش از یک اندازه‌گیری مربوط به شبکه ثقل‌سنجی انجام شود، به انتهای فایل مشاهدات، شماره تعداد دفعات اندازه‌گیری اضافه گردد. به عنوان مثال برای اندازه‌گیری دوم در تاریخ *20100715* با دستگاه *601337* نام فایل به صورت *601007152* می‌باشد.

٤-٣- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی

۴-۴-۴-۳- در روش استاتیک به بند ۳-۴-۳ مراجعه شود

۴-۴-۴-۳- در روش تعیین موقعیت آنی (*RTK/ Local RTK*) شماره یا کد نقاط شبکه در گیرنده ذخیره گردد.

٤-٣- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای

۱-۴-۴-۳- اطلاعات ضروری از جمله: تاریخ، نام عامل اندازه‌گیری، نام کامل ایستگاه، نوع آنتن گیرنده، ارتفاع آنتن، نحوه اندازه‌گیری ارتفاع آنتن و سایر موارد ذکر شده باید در فرم مشاهدات تکمیل گردد.

۲-۴-۴-۳- در قسمت نام ایستگاه در فایل جمع‌آوری، برای ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه دو، نام ۶ رقمی ایستگاه و برای ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک، نام ۴ رقمی آن درج گردد.

۳-۴-۴-۳- برای ذخیره‌سازی داده‌های گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) جمع‌آوری شده در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو، یک شاخه اصلی به نام بلوک مشاهداتی ایجاد گردیده و در آن زیر شاخه‌هایی به نام عامل‌های اندازه‌گیری‌کننده ساخته شود.

۴-۴-۴-۳- در یک گروه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) که معمولاً از سه یا چهار عامل اندازه‌گیری تشکیل شده است، هر عامل با یکی از حروف *a* تا *d* مشخص گردد.

۵-۴-۴-۳- فایل داده‌های ذخیره‌شده در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو با توجه به نوع ذخیره‌سازی داده در دستگاه به روش‌های زیر نام‌گذاری گردد:

۱-۵-۴-۴-۳- در دستگاه‌هایی که امکان ذخیره جداگانه داده‌ها بر روی هر ایستگاه وجود دارد (مثلا گیرنده‌های تریمبل) نام فایل به صورت زیر است:

شماره تکرار قرائت، حرف متعلق به نام عامل، شماره ۴ یا ۶ رقمی ایستگاه

استقرار اول بر روی ایستگاه ۲۳۱۱۷۷ توسط عامل *a* *231177a1*

استقرار دوم بر روی ایستگاه ۲۳۱۱۷۷ توسط عامل *a* *231177a2*

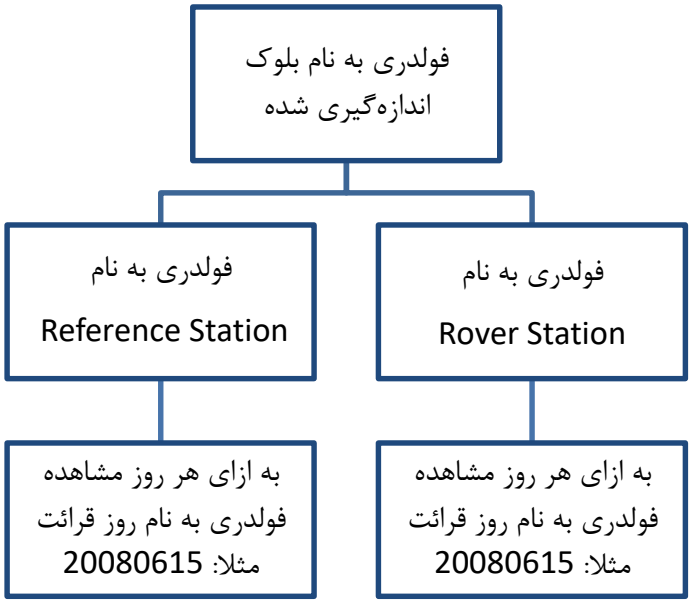
omoorepeyman.ir

هر عامل به استقرارهای مختلف بر روی یک ایستگاه به ترتیب اعداد ۱، ۲ و ... نسبت دهد به طوری‌که اگر در روزهای بعدی نیز بر روی ایستگاه ذکرشده مشاهداتی صورت گیرد، شماره تکرار در ادامه شماره روزهای قبلی آن ایستگاه باشد.

۲-۵-۴-۴-۳- در دستگاه‌هایی که امکان ذخیره اندازه‌گیری‌های مربوط به یک عامل تنها در یک فایل وجود دارد (مثل گیرنده‌های لایکا) هر عامل، فایل مشاهدات را در شاخه‌ای به نام عامل ذخیره‌سازی نماید. نام فایل مشاهداتی به صورت زیر باید باشد:

حرف متعلق به نام عامل، نام بلوک مورد اندازه‌گیری مثلاً *tehrana*

۶-۴-۴-۳- برای ذخیره‌سازی داده‌های گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*)، جمع‌آوری شده در شبکه ثقل‌سنجی درجه سه، در دستگاه‌هایی که امکان ذخیره جداگانه فایل در هر استقرار وجود دارد، باید شاخه‌هایی به صورت زیر ایجاد شود:



در داخل شاخه تاریخ مشاهدات، فایل‌های مشاهداتی مربوطه باید قرار بگیرد.

۷-۴-۴-۳- برای ذخیره‌سازی داده‌های گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) جمع‌آوری شده در شبکه ثقل‌سنجی درجه سه، در دستگاه‌هایی که امکان ذخیره اندازه‌گیری‌های مربوط به یک عامل در یک فایل وجود دارد، یک شاخه اصلی به نام بلوک اندازه‌گیری شده ایجاد شود و داده‌ها در آن ذخیره گردد.

۵-۳- دستورالعمل نحوه کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل‌سنج در خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی

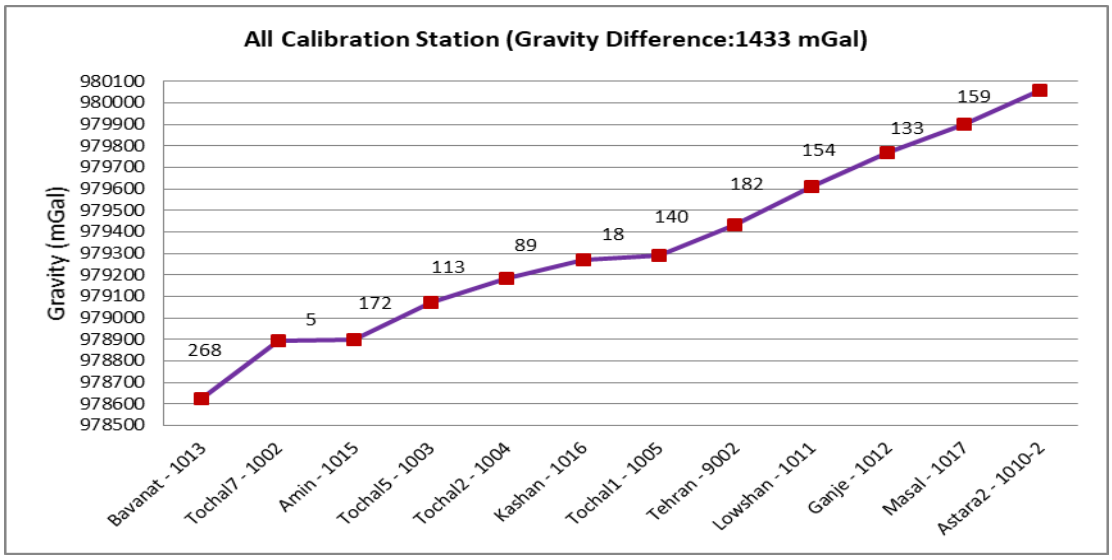
۱-۵-۳- دستگاه‌های ثقل‌سنج به منظور کنترل صحت اندازه‌گیری‌ها باید حداقل سالی یک‌بار بر روی ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی، کالیبره شوند.

omoorepeyman.ir

۳-۵-۲- در شبکه‌های ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی با احداث نقاط ماندگار در منطقه (خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی محلی)، باید قبل از انجام هر عملیات ثقل‌سنجی دستگاه‌های ثقل‌سنج مورد استفاده در پروژه کالیبره شوند.

۳-۵-۳- یک خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی شامل یک‌سری ایستگاه با مقادیر شتاب‌ثقل معلوم با دقت و کیفیت مناسب و مطمئن می‌باشد، به گونه‌ای که کل دامنه شتاب‌ثقل موجود در یک کشور و یا در منطقه مدنظر را پوشش دهد. با اندازه‌گیری اختلاف شتاب‌ثقل دو ایستگاه متوالی خط کالیبراسیون ثقل‌سنجی و مقایسه آن با مقادیر معلوم شتاب‌ثقل، با استفاده از روابط موجود در بند ۳-۶-۲-۳ برای هر محدوده شتاب‌ثقل، یک ضریب کالیبراسیون برای دستگاه ثقل‌سنج موردنظر به‌دست می‌آید.

۳-۵-۴- ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ملی ثقل‌سنجی که در حال حاضر تقریباً بیشترین اختلاف‌ثقل موجود در ایران را پوشش می‌دهند، شامل ایستگاه‌هایی با اختلاف شتاب‌ثقل ۱۴۳۰ میلی‌گال می‌باشند. بنابراین باید خطوط کالیبراسیون ثقل‌سنجی با توجه به مقادیر شتاب‌ثقل منطقه، بر اساس ایستگاه‌های مشخص شده در شکل ۳-۳۰ اندازه‌گیری شوند.



شکل ۳-۳۰ ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ملی ثقل‌سنجی در کشور

۳-۵-۵- شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج‌های نسبی مربوط به بند ۳-۲-۲-۱ درنظر گرفته شود.

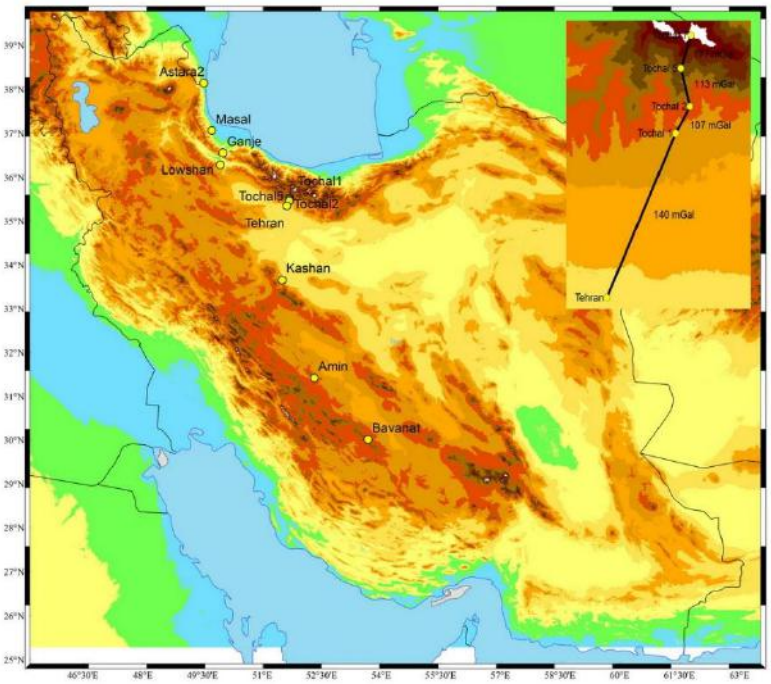
۳-۵-۶- خطوط مشاهداتی شبکه باید به‌صورت خط (رفت و برگشت) و مستقل از هم اندازه‌گیری شوند.

۳-۵-۷- اگر بیش از یک خط در یک روز اندازه‌گیری می‌شود، مشاهدات به همدیگر وابستگی زمانی نداشته باشد. یعنی حداقل یک ساعت فاصله بین دو اندازه‌گیری متوالی وجود داشته باشد.

۳-۵-۸- به منظور خطی درنظرگرفتن دریفت روزانه، مدت زمان رفت و برگشت کمتر از ۱۲ ساعت باشد.

۳-۵-۹- میزان دریفت مشاهدات شتاب‌ثقل در هنگام اندازه‌گیری خط کالیبراسیون ملی ثقل‌سنجی باید کمتر از ۲ میکروگال در ساعت باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳۱ توزیع ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ملی ثقل‌سنجی در ایران

۳-۵-۱۰- بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل‌سنج، حداقل ۳۰ دقیقه آن را خاموش کرده تا به ثبات برسد. سپس به اندازه ۳۰ دقیقه به‌صورت ثبت خودکار قرائت‌های یک دقیقه‌ای انجام شود.

۳-۵-۱۱- به منظور بررسی ثبات دستگاه می‌توان موارد بند ۳-۲-۲-۲-۵ را دنبال نمود.

۳-۶- دستورالعمل نحوه محاسبات شتاب‌ثقل

۳-۶-۱- محاسبات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر

۳-۶-۱-۱- دستگاه سقوط آزاد، شتاب جاذبه g را با استفاده از تداخل‌سنجی که جرم نمونه را هنگام سقوط آزاد در خلا به صورت دقیق ردیابی می‌کند، تعیین می‌نماید. مدار ردیاب نوری در خروجی تداخل‌سنج هر بار که سیگنال تداخل از صفر عبور می‌کند، یک پالس تولید می‌کند و زمان این پالس‌ها دقیقاً با استفاده از ساعت روبیدیوم اندازه‌گیری می‌شود. این جفت‌های فاصله و زمان می‌توانند با استفاده از روش کمترین مربعات برای حل معادله زیر استفاده شوند. در صورتی که از تکنیک سقوط آزاد برای تعیین مقدار شتاب‌ثقل مطلق در یک نقطه استفاده شود، روابط مربوطه به قرار زیر می‌باشد (*Micro-g Lacoste, 2008a*) :

(۳-۳)

$$x_i = x_0 + v_0 + \frac{1}{2} g_0 \tilde{t}_i^2 + \frac{\gamma x_0 \tilde{t}_i^2}{2} + \frac{\gamma v_0 \tilde{t}_i^2}{6} + \frac{\gamma g_0 \tilde{t}_i^2}{24}$$

$$\tilde{t}_i^2 = t_0 - \frac{(x_i - x_0)}{c}$$

omoorepeyman.ir

در این رابطه، γ گرادیان قائم شتاب‌ثقل، c سرعت نور، x_0 موقعیت اولیه، v_0 سرعت اولیه و g_0 مقدار شتاب‌ثقل است.

۳-۶-۱-۲- تاثیر عوامل مختلف بر اندازه‌گیری شتاب‌ثقل مطلق باید در محاسبات درنظر گرفته شود که در تکنیک سقوط آزاد عمده‌ترین این عوامل عبارتند از: تصحیح جزرومدی زمین جامد، تصحیح جزرومدی بار اقیانوسی، تصحیح تغییرات فشار هوا، تصحیح حرکت قطبی و تصحیح سرعت نور.

۳-۶-۱-۳- روش تداخل‌سنجی مورد استفاده در اندازه‌گیری لیزری موجب ایجاد یک تاخیر زمانی می‌شود که تاثیر آن برای فاصله x به میزان $-x/c$ (c سرعت نور برابر با ۲۹۹۷۹۲۴۵۸ متر بر ثانیه است) می‌باشد. مقدار این تصحیح در دستگاه‌های مختلف، متفاوت بوده که به‌عنوان مثال در دستگاه *FG5* مقدار این تصحیح در حدود ۱۱- میکروگال می‌باشد.

۳-۶-۱-۴- تصحیح فشار هوا (Cp) ناشی از اختلاف فشار هوای محل (Po) از فشار اسمی دستگاه (Pn) از رابطه زیر به‌دست می‌آید(*Micro-g Lacoste, 2008b*) :

$$C_P = A(P_0 - P_n) \qquad (۳-۴)$$

که در آن A ضریب ثابت می‌باشد و میزان آن بین ۰/۳۰- و ۰/۴۲- میکروگال بر هکتوپاسکال تغییر می‌کند و عدد ۰/۳۰- عموماً در محاسبات پیشنهاد شده و به‌کار می‌رود. مقدار فشار اسمی هوا بر اساس استاندارد شماره ۵۴۵۰ موسسه استاندارد آلمان به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_n = 1013.25(1 - 0.0065h_m / 288.15)^{5.2559} \qquad (۳-۵)$$

در این رابطه، h_m ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر می‌باشد. تغییرات روزانه ناشی از فشار هوا *0-20* میلی‌گال است.

۳-۶-۱-۵- تصحیح حرکت قطبی به دلیل تغییرات شتاب دورانی زمین ناشی از تغییر فاصله نقطه اندازه‌گیری از محور دورانی زمین در نتیجه پدیده حرکت قطبی زمین بوده و با در دست بودن مختصات قطب در زمان اندازه‌گیری از رابطه زیر بر حسب میکروگال محاسبه می‌شود (*Micro-g Lacoste, 2008b*):

$$\delta g = -1.164 \times 10^8 \omega^2 a \, 2 \sin\varphi \cos\varphi \, (x \cos\lambda - y \sin\lambda) \qquad (۳-۶)$$

در رابطه ۳-۶، ω سرعت دورانی زمین بر حسب رادیان بر ثانیه برابر 7.292115×10^{-5} rad s^{-1} ، a شعاع استوایی زمین (نیم قطر بزرگتر بیضوی) برحسب متر برابر 6378136.3، λ, φ عرض و طول ژئودتیک نقطه اندازه‌گیری بر حسب رادیان و x وy مختصات قطب بر حسب رادیان در سیستم *IERS* می‌باشند. مختصات قطب در دو حالت پیش‌بینی و نهایی توسط موسسه بین المللی دوران زمین (*IERS*) در دو بولتن جداگانه A و B ارائه می‌شود. میزان این اثر *0-8* میلی‌گال در سال می‌باشد.

۳-۶-۱-۶- تصحیح جزرومدی از دو روش هارمونیک و غیر هارمونیک قابل محاسبه است. روش غیر هارمونیک توسط برگر (*J. Berger ,1969*) ارائه و توسط نایبر(*Niebaur ,2002*) بهبود یافته است. روش هارمونیک نیز با استفاده از نرم‌افزار *ETGTAB (Wenzel 1994)* قابل محاسبه است (*Micro-g Lacoste, 2008b*).

۳-۶-۱-۷- به واسطه وجود جزرومد در آب‌های آزاد، توزیع آب در مناطق ساحلی تغییر کرده و میزان ستون آب و در نتیجه وزن آن تغییر می‌کند که این موضوع سبب تغییرات پوسته به‌ویژه در مولفه ارتفاعی گشته و مقدار

omoorepeyman.ir

شتاب‌ثقل را نیز تغییر می‌دهد. روش‌های مختلف برای محاسبه اثر بار جزرومدی اقیانوسی در تحقیقاتی نظیر *Farrell(1972)*، *Schwiderski(1980)*، *CSR3.0 Eanes and Bettapur(1995)* و *FES95.2 Le Provost et al (1998)* ارائه شده است (*Micro-g Lacoste, 2008b*).

۸-۱-۶-۳- دیگر اثرات ژئوفیزیکی مانند میزان رطوبت در خاک و سطح آب‌های زیرزمینی از دیگر عوامل تغییردهنده شتاب‌ثقل می‌باشند. همچنین، جابه‌جایی‌های ناشی از زمین‌لرزه‌ها، فعالیت‌های آتشفشانی، فعالیت‌های انسانی و باد شدید می‌تواند موجب تغییر مقدار شتاب‌ثقل گشته و همچنین اندازه‌گیری دقیق آن را تحت تاثیر قرار دهد. میزان ثبات نقطه اندازه‌گیری از نظر ایجاد لرزه‌های خفیف را می‌توان با استفاده از دستگاه‌های لرزه‌سنج مشخص نمود.

۳-۶-۲- محاسبات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۱-۲-۶-۳- آماده‌سازی داده‌ها

۱-۱-۲-۶-۳- محاسبات مربوط به شبکه ثقل‌سنجی درجه یک بر اساس اندازه‌گیری شتاب‌ثقل نسبی بین دو ایستگاه به‌صورت رفت و برگشت به منظور حذف دریفت با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی می‌باشد.

۲-۱-۲-۶-۳- پس از دریافت فایل‌های خام مشاهدات از عامل زمینی، فرم‌ها و فایل‌های مشاهداتی در مواردی از قبیل تاریخ، زمان شروع و خاتمه اندازه‌گیری، شماره سریال دستگاه، زمان دریفت ثابت و نام ایستگاه تطابق داده شود. در موارد لزوم، تغییرات مورد نظر اعمال گردد. در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک هر فایل شامل یک خط مشاهداتی است.

۳-۱-۲-۶-۳- در صورت اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه‌های بدون قابلیت ثبت حروف، اگر اندازه‌گیری‌های مربوط به یک خط مشاهداتی در یک شبانه روز نباشد، لازم است به زمان مشاهداتی که در روز بعد انجام شده، ۲۴ ساعت اضافه گردد.

۴-۱-۲-۶-۳- اگر اطلاعات مربوط به دو خط مشاهداتی در یک فایل موجود باشد، لازم است که این مشاهدات در دو فایل مجزا ذخیره شود.

۵-۱-۲-۶-۳- فایل‌های مشاهداتی با نرم‌افزارهای مرتبط و یا برنامه‌های کامپیوتری تهیه شده مورد محاسبه قرار گرفته و خروجی محاسبات، پس از تعیین اختلاف شتاب‌ثقل و کشف مشاهدات اشتباه فایلی شامل موارد ذیل می‌باشد:

- نام ایستگاه ۱
- نام ایستگاه ۲
- اختلاف مشاهدات دو ایستگاه $\Delta R_{1,2}$
- انحراف معیار اختلاف مشاهدات $sd_{\Delta R_{1,2}}$
- شماره سریال دستگاه ثقل‌سنج
- تاریخ اندازه‌گیری
- دریفت اندازه‌گیری برحسب میکروگال $(\overline{R}_1^b - \overline{R}_1)$

omoorepeyman.ir

- اختلاف زمان اندازه‌گیری رفت و برگشت بر روی ایستگاه ۱ $(\bar{t}_1^b - \bar{t}_1)$
- اختلاف بین بیشترین و کمترین مشاهده انجام شده
- مدت زمان اندازه‌گیری
- و تعداد مشاهدات اشتباه حذف شده روی ایستگاه ۱، ایستگاه ۲ و مشاهده برگشت ایستگاه ۱

۶-۱-۲-۶-۳- اطلاعات مربوط به هر سری مشاهدات شبکه ثقل‌سنجی درجه یک به فایل نهایی مربوط به آن شبکه اضافه شود.

۷-۱-۲-۶-۳- برای تجزیه و تحلیل بهتر مشاهدات می‌توان از یک نرم‌افزار دیتابیس (نظیر *ArcGIS*) استفاده نمود. برای تمایز مشاهدات از یکدیگر به هر خط یا لوپ مشاهده‌ای، یک کد منحصر به فرد اختصاص داده شود. همچنین باید توجه نمود مشاهدات تکراری همان کد قبلی خود را بگیرند و نیز بین خطوط و لوپ‌های مجزا کد مشترکی وجود نداشته باشد. پس از اختصاص کدهای مجزا به خطوط و لوپ‌ها لازم است که این مشاهدات به همراه کد آنها در نرم‌افزار ترسیم گردد.

۸-۱-۲-۶-۳- پس از ترسیم خطوط در محیط نرم‌افزار دیتابیس و تشکیل لوپ‌های مثلثی، لازم است خطای بست مربوط به هر لوپ محاسبه گردد. خطای بست مثلثی در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک، در دو مرحله قبل و بعد از اعمال تصحیح کالیبراسیون بر روی خطوط مشاهداتی محاسبه می‌شود. مقایسه نتایج خطای بست در این دو مرحله میزان تاثیر تصحیح کالیراسیون در اندازه‌گیری‌ها را نشان می‌دهد که این تاثیر باید در جهت کاهش مقادیر خطای بست باشد.

۹-۱-۲-۶-۳- بعد از اعمال تصحیح کالیبراسیون، از خطای بست مثلثی برای کشف خطاهای بزرگ در اندازه‌گیری‌ها استفاده می‌شود. در صورت مشاهده خطای فاحش، در مرحله بعد از اعمال تصحیح کالیبراسیون لازم است که خط مشاهداتی اشتباه در هر مثلث کشف گردد و در دستور کار اندازه‌گیری مجدد قرار گیرد.

۲-۲-۶-۳- تست‌های قبل از سرشکنی

هدف از تست‌های قبل از سرشکنی کنترل کیفیت مشاهدات، کشف و حذف اشتباهات است. مشاهدات خوب نتایج بهتری ایجاد می‌کنند؛ یعنی با استفاده از آنها مقادیر مطمئن‌تری برای مجهولات برآورد می‌گردد، در حالی‌که مشاهدات اشتباه سبب ایجاد نتایج نادرست می‌شوند. در این تست هر یک از مشاهدات بطور جداگانه در نظر گرفته می‌شود تا سازگاری هر کدام با بقیه مشاهدات سری، مورد آزمون قرار گیرد. عدم موافقت یک مشاهده با بقیه به علت وجود خطای فاحش یا اشتباه در اندازه‌گیری آن، خطای عامل اندازه‌گیری و یا تزلزل لحظه‌ای دستگاه اندازه‌گیری می‌باشد. برای این منظور لازم است (مشهدی حسینعلی ۱۳۹۳ و Vanicek and Krakiwsky, 1986):

۱-۲-۲-۶-۳- با یک سری اندازه‌گیری پیوسته $R_i \; ; \; i=1,2,...,n$ با انحراف معیار $SD_i \; ; \; i=1,2,...,n$ بر روی یک ایستگاه می‌توان با استفاده از رابطه زیر یک مقدار میانگین برای مشاهدات آن ایستگاه به‌دست آورد:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^{n} P_i \qquad (۳-۷)$$

۲-۲-۲-۶-۳- واریانس برآوردشده مشاهدات با استفاده از فرمول زیر تعیین گردد:

omoorepeyman.ir

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i-\overline{R})^2}{n-1}} \qquad (۳-۸)$$

۳-۲-۲-۶-۳- از تست باقیمانده استاندارد برآورد شده برای کشف مشاهدات اشتباه استفاده می‌شود. برای این تست از آماره $\frac{R_i-\overline{R}}{\sqrt{\frac{n-1}{n}}\times S}$ (صورت کسر باقیمانده، مخرج کسر خطای استاندارد باقیمانده) با تابع چگالی احتمال $\tau(\xi;n-1)$ استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن سطح اطمینان $1-\alpha$ رابطه زیر برای کشف مشاهدات اشتباه استفاده می‌شود:

$$\overline{R}-\sqrt{\frac{n-1}{n}}\times S\times \xi_{\tau_{n-1},1-\alpha/2}<R_i<\overline{R}+\sqrt{\frac{n-1}{n}}\times S\times \xi_{\tau_{n-1},1-\alpha/2} \qquad (۳-۹)$$

۳-۲-۲-۶-۴- هر مشاهده R_i که در رابطه ۳-۹ با سطح اطمینان 95% ($\alpha=0.05$) قرار نگیرد، *outlier* محسوب شده و از لیست مشاهدات حذف گردد.

۳-۲-۲-۶-۵- دریفت اندازه‌گیری شتاب‌ثقل مربوط به یک خط مشاهداتی باید کمتر از ۲ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۲-۲-۶-۶- به منظور بررسی صحت اختلاف شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده در یک خط نسبت به خطوط مجاور، خطای بست مثلث‌های حاصل نباید بیشتر از $3\times10\times\sqrt{3}\approx52$ میکروگال باشد.

۳-۲-۶-۳- معادلات و روابط مربوط به مشاهدات ثقل‌سنجی نسبی

۳-۲-۲-۳-۶-۱- معادله مشاهده مربوط به اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه ثقل‌سنج نسبی برای محاسبه اختلاف شتاب‌ثقل بین دو ایستگاه به صورت زیر است (نجفی و راست‌بود ۱۳۸۷):

$$g_j-g_i=k(R_j-R_i) \qquad (۳-۱۰)$$

در این رابطه، k ضریب کالیبراسیون بوده که اگر دستگاه ثقل‌سنج کاملاً کالیبره باشد، مقدار آن برابر یک خواهد بود. اما به تدریج و به مرور زمان، مقدار آن تغییر می‌یابد که باید این ضریب طی عملیات کالیبراسیون دستگاه ثقل‌سنج تعیین گردد.

۳-۲-۲-۳-۶-۲- با گذشت زمان، دستگاه ثقل‌سنج کیفیت اولیه خود را از دست می‌دهد. به‌همین دلیل در اندازه‌گیری‌های شتاب‌ثقل تغییراتی ایجاد می‌گردد که تحت عنوان دریفت شناخته می‌شود. دریفت در واقع تغییر اندازه‌گیری‌های دستگاه در واحد زمان می‌باشد. بنابراین مقدار این تغییر باید محاسبه شده و به مشاهدات اعمال گردد. دریفت دستگاه ثقل‌سنج به دو قسمت ثابت و متغیر (مقطعی) تقسیم می‌شود. ترم ثابت دریفت طی عملیات *Cycling* مطابق بند ۳-۲-۲-۱-۴ تعیین و ترم متغیر آن با انجام اندازه‌گیری‌های رفت و برگشتی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$D=\frac{\overline{R}_1^{\,b}-\overline{R}_1}{\bar{t}_1^{\,b}-\bar{t}_1} \qquad (۳-۱۱)$$

omoorepeyman.ir

در این رابطه، $\overline{R}_1$ میانگین وزن‌دار مشاهدات انجام شده در ایستگاه اول، $\overline{R}_1^b$ میانگین وزن‌دار مشاهدات انجام شده در ایستگاه اول در هنگام برگشت و $\bar{t}_1^b - \bar{t}_1$ مدت زمان رفت و برگشت بر حسب ساعت می‌باشد.

۳-۳-۶-۲-۳- با توجه به اندازه‌گیری یک سری مشاهدات در هر ایستگاه ($R_i \;;\; i = 1,2,...,n$)، باید با استفاده از رابطه ۳-۷ برای هر ایستگاه یک مقدار میانگین وزن‌دار محاسبه گردد.

۳-۳-۶-۲-۳- زمان هر اندازه‌گیری ($t_i \;;\; i = 1,2,...,n$) در فایل مشاهداتی بر حسب ساعت، دقیقه و ثانیه می‌باشد که باید تبدیل به زمان بر حسب ساعت شده و میانگین زمان مشاهدات برای هر ایستگاه محاسبه گردد.

$$\bar{t} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i \qquad (۳-۱۲)$$

۳-۳-۶-۲-۳- در فایل مشاهداتی، هر اندازه‌گیری با یک انحراف‌معیار ($SD_i \;;\; i = 1,2,...,n$) ذخیره می‌گردد. بنابراین باید انحراف‌معیار مقدار میانگین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود:

$$SD_{\overline{R}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{SD_i^2}}} \qquad (۳-۱۳)$$

۳-۳-۶-۲-۳- درصورتی که مدت زمان اندازه‌گیری رفت و برگشت کمتر از نصف روز (۱۲ ساعت) باشد، می‌توان دریفت متغیر را خطی فرض کرده و تصحیح دریفت را برای ایستگاه‌های میانی به‌دست آورد:

$$\begin{bmatrix} \overline{R}_1,\ SD_{\overline{R}_1},\ \bar{t}_1 \\ \overline{R}_2,\ SD_{\overline{R}_2},\ \bar{t}_2 \\ ... \\ .. \\ . \\ \overline{R}_1^b,\ SD_{\overline{R}_1^b},\ \bar{t}_1^b \end{bmatrix}$$

$$R_j^{cor} = \overline{R}_j - D\times(\bar{t}_j - \bar{t}_1) \quad ; \qquad j = 2,3,...,n \qquad (۳-۱۴)$$

۳-۳-۶-۲-۳- بنابراین معادله مشاهده مربوط به اختلاف مشاهده ($\Delta g_{i,j}$) بین دو ایستگاه بر اساس رابطه زیر خواهد بود:

$$\Delta g_{i,j} = c(R_j^{cor} - R_i^{cor}) = c\left((\overline{R}_j - \overline{R}_i) - D\times(\bar{t}_j - \bar{t}_i)\right) \qquad (۳-۱۵)$$

۳-۳-۶-۲-۳- همچنین با توجه به قانون انتشار خطا، با صرف‌نظرکردن از وابستگی بین مشاهدات، انحراف‌معیار $\Delta g_{i,j}$ نیز از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$SD_{\Delta g_{i,j}}^2 = c^2\left[SD_{\overline{R}_j}^2 + SD_{\overline{R}_i}^2 + \left(\frac{\bar{t}_j - \bar{t}_i}{\bar{t}_1^b - \bar{t}_1}\right)^2\left(SD_{\overline{R}_1^b}^2 + SD_{\overline{R}_1}^2\right)\right] \qquad (۳-۱۶)$$

omoorepeyman.ir

٤-۲-٦-۳- تعدیل و سرشکنی شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۱-۴-۲-۶-۳- در حل مسائل گسسته معکوس نظیر مسائلی که در نقشه‌برداری با آن مواجه هستیم، رسیدن به برآوردی از پارامترهای مورد نیاز مستلزم حل یک دستگاه معادلات همزمان است. از آنجا که در نقشه‌برداری به علت وجود خطا در اندازه‌گیری برای رسیدن به برآورد نزدیک به واقع و امکان تعیین دقت کمیت های مورد نظر، هیچ‌گاه به حداقل تعداد اندازه‌گیری‌های لازم نمی‌توان اکتفا کرد، تعداد معادلات در این دستگاه‌های معادلات به مراتب بیشتر از تعداد مجهولات آنها است (مشهدی حسینعلی ۱۳۹۳ و Vanicek and Krakiwsky, 1986).

۲-۴-۲-۶-۳- به منظور سرشکنی شبکه‌های ثقل از روش کمترین مربعات استفاده شده و معادلات مشاهدات موردنیاز برای این منظور، اختلاف شتاب‌ثقل بین ایستگاه‌ها، بر اساس رابطه ۳-۱۴ می‌باشد که پس از انجام محاسبات لازم، مقدار شتاب‌ثقل ایستگاه‌ها و دقت آنها به‌دست می‌آید.

۳-۴-۲-۶-۳- سرشکنی بر اساس مدل پارامتریک خطی می‌باشد، در فرم پارامتریک از مدل ریاضی، هر مشاهده به صورت تابعی صریح بر حسب تمام یا تعدادی از مجهولات نوشته می‌شود.

$$\mathbf{v} + \mathbf{l} = \mathbf{A}\mathbf{x} \qquad (۳-۱۷)$$

در این رابطه، تعداد معادله مشاهده برابر n و تعداد مجهولات (مقادیر شتاب‌ثقل ایستگاه‌ها) برابر u می‌باشد. همچنین در رابطه ۵-۱۷، بردار مشاهدات $\mathbf{l}_{n+1}$ بیانگر اختلاف شتاب‌ثقل‌های اندازه‌گیری شده، $\mathbf{v}_{n+1}$ بردار باقیمانده و $\boldsymbol{A}_{n\times u}$ ماتریس طراحی است. اختلاف تعداد مشاهدات و مجهولات، درجه آزادی df نامیده می‌شود. درجه آزادی معیاری برای ارزیابی میزان آزادی عمل در تعیین دقیق‌تر پارامترهای مجهول در سرشکنی است.

۴-۴-۲-۶-۳- در سرشکنی خطاهای اتفاقی مشاهدات، بعضاً با مسائلی مواجهیم که در آنها، برآوردی اولیه از تمام یا بخشی از پارامترهای مدل ریاضی به همراه ماتریس وریانس-کوواریانس آن در دست است. از این مقادیر می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از مشاهدات با دقت معین در سرشکنی خطاهای اتفاقی استفاده کرد و در این صورت درجه آزادی سرشکنی افزایش می‌یابد و می‌توان به برآوردی دقیقتر و قابل اطمینانتر از پارامترهای مجهول رسید. این روش سرشکنی خطاهای اتفاقی مشاهدات به روش سرشکنی با پارامترهای وزن‌دار معروف است. در اینجا ایستگاه‌هایی که مقدار شتاب‌ثقل آنها با دقت بالا معلوم است (شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر)، ثابت وزن‌دار فرض می‌شود.

$$\mathbf{x}' + \mathbf{v}_{\mathrm{x}'} = \mathbf{B}\mathbf{x} \qquad (۳-۱۸)$$

در این رابطه، بردارهای $\mathbf{x}'$ و $\mathbf{v}_{\mathrm{x}'}$ بردارهای هستند که u' تعداد ایستگاه‌های دارای شتاب ثقل معلوم است. ماتریس B نیز یک ماتریس $u' \times u$ است که درایه‌های آن صفر و یک هستند. در ماتریس B ستونهای مربوط به ایستگاه‌هایی که شتاب ثقل معلوم ندارند، برابر صفر است.

۵-۴-۲-۶-۳- محاسبه ماتریس کوواریانس کمیت‌های مجهول مستلزم در اختیار داشتن ماتریس کوواریانس کامل مشاهدات است. عناصر قطری این ماتریس شامل وریانس هر یک از مشاهدات و عناصر غیر قطری آن معرف میزان همبستگی بین آنها است. تعیین میزان همبستگی مشاهدات عملا غیر ممکن است چرا که معمولا نمی‌توان عوامل موثر در همبستگی بین مشاهدات مختلف را به صورت کمی ارزیابی کرد. برای

omoorepeyman.ir

حل این مشکل غالبا سعی می‌شود تا در مرحله انجام مشاهدات با رعایت دستورالعمل‌های اندازه‌گیری، از ایجاد همبستگی بین مشاهدات اجتناب گردد.

۳-۶-۲-۴-۶- ماتریس واریانس کوواریانس مشاهدات $\mathbf{C_l}$ با فرض مستقل بودن مشاهدات (تقریباً با توجه به اینکه بیشتر خطوط شبکه به صورت مستقل اندازه‌گیری شده‌اند) یک ماتریس قطری درنظر گرفته می‌شود که واریانس یا انحراف‌معیار هر اندازه‌گیری معرف دقت و نقش آن اندازه‌گیری در محاسبات سرشکنی می‌باشد. با توجه به اینکه دقت عملی دستگاه‌های اندازه‌گیری غالبا با دقت اسمی آنها متفاوت است، دقت‌های درنظر گرفته‌شده برای مشاهدات با دقت‌های واقعی تفاوت خواهد داشت،.ماتریس واریانس کوواریانس $\mathbf{C_{x'}}$ ، نشان‌دهنده انحراف‌معیار شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه صفر می‌باشد.

۳-۶-۲-۴-۷- چنانچه ماتریس وزن مشاهدات مضربی از عکس ماتریس واریانس–کوواریانس مشاهدات انتخاب گردد، جواب کمترین مربعات جوابی نا اریب با ماکزیمم احتمال و مینیمم واریانس می‌باشد. با توجه به اینکه پیش از سرشکنی تعیین دقیق ماتریس وزن مشاهدات ضروری نیست، محاسبه آن با در اختیار داشتن مضربی از این ماتریس واریانس–کوواریانس مشاهدات امکان‌پذیر است.

$$\mathbf{P} = \sigma_0^2 \times \mathbf{C_l}^{-1} \qquad \mathbf{P_{x'}} = \sigma_0^2 \times \mathbf{C_{x'}}^{-1} \qquad (۳-۱۹)$$

در این رابطه، $\mathbf{P}$ وزن مشاهدات، $\mathbf{P_{x'}}$ وزن مقادیر اولیه با دقت معلوم و σ_0^2 فاکتور واریانس اولیه است.

۳-۶-۲-۴-۸- پس از حل دستگاه معادلات به روش کمترین مربعات، مقادیر برآورد شده پارامترهای مجهول $\widehat{\mathbf{X}}$ به همراه سایر پارامترها با استفاده از روابط زیر به‌دست می‌آیند:

$$\widehat{\mathbf{X}} = (\mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{A} + \mathbf{B}^{\mathrm{T}}\mathbf{P_{x'}}\mathbf{B})^{-1}(\mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{l} + \mathbf{B}^{\mathrm{T}}\mathbf{P_{x'}}\mathbf{x'}) \qquad (۳-۲۰)$$

$$\mathbf{C_{\hat{x}}} = \sigma_0^2(\mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{A} + \mathbf{B}^{\mathrm{T}}\mathbf{P_{x'}}\mathbf{B})^{-1} \qquad (۳-۲۱)$$

$$\mathbf{C_{\hat{v}}} = \sigma_0^2[\mathbf{P}^{-1} - \mathbf{A}(\mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{A} + \mathbf{B}^{\mathrm{T}}\mathbf{P_{x'}}\mathbf{B})^{-1}\mathbf{A}^{\mathrm{T}}] \qquad (۳-۲۲)$$

۳-۶-۲-۴-۹- مقدار فاکتور واریانس اولیه بعد از سرشکنی قابل برآورد است که فاکتور واریانس ثانویه $\widehat{\sigma}_0^2$ نامیده می‌شود. در مرحله اول سرشکنی به دلیل معلوم نبودن فاکتور واریانس مقدار آن یک فرض می‌شود.

$$\widehat{\sigma}_0^2 = \frac{\hat{\mathbf{v}}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\hat{\mathbf{v}} + \hat{\mathbf{v}}_{\mathbf{x}'}^{\mathrm{T}}\mathbf{P_{x'}}\hat{\mathbf{v}}_{\mathbf{x}'}}{\mathrm{df}} \qquad (۳-۲۳)$$

در این برآورد علاوه بر ماتریس کوواریانس نسبی مشاهدات، برآورد بردار باقیمانده‌ها نیز بر بزرگی یا اندازه برآورد فاکتور وریانس ثانویه تاثیرگذار است.

۳-۶-۲-۵- ارزیابی نتایج

۳-۶-۲-۵-۱- بعد از انجام تعدیل و سرشکنی اولیه شبکه، کنترل کیفی نتایج به وسیله تست‌های آماری مناسب انجام می‌گردد (مشهدی حسینعلی ۱۳۹۳ و Vanicek and Krakiwsky, 1986).

۳-۶-۲-۵-۲- یکی از آزمون‌های آماری تست فاکتور واریانس ثانویه است. تست فاکتور واریانس که یکی از اساسی‌ترین تست‌های آماری در شبکه محسوب می‌شود، از آماره $df\widehat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2$ که دارای تابع چگالی احتمال کای–اسکوئر $\chi^2(\xi, df)$ با df درجه آزادی است، استفاده می‌کند. با درنظرگرفتن سطح‌اطمینان $1-\alpha$ رابطه زیر را خواهیم داشت:

omoorepeyman.ir

$$\frac{df\hat{\sigma}_0^2}{\xi_{\chi^2_{df,1-\propto/2}}} < \sigma_0^2 < \frac{df\hat{\sigma}_0^2}{\xi_{\chi^2_{df,\propto/2}}} \qquad (۳-۲۴)$$

موارد زیر می‌تواند از دلایل رد تست واریانس فاکتور ثانویه ذکر شود:

- ❖ غیر نرمال بودن تابع پخش باقیمانده‌ها
- ❖ نادرست بودن مدل ریاضی
- ❖ وجود خطای سیستماتیک در مشاهدات
- ❖ غیر صحیح بودن ماتریس واریانس کوواریانس مشاهدات از نظر نسبی
- ❖ وجود مشاهدات اشتباه
- ❖ اشتباه محاسباتی

۳-۵-۲-۶-۳- اگر دلیل رد آزمون فاکتور وریانس ثانویه وجود مشاهدات اشتباه باشد، تست دیگری که بعد از سرشکنی باید انجام گیرد، آزمون کشف مشاهدات اشتباه است. برای این تست از آماره باقیمانده استاندارد شده $\tilde{V}_i = \hat{V}_i / \hat{\sigma}_{\hat{V}_i}$ با تابع چگالی احتمال $\tau(\xi; df)$ استفاده می‌شود. پارامتر $\hat{\sigma}_{\hat{V}_i}$ جذر عناصر قطری ماتریس $\hat{C}_{\hat{V}}$ می‌باشد. با در نظر گرفتن سطح اطمینان $1-\alpha$ رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$-\xi_{\tau,1-\alpha/2}\hat{\sigma}_{\hat{V}_i} < \hat{V}_i < \xi_{\tau,1-\alpha/2}\hat{\sigma}_{\hat{V}_i} \qquad (۳-۲۵)$$

برای کشف مشاهدات اشتباه می توان از آزمون‌های کشف مشاهده اشتباه نظیر تست باردا (*Baarda*) استفاده نمود:

۱-۳-۲-۵-۶-۳- مشاهده مربوط به بزرگترین باقیمانده استاندارد شده که از تست رابطه ۳-۲۴ رد می‌گردد، از لیست مشاهدات حذف شده و محاسبات سرشکنی تکرار می‌گردد.

۲-۳-۲-۵-۶-۳- پس از انجام محاسبات سرشکنی مجدد در صورتی که دوباره چندین باقیمانده استانداردشده از تست مذکور رد شود، مشابه مرحله قبل، مشاهده مربوط به بزرگترین باقیمانده، حذف شده و محاسبات سرشکنی تکرار می‌گردد.

۳-۳-۲-۵-۶-۳- مراحل فوق تا زمانی تکرار می‌گردد که هیچ باقیمانده استاندارد شده‌ای از تست مربوطه رد نشود.

۴-۳-۲-۵-۶-۳- پس از قبول شدن تمام باقیمانده‌های استانداردشده، مشاهدات حذف شده از ابتدای لیست یک به یک وارد سرشکنی می‌شود.

۵-۳-۲-۵-۶-۳- هر مشاهده‌ای که وارد ساختن آن در لیست باعث رد باقیمانده‌های استانداردشده گردد، مشاهده اشتباه بوده و باید حذف شود.

۳-۶-۳- محاسبات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی درجه ۲

۱-۳-۶-۳- در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو کنترل مشاهدات با مقدار دریفت به‌دست آمده برای هر لوپ انجام می‌گیرد. در صورتی که میزان دریفت لوپی بزرگتر از ۴ میکروگال در ساعت باشد، لازم است که اندازه‌گیری‌های لوپ مورد نظر بررسی گردد و در صورت نیاز مشاهدات اشتباه تکرار شود.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۶-۳- به منظور بررسی صحت اختلاف شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده در یک خط نسبت به خطوط مجاور، خطای بست n ضلعی‌های حاصل نباید بیشتر از $3\times10\times\sqrt{n}$ میکروگال باشد.

۳-۳-۶-۳- معادلات، روابط و تست‌های آماری مربوط به مشاهدات شتاب‌ثقل نسبی در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو مانند بند ۲-۶-۵ می‌باشد. با این تفاوت که در آن، ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر و یک، به‌عنوان ایستگاه‌های ثابت وزن‌دار درنظر گرفته می‌شوند.

۳-٦-٤- محاسبات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی درجه ۳

۱-۴-۶-۳- در شبکه ثقل سنجی درجه سه کنترل مشاهدات با مقدار دریفت به‌دست آمده برای هر لوپ انجام می‌گیرد. در صورتی که میزان دریفت لوپی بزرگتر از ۶ میکروگال در ساعت باشد، لازم است که اندازه‌گیری‌های لوپ مورد نظر بررسی گردد و در صورت نیاز مشاهدات اشتباه تکرار شود.

۲-۴-۶-۳- به منظور بررسی صحت اختلاف شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده در یک خط نسبت به خطوط مجاور، خطای بست n ضلعی‌های حاصل نباید بیشتر از $3\times10\times\sqrt{n}$ میکروگال باشد.

۳-۴-۶-۳- معادلات، روابط و تست‌های آماری مربوط به مشاهدات شتاب‌ثقل نسبی در شبکه ثقل‌سنجی درجه سه مانند بند ۵-۶-۲ می‌باشد. با این تفاوت که در آن، ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر، یک و دو به‌عنوان ایستگاه‌های ثابت وزن‌دار درنظر گرفته می‌شوند.

۳-٦-٥- محاسبات مربوط به کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی

۱-۵-۶-۳- با توجه به رابطه ۳-۱۰ مربوط به معادله مشاهده شتاب‌ثقل نسبی و با مقایسه اختلاف شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده توسط دستگاه‌های ثقل‌سنج نسبی با اختلاف شتاب‌ثقل مطلق ایستگاه‌ها، باید ضرایب کالیبراسیون هر دستگاه برای بازه‌های شتاب‌ثقل خط کالیبراسیون و در بازه‌های زمانی اندازه‌گیری شده به صورت خطی محاسبه شود.

۲-۵-۶-۳- هدف از محاسبه ضریب کالیبراسیون، اعمال آنها به مشاهدات اختلاف شتاب‌ثقل‌های اندازه‌گیری شده بین هر دو ایستگاه می‌باشد. با توجه به اینکه ضرایب تصحیح کالیبراسیون برای دستگاه‌های مختلف و در بازه‌های زمانی متفاوت (در طی مدت زمان انجام مشاهدات) محاسبه می‌شود، برای اعمال تصحیح کالیبراسیون به هر یک از مشاهدات اختلاف شتاب‌ثقل اندازه‌گیری شده بین دو ایستگاه A و B، به صورت زیر عمل شده است:

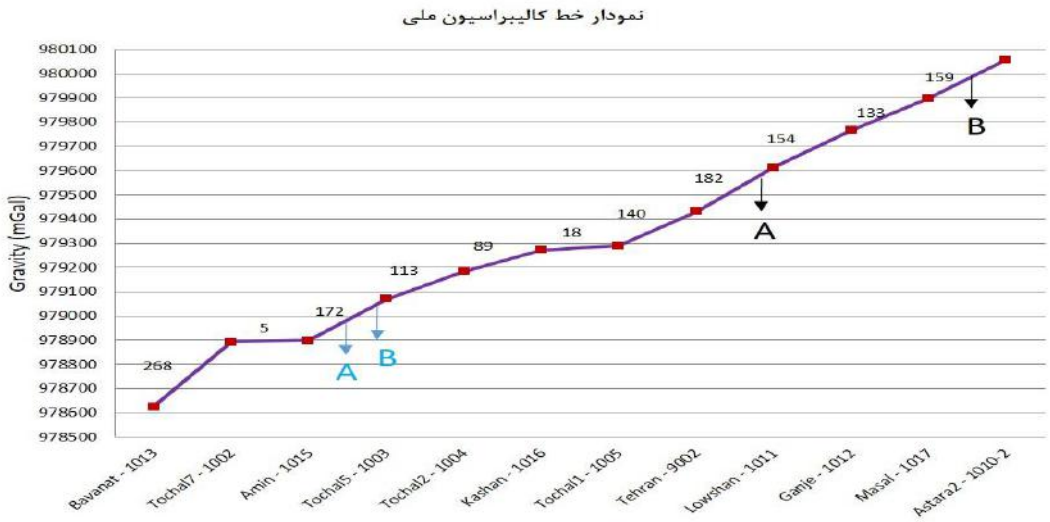
۱-۲-۵-۶-۳- برای اعمال تصحیح کالیبراسیون به هر یک از مشاهدات اختلاف شتاب‌ثقل با فرض اینکه مشاهده بین دو ایستگاه A و B صورت گرفته باشد، ابتدا با توجه به مقدار شتاب‌ثقل اولیه هر دو ایستگاه و دستگاه ثقل‌سنج استفاده شده برای اندازه‌گیری، تعیین می‌شود که دو ایستگاه مورد نظر در چه بازه‌ای از خط کالیبراسیون برای آن دستگاه قرار گرفته است.

۲-۲-۵-۶-۳- اگر هر دو ایستگاه A و B از نظر مقدار شتاب‌ثقل در یک بازه از خط کالیبراسیون قرار گیرد در این حالت، با توجه به نوع دستگاه و تاریخ اندازه‌گیری خط AB، ضریب کالیبراسیون مربوط به

omoorepeyman.ir

آن دستگاه و آن بازه که کمترین فاصله زمانی را به تاریخ اندازه‌گیری خط AB دارد، به عنوان ضریب کالیبراسیون خط AB در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲-۵-۶-۳- اگر دو ایستگاه A و B از نظر مقدار شتاب‌ثقل اولیه در دو بازه مختلف از خط کالیبراسیون قرار گیرند در این حالت، با توجه به نوع دستگاه و تاریخ اندازه‌گیری خط AB، ابتدا بازه‌هایی از خط کالیبراسیون که خط مورد نظر را شامل می‌شود، تعیین می‌گردد و اختلاف شتاب‌ثقل دو ایستگاه با توجه به مقادیر اولیه شتاب‌ثقل محاسبه می‌شود. سپس با توجه به نسبت اختلاف شتاب‌ثقل دو ایستگاه A و B به اختلاف شتاب‌ثقل بازه‌هایی از خط کالیبراسیون که خط AB را شامل می‌شود، از طریق میانگین وزن‌دار، مقدار تصحیح کالیبراسیون برای خط AB محاسبه می‌شود.



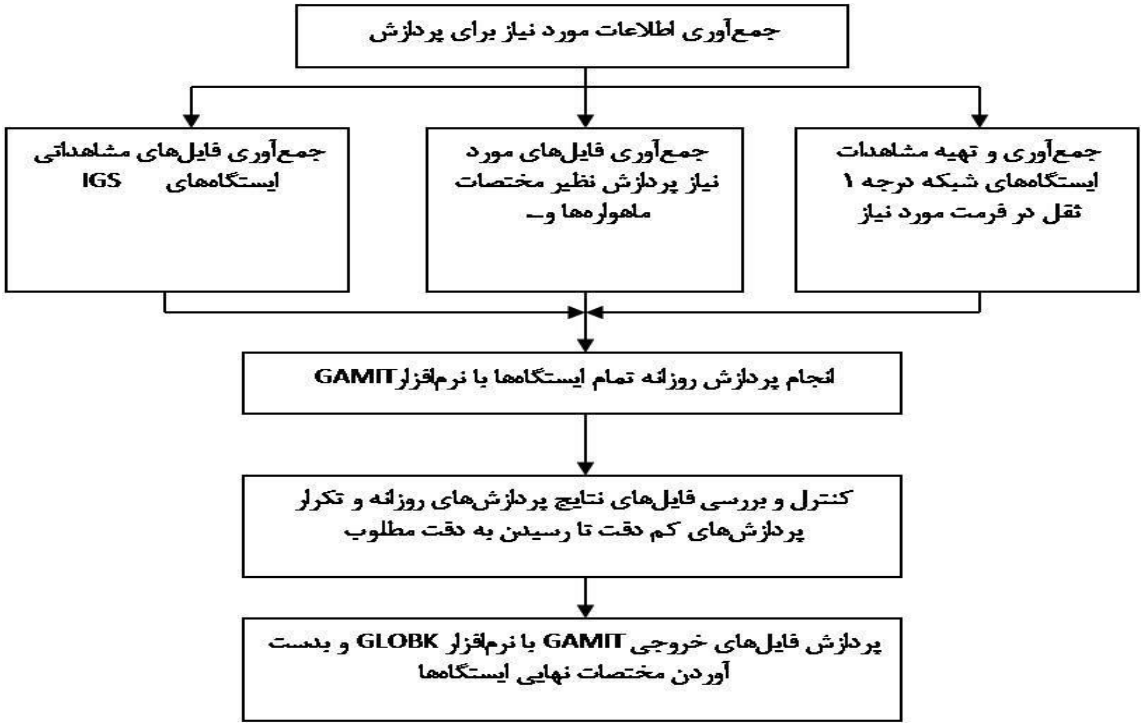
شکل ۳-۳۲ نحوه قرار گرفتن شتاب‌ثقل اندازه‌گیری‌شده با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج در بازه‌های خط کالیبراسیون

۳-۶-۶- محاسبه موقعیت دقیق ایستگاه‌ها در شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه صفر و ۱

۳-۶-۶-۱- برای رسیدن به دقت مطلوب در شبکه ثقل‌سنجی درجه یک از نرم‌افزارهای علمی مناسب نظیر *GAMIT-GlobK* برای پردازش مشاهدات تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) ایستگاه‌ها استفاده شود.

۳-۶-۶-۲- با استفاده از نرم‌افزارهای پردازش داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*)، مختصات ایستگاه‌ها به همراه ماتریس واریانس کوواریانس مربوط به پارامترها، به عنوان خروجی نهایی درنظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳۳ فلوچارت نحوه پردازش داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) مربوط به شبکه ثقل‌سنجی درجه ۱

۳-۶-۷- محاسبه موقعیت دقیق ایستگاه‌ها و نقاط نشانه در شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه ۲ و ۳

۳-۶-۷-۱- برای انجام محاسبات شبکه‌های ثقل‌سنجی درجه دو و سه که در آن دقتی در حد میلی‌متر برای موقعیت ایستگاه‌ها مدنظر نیست، می‌توان از هر یک از نرم‌افزارهای تجاری برای انجام محاسبات استفاده نمود.

۳-۶-۷-۲- در صورت نیاز فرمت فایل‌های خام جمع‌آوری‌شده باید به فرمت مورد قبول نرم‌افزار تجاری پردازش داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (*GPS/GNSS*) تبدیل شود.

۳-۶-۷-۳- فرم‌ها و فایل‌های مشاهداتی در مواردی از قبیل نام ایستگاه‌ها، تعریف نوع آنتن گیرنده، ارتفاع آنتن، اندازه‌گیری با سه پایه یا بدون سه پایه، زمان شروع و پایان مشاهدات و .... باید کنترل گردد.

۳-۶-۷-۴- پارامترهای مورد نظر در پردازش شبکه به نرم‌افزار با توجه به فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر، دقت مورد انتظار برای شبکه، استانداردهای معمول سرشکنی تعریف شود.

۳-۶-۷-۵- باید ایستگاه‌های کنترل و مختصات صحیح آنها برای پردازش شبکه به درستی معرفی شود.

۳-۶-۷-۶- ابتدا *Base Line* های شبکه پردازش شده و خطاهای احتمالی در پردازش آنها تصحیح گردد.

۳-۶-۷-۷- در صورت وجود خطای ابهام فاز، با کنترل وضعیت ماهواره‌ها در زمان اندازه‌گیری و در صورت لزوم حذف قسمتی یا کل اطلاعات مربوط به یک یا چند ماهواره با اطلاعات کم دقت، ابهام فاز ثابت (*Fix*) گردد.

۳-۶-۷-۸- کل شبکه به‌صورت یک‌جا سرشکن شده و خطای بست لوپ‌های موجود در آن کنترل گردد.

۳-۶-۷-۹- خروجی‌های لازم پس از پردازش شبکه ثقل‌سنجی درجه دو به شرح زیر می‌باشد:

۳-۶-۷-۹-۱- فایلی شامل مختصات ایستگاه‌های کنترل و سرشکن شده شبکه به همراه دقت آنها.

omoorepeyman.ir

۳-۶-۷-۹-۲- فایلی شامل محاسبات لوپ‌هایی که توسط *Base Line* های شبکه ایجاد شده و خطای بست لوپ‌های محاسبه شده.

۳-۶-۷-۹-۳- فایلی شامل اطلاعات کل پردازش که بخش‌های مختلف از جمله اطلاعات کلی شبکه، پارامترهای معرفی شده برای پردازش، تعداد کل مشاهدات، تعداد کل مجهولات، درجه آزادی شبکه، تست‌های انجام شده در پردازش اطلاعات و نتایج سرشکنی و سایر موارد را شامل می‌شود.

۳-۶-۷-۱۰- برای انجام محاسبات و تنظیم پارامترهای لازم به دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول؛ ژئودزی و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای، نشریه سری ۱۱۹ رجوع شود.

omoorepeyman.ir

منابع و پیوست ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

منابع فارسی

۱- استاندارد و دستورالعمل ثقل‌سنجی، نگارش ۱/۰، کمیته استانداردهای اطلاعات توپوگرافی رقومی، ۱۳۸۴

۲- طراحی شبکه مبنای ثقل (شتاب ثقل) ایران و دستورالعمل اجرایی آن، م.، نجفی علمداری، م. مشهدی حسینعلی، ی. حاتم چوری، ف. توکلی.

۳- آئین‌نامه بتن ایران (آبا)

۴- مسعود مشهدی حسینعلی، سرشکنی به روش کمترین مربعات و آزمون‌های فرض، دانشگاه صنعتی خواجه النصیرالدین طوسی، ۱۳۹۳

۵- مهدی نجفی علمداری، اصغر راست‌بود، درس‌هایی از مبحث ژئودزی فیزیکی، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۷

منابع غیر فارسی (انگلیسی)

1- Azmoudeh Ardalan, A. R. (1999). High Resolution Regional Geoid Computation in the World Geodetic Datum 2000. PHD Thesis, Department of Geodesy and GeoInformatics, University of Stuttgart, Germany

2- Cheinway Hwang, Chen-Gi Wang, Li-Hua Lee (2002). Adjustment of relative gravity measurements using weighted and datum-free constraints. Computers & Geosciences 28:1005-1015.

3- Rummel, R., Hipkin, G. H., Gravity, Gradiometry, and Gravimetry. Symposium No. 103, IAG, 1989.

4- Micro-g LaCoste Inc., 2008a, FG5 Absolute Gravimeter User's Manual, December 2006.

5- Micro-g LaCoste Inc., 2008b, g8 User's Manual, March 2008

6- Torge, W., Gravimetry, 1986.

7- Vanicek, P., Krakiwsky, E., Geodesy : The Concepts, 1986.

8- Vanicek, P. and Z. Martinec (1994). The Stokes-Helmert Scheme for the Evaluation of a Precise Geoid. Manuscripta Geodetica, 19, 119-128.

omoorepeyman.ir

فرم‌های مشاهدات و اندازه‌گیری

پیوست ۱

مختصات ایستگاه Station Coordinate	درجه Degree	دقیقه Mint	ثانیه Second
φ عرض جغرافیایی Latitude			
λ طول جغرافیایی Longitude			
h^o ارتفاع ترازیابی Leveling Height			

شماره ردیف: .....
شماره پرونده بایگانی: .....
پیوست: .....

سازمان نقشه برداری کشور
N. C. C.
شناسنامه ایستگاه ثقل مطلق
Description of Absolute Gravity Station

DESCRIPTIONS:		مشخصات:
استان:	درجه:	نام ایستگاه:
Province:	Order:	Station Name:
سایر اطلاعات:	نزدیک‌ترین قریه:	شهرستان:
Further Information:	Nearest Village:	Town:

MISURMENTS: اندازه‌گیری‌ها:

تاریخ اندازه‌گیری Date of Observation	تاریخ محاسبه Date of Calculation	مقدار ثقل (میکروگال) Gravity (μGal)	انحراف معیار Standard Deviation	مبنا Datum	ملاحضات Remarks

DESCRIPTION OF STATION: مشخصات ایستگاه:

POSITION OF STATION AND ADDRESS: موقعیت ایستگاه و راه دسترسی به آن:

Sketch: کروکی:

N
شمال

تاریخ:	تهیه کننده:
Date:	Preparatory:

FR801/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۲

شماره ردیف: .....
شماره پرونده بایگانی: .....
پیوست: .....

	ثانیه	دقیقه	درجه
مختصات تقریبی ایستگاه : φ			
λ			

سازمان نقشه برداری کشور
N. C. C.
شناسنامه نقاط فیزیکال ژئودزی
Description of Physical Geodesy Stations

مشخصات :

نام ایستگاه :	نوع ایستگاه :	شماره ایستگاه :
Station Name	Station Type	Station No.

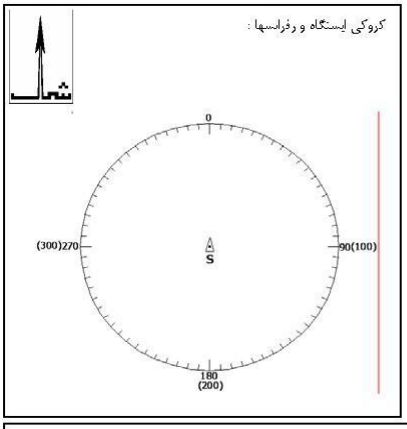
استان :	شهرستان :	نزدیکترین قریه :	سایر اطلاعات :
Station Name	Town	Nearest Village	Further Information

نام نقشه :	شماره نقشه :	مقیاس نقشه :
Map Name	Map No.	Map Scale

محاسبات :

تاریخ محاسبه	کمیت		کمیت		تاریخ محاسبه	کمیت		تاریخ محاسبه
		Φ نجومی		N			φ	
		Λ نجومی		E			λ	
		H ژئوئید		h^o ارتفایی			h بیضوی	
		η		ζ		μGal	g	

کروکی ایستگاه و رفرانسها :



شرح و نحوه ساختمان *ایستگاه سنگی* و رفرانسها :

ایستگاه چند منظوره فیزیکال ژئودزی، بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول 12cm و قطر 2.5cm است که بوسیله چسب سنگ داخل ***سنگی ریشه‌دار*** کار گذاشته شده است. ایستگاه (میله) وسط مثلثی باضلاع 22cm که یک ضلع آن بسمت شمال است(جهت قرارگرفتن دستگاه رو به شمال)، قرار دارد و حدود 2cm از طول میله بیرون از سطح سنگ می‌باشد. در اطراف میله عبارت **NCC GLGAM** بر روی سنگ حک شده است.
ایستگاه سه علامت راهنما بشکل + با نام R1، R2 و R3 دارد که روی سنگهای اطراف ایستگاه حک شده است.

طول			زاویه	
	R_1	m		R_1
	R_2	m		R_2
	R_3	m		R_3

محل الصاق عکس

omoorepeyman.ir

FR800/00

نحوه دسترسی به ایستگاه :

(راهها– زمان رسیدن– نحوه حمل‌وسایل– نزدیکترین محل برای تهیه مصالح و آب‌و مواد غذائی)

کروکی منطقه و راههای دسترسی :

شمال

توضیحات :

کروکی کلی منطقه :

شمال

omoorepeyman.ir

تهیه کننده : .... تاریخ : ....

پیوست ۳

شماره ردیف: .....
شماره پرونده بایگانی: .....
پیوست: .....

	درجه	دقیقه	ثانیه
φ			
λ			

مختصات تقریبی ایستگاه :

سازمان نقشه برداری کشور
N. C. C.
شناسنامه نقاط فیزیکال ژئودزی
Description of Physical Geodesy Stations

مشخصات :

نام ایستگاه :	نوع ایستگاه :	شماره ایستگاه :
Station Name	Station Type	Station No.

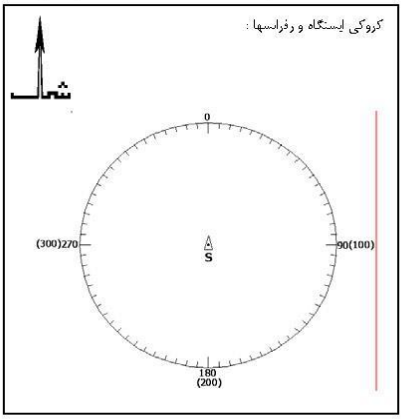
استان :	شهرستان :	نزدیکترین قریه :	سایر اطلاعات :
Station Name	Town	Nearest Village	Further Information

نام نقشه :	شماره نقشه :	مقیاس نقشه :
Map Name	Map No.	Map Scale

محاسبات :

تاریخ محاسبه	کمیت		تاریخ محاسبه	کمیت		تاریخ محاسبه	کمیت	
		Φ نجومی			N			φ
		Λ نجومی			E			λ
		H ژئوئید			h^0 ارتفاعی			h بیضوی
		η			ζ		μGal	g

کروکی ایستگاه و رفرانسها :



شرح و نحوه ساختمان *ایستگاه بتنی* و رفرانسها :

ایستگاه چند منظوره فیزیکال ژئودزی، بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول 12cm و قطر 2.5cm است که در داخل ***بتن*** قرار داده شده است. ایستگاه (میله) وسط مثلثی به اضلاع 22cm که یک ضلع آن بسمت شمال است(جهت قرارگرفتن دستگاه رو به شمال)، قرار دارد و حدود 2cm از طول میله بیرون از سطح بتن می‌باشد.

در اطراف میله عبارت **NCC** **GLGAM** بر روی بتن حک شده است.

ایستگاه سه علامت راهنما بشکل + با نام R1، R2 و R3 دارد که در اطراف ایستگاه حک شده است.

طول			زاویه	
	R_1	m		R_1
	R_2	m		R_2
	R_3	m		R_3

محل الصاق عکس

omoorepeyman.ir

FR805/00

نحوه دسترسی به ایستگاه :

(راهها– زمان رسیدن– نحوه حمل‌وسایل– نزدیکترین محل برای تهیه مصالح و آب و مواد غذائی)

کروکی منطقه و راههای دسترسی :

توضیحات :

کروکی کلی منطقه :

omoorepeyman.ir

تهیه کننده : ..... تاریخ : .....

پیوست ۴

سازمان نقشه برداری کشور
بخش فیزیکال ژئودزی

شماره ردیف: .....
شماره پرونده بایگانی: .....
پیوست: .....

شناسنامه ایستگاه ترازیابی دقیق میانی

(بین نزدیکترین BM درجه ۱ یا ۲ ترازیابی و ایستگاه چندمنظوره سنگی

LEVELING STATION DESCRIPTION

نام ایستگاه: Station Name:	استان: Province:	نام نقشه: Map Name:	عرض جغرافیایی: φ: درجه دقیقه ثانیه
نزدیک‌ترین خط ترازیابی درجه ۱ یا ۲: Nearest 1st or 2nd order Leveling Line:	شهرستان: Town:	شماره نقشه: Map No.:	طول جغرافیایی: λ: درجه دقیقه ثانیه
	نزدیک‌ترین قریه: Nearest Village:	مقیاس نقشه: Map Scale:	ارتفاع ژئودتیک: h:

نام ایستگاه بعد Next Station Name	فاصله از ایستگاه بعد Distance From Next Station	نام ایستگاه Station Name	فاصله از ایستگاه قبل Distance From Privies Station	نام ایستگاه قبل Privies Station Name

مناسب برای: GPS ☐ نجوم ☐

ملاحضات Remarks	ارتفاع ارتومتریک Orth. Elevation	ارتفاع Elevation RM	ارتفاع Elevation BM	ثقل Gravity	مبنا Datum	تاریخ محاسبه Cal. Date	تاریخ اندازه‌گیری Obs. Date

مشخصات ایستگاه: Description:

ایستگاه ترازیابی دقیق میانی، بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول 11cm و قطر 2cm خاص ترازیابی دقیق که بوسیله دریل و فرز و چسب سنگ در محل تقاطع اقطار مربع به ابعاد 25cm×25cm کار گذاشته می‌شود و حدود 1cm از طول میله بیرون از سنگ قرار می‌گیرد. در اطراف میله عبارت NCC، شماره ایستگاه از نزدیک‌ترین BM درجه یک یا دو به سمت ایستگاه سنگی چندمنظوره مادر و شماره ایستگاه چندمنظوره سنگی مادر بر روی سنگ حک می‌گردد.

راه دسترسی به ایستگاه: Address:

.....

کروکی منطقه و راههای دسترسی: Sketch & Accessible Way:	کروکی کلی منطقه: Total Sketch:
شمال	شمال

FR806/00 تاریخ : ..... تهیه کننده : .....

omoorepeyman.ir

پیوست ۵

سازمان نقشه برداری کشور
بخش فیزیکال ژئودزی

شماره ردیف: .....
شماره پرونده بایگانی: .....
پیوست: .....

شناسنامه ایستگاه ترازیابی دقیق میانی

(بین نزدیکترین BM درجه ۱ یا ۲ ترازیابی و ایستگاه چندمنظوره سنگی

LEVELING STATION DESCRIPTION

نام ایستگاه: Station Name:	استان: Province:	نام نقشه: Map Name:	عرض جغرافیایی: φ: (درجه، دقیقه، ثانیه)
نزدیک‌ترین خط ترازیابی درجه ۱ یا ۲: Nearest 1st or 2nd order Leveling Line:	شهرستان: Town:	شماره نقشه: Map No.:	طول جغرافیایی: λ: (درجه، دقیقه، ثانیه)
	نزدیک‌ترین قریه: Nearest Village:	مقیاس نقشه: Map Scale:	ارتفاع ژئودتیک: h:

نام ایستگاه قبل Privies Station Name	فاصله از ایستگاه قبل Distance From Privies Station	نام ایستگاه Station Name	فاصله از ایستگاه بعد Distance From Next Station	نام ایستگاه بعد Next Station Name

مناسب برای: GPS ☐ نجوم ☐

تاریخ اندازه‌گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	مبنا Datum	ثقل Gravity	ارتفاع Elevation		ارتفاع ارتومتریک Orth. Elevation	ملاحضات Remarks
				BM	RM		

مشخصات ایستگاه: Description:

ایستگاه ترازیابی دقیق میانی، دیسکی است به طول 15cm و قطر 2cm خاص ترازیابی دقیق که بوسیله دریل و فرز و چسب سنگ در محل تقاطع اقطار مربع به ابعاد 25cm×25cm کار گذاشته می‌شود و حدود 5cm از طول میله بیرون از سنگ قرار می‌گیرد. در اطراف میله عبارت NCC، شماره ایستگاه از نزدیک‌ترین BM درجه یک یا دو به سمت ایستگاه سنگی چندمنظوره مادر و شماره ایستگاه چندمنظوره سنگی مادر بر روی سنگ حک می‌گردد.

راه دسترسی به ایستگاه: Address:

کروکی منطقه و راههای دسترسی: Sketch & Accessible Way:

شمال

کروکی کلی منطقه: Total Sketch:

شمال

تهیه کننده : ..... تاریخ : .....

FR807/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۶

سازمان نقشه برداری کشور
بخش فیزیکال ژئودزی

شناسنامه ایستگاه ترازیابی دقیق میانی

(بین نزدیکترین BM درجه ۱ یا ۲ ترازیابی و ایستگاه چندمنظوره سنگی

LEVELING STATION DESCRIPTION

شماره ردیف: .....

شماره پرونده بایگانی: .....

پیوست: .....

نام ایستگاه: Station Name:	استان: Province:	نام نقشه: Map Name:	عرض جغرافیایی: φ: درجه دقیقه ثانیه
نزدیک‌ترین خط ترازیابی درجه ۱ یا ۲: Nearest 1st or 2nd order Leveling Line:	شهرستان: Town:	شماره نقشه: Map No.:	طول جغرافیایی: λ: درجه دقیقه ثانیه
	نزدیک‌ترین قریه: Nearest Village:	مقیاس نقشه: Map Scale:	ارتفاع ژئودتیک: h:

نام ایستگاه قبل Privies Station Name	فاصله از ایستگاه قبل Distance From Privies Station	نام ایستگاه Station Name	فاصله از ایستگاه بعد Distance From Next Station	نام ایستگاه بعد Next Station Name

مناسب برای: GPS ☐ نجوم ☐

تاریخ اندازه‌گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	مبنا Datum	ثقل Gravity	ارتفاع Elevation BM	ارتفاع Elevation RM	ارتفاع ارتومتریک Orth. Elevation	ملاحضات Remarks

مشخصات ایستگاه: Description:

ایستگاه ترازیابی دقیق میانی، بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول 11cm و قطر 2cm خاص ترازیابی دقیق که در داخل بتن و در محل تقاطع اقطار مربع به ابعاد 25cm×25cm کار گذاشته می‌شود و حدود 1cm از طول میله بیرون از سطح بتن قرار می‌گیرد. در اطراف میله عبارت NCC، شماره ایستگاه از نزدیک‌ترین BM درجه یک یا دو به سمت ایستگاه چندمنظوره مادر و شماره ایستگاه چندمنظوره مادر بر روی بتن حک می‌گردد.

راه دسترسی به ایستگاه: Address:

کروکی منطقه و راههای دسترسی: Sketch & Accessible Way:

شمال

کروکی کلی منطقه: Total Sketch:

شمال

تهیه کننده : ..... تاریخ : .....

FR808/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۷

فرم مشاهدات شبکه سراسری ثقل ایران (درجه .....)

عامل :	منطقه:	تاریخ:	صفحه:
دستگاه:	دریفت:	زمان دریفت:	

ملاحضات	دما Tem.	فشار Pre.	زمان Time	مختصات Coordinate	نام ایستگاه Name of Station	شماره Station No

FR803/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۸

فرم خلاصه گزارش کار – ساختمان ایستگاه‌های ثقل (درجه ....) صفحه: ....

ردیف	نام ایستگاه اصلی	تعداد ایستگاه RM	تعداد ایستگاه میانی ساخته شده	تعداد ایستگاه میانی پیشنهادی (بتنی)	نام نزدیکترین خط ترازیابی	فاصله ایستگاه اصلی تا نزدیکترین خط ترازیابی	نام گروه	تاریخ	توضیحات

FR802/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۹

GPS
NCC

Station (4 characters ID)	
Start / Stop day (JJJ)	/

STATION	
Station name	
Mark stamping	
Latitude	
Longitude	
Elevation	

SESSION		
Start date (DD/MM/YY)		
Stop date (DD/MM/YY)		
Hour UTC	Scheduled	Actual
Start time (hh:mn)		
Stop time (hh:mn)		

OBSERVER NAME

INSTRUMENT / EQUIPMENT TYPE			
N° receiver		N° tribrach	
N° antenna		N° power supply	

ANTENNA HEIGHT

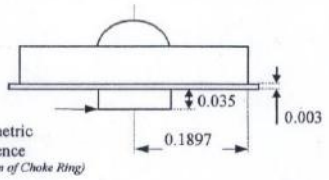
Is the antenna type used is a CHOKE RING
YES ☐ NO ☐ Other

What is the antenna maker name
Company

Is the North on the antenna pointed to the North
YES ☐ NO ☐ Azimuth

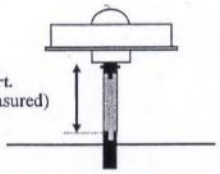
Is the tribrach optic oriented to the North
YES ☐ NO ☐ Azimuth

CHOKE RING antenna

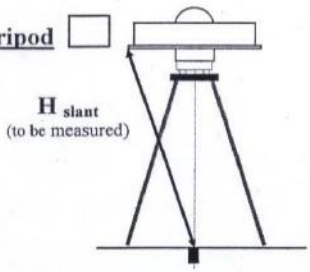


Antenna height measurement — *The most important measurement you have to do*

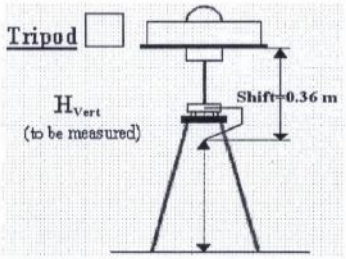
Adaptator ☐



Tripod ☐



Tripod ☐



Azimuth of measurement	Before			After		
	H v or s (m)	H v or s(inch)	Control (m)	H v or s(m)	H v or s(inch)	Control (m)
North						
East						
South						
West						
Average		(Value entered in receiver BEF)			(Value entered in receiver AFT)	

FILES AFTER DOWNLOAD

Raw file	Sess	B	E	S	Start time	Stop time	Epochs	Compres. file	PC Nbr.	Directory

True hours and true number of epochs are given by the program Bshow
FR073/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۱۰

فرم خلاصه مشاهدات GPS

DESCRIPTION OF REFERENCE AND ROVER STATION

پروژه:

	DATE تاریخ
	گیرنده

مشخصات ایستگاه ثابت G.P.S

DESCRIPTION OF G.P.S BASE STATION

REFERENCE STATION NAME	POINT-ID	FILE NAME	ANTENNA HEIGHT		START TIME	END TIME
			TRUE	UNTRUE		

مشخصات ایستگاه متحرک G.P.S

DESCRIPTION OF G.P.S ROVER STATION

ROVER STATION NAME	POINT-ID	FILE NAME	ANTENNA HEIGHT		START TIME	END TIME
			TRUE	UNTRUE		

FR072/00

omoorepeyman.ir

پیوست ۱۱

فرم خلاصه مشاهدات GPS شبکه درجه سه ثقل کشور

نام بلوک	عامل	نوع گیرنده	نوع آنتن	شماره صفحه	ماه ماموریت

مشخصات ایستگاههای GPS قرائت شده

REFRENCE STATION	ROVER STATION	DATE yyyy/mm/dd	ANTENNA HEIGHT TRUE	ANTENNA HEIGHT UNTRUE	START TIME	END TIME	DESCRIPTION

FR804/00

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یادشده تهیه‌شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دست‌یابی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization
National Cartographic Center

Surveying Matching Instructions

Gravimetry

Publication No: 119-13

Last Edition: 07-12-2025

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs

Department of Technical and Executive Affairs

nezamfanni.ir

National Cartographic Center Of IRAN

Department of Technical Supervision and Control

Website (http://www.ncc.gov.ir)