

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری

جلد سیزدهم: ثقل سنجی

نشریه شماره ۱۳ - ۱۱۹

آخرین ویرایش: ۱۴۰۴-۰۴-۲۱

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

سازمان نقشه‌برداری کشور

امور نظام فنی و اجرایی

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد

گروه استانداردسازی

nezamfanni.ir

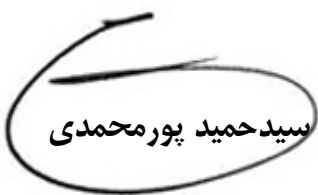
www.ncc.gov.ir

۱۴۰۴

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

به استناد ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و تبصره ذیل بند (۳-۱) ماده (۴) «سند نظام فنی‌و اجرایی یکپارچه کشور»، موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۰۵۴۴/ت/۶۳۷۱۹ هـ مورخ ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ هیئت وزیران؛ ضابطه پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و در «سامانه نظام فنی‌و اجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود:

عنوان:	دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری جلد سیزدهم: ثقل سنجی
شماره ضابطه:	۱۱۹-۱۳
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی و یا 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 فنی‌و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور


 سید حمید پورمحمدی

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، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو، 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 می شود.

تبصره: در مورد این ضابطه، سازمان نقشه برداری کشور به طور اختصاصی، عهده دار جمع آوری و رسیدگی به نظرات می باشد که نشانی آن در این صفحه ارائه شده است.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان

برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni@mporg.ir

web: nezamfanni.ir

سازمان نقشه برداری کشور:

www.ncc.gov.ir

تهیه و تدوین استاندارد/دستورالعمل همسان نقشه برداری «ثقل سنجی» شماره ۱۳-۱۱۹

اعضای گروه تهیه و تدوین کننده :

سید عبدالرضا سعادت (مسئول گروه کاری)	دکتری مهندسی نقشه برداری گرایش ژئودزی
سیاوش عربی	کارشناس مهندسی نقشه برداری
حمیده چراغی	کارشناس ارشد مهندسی نقشه برداری گرایش ژئودزی
معصومه آمیغ پی	دکتری مهندسی نقشه برداری گرایش ژئودزی
علی سلطانپور	دکتری مهندسی نقشه برداری گرایش ژئودزی
مرتضی صدیقی	دکتری مهندسی نقشه برداری گرایش ژئودزی
فرخ توکلی	دکتری مهندسی نقشه برداری گرایش ژئودزی

اعضای گروه نظارت :

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

اعضای گروه هدایت و راهبری:

مریم صارمی	سازمان نقشه برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS
علی صفایی	سازمان نقشه برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
کلیات	۱
مقدمه.....	۳
فصل دوم.....	۵
استاندارد ثقل سنجی	۵
۲- استاندارد ثقل سنجی.....	۷
۱-۲- تعاریف	۷
۲-۲- هدف	۷
۲-۳- استاندارد شبکه‌های ثقل سنجی	۷
۲-۴- استاندارد احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی	۸
۱-۲-۴- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه صفر.....	۸
۲-۴-۲- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۱.....	۸
۲-۴-۳- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲.....	۸
۲-۴-۵- ایجاد شبکه نقاط نشانه ثقل سنجی درجه ۳ و موردی و اکتشافی.....	۹
۲-۵- استاندارد تعیین موقعیت دقیق ایستگاه و نقاط نشانه شبکه‌های ثقل سنجی.....	۹
۲-۶- استاندارد خط کالیبراسیون ثقل سنجی	۹
فصل سوم.....	۱۱
دستورالعمل ثقل سنجی.....	۱۱
۳- دستورالعمل ثقل سنجی.....	۱۳
۳-۱- دستورالعمل احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی.....	۱۳
۱-۳-۱- شرایط عمومی در مکان‌یابی ایستگاه‌های ثقل سنجی	۱۳
۲-۳-۱- تجهیزات، مصالح و لوازم مورد استفاده در مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌ها.....	۱۴
۳-۱-۳- احداث ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه صفر و خط کالیبراسیون.....	۱۷
۱-۳-۱-۳-۱- شرایط عمومی	۱۷
۲-۳-۱-۳-۲- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های سنگی.....	۱۸
۳-۳-۱-۳-۳- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی.....	۱۸
۴-۳-۱-۳-۴- شرایط اختصاصی در مکان‌یابی ایستگاه‌های بتنی	۱۸
۵-۳-۱-۳- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی	۱۹
۶-۳-۱-۳- نحوه احداث ایستگاه‌های بتنی	۲۱
۳-۱-۳-۷- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی با سرقالب بتنی.....	۲۴

۲۵.....	۸-۳-۱-۳- محوطه سازی اطراف ایستگاه.....
۲۷.....	۹-۳-۱-۳- احداث ایستگاه کمکی (FRM).....
۲۷.....	۳-۱-۴- احداث ایستگاه های شبکه های ثقل سنجی درجه ۱ و ۲.....
۲۷.....	۳-۱-۴-۱- طراحی ایستگاه های شبکه.....
۲۸.....	۳-۱-۴-۲- انتخاب محل ایستگاه ها.....
۲۹.....	۳-۱-۴-۳- مشخصات کلی ایستگاه ها.....
۲۹.....	۳-۱-۴-۴- احداث ایستگاه های سنگی.....
۳۰.....	۳-۱-۴-۵- احداث ایستگاه های بتنی.....
۳۲.....	۳-۱-۴-۶- احداث ایستگاه های سنگی با سرقالب بتنی.....
۳۳.....	۳-۱-۴-۷- نام نویسی ایستگاه های ثقل سنجی.....
۳۴.....	۳-۱-۵- احداث نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه ۳ و موردی و اکتشافی.....
۳۶.....	۳-۱-۶- احداث ایستگاه های تراز یابی دقیق میانی.....
۳۶.....	۷-۳-۱- تهیه شناسنامه ایستگاه ها.....
۳۸.....	۲-۳- دستورالعمل اندازه گیری شتاب ثقل.....
۳۸.....	۱-۳-۲- اندازه گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه صفر.....
۳۹.....	۲-۳-۲- اندازه گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۱.....
۳۹.....	۳-۱-۲-۲- شرایط الزامی اندازه گیری شتاب ثقل با استفاده از دستگاه های ثقل سنج نسبی.....
۴۱.....	۳-۲-۲- روش اندازه گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۱.....
۴۲.....	۳-۲-۳- اندازه گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۲.....
۴۳.....	۴-۳-۲- اندازه گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۳.....
۴۴.....	۵-۳-۲- اندازه گیری شتاب ثقل در شبکه موردی و اکتشافی.....
۴۶.....	۳-۳- دستورالعمل نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه های شبکه ثقل سنجی.....
۴۶.....	۳-۱-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه صفر.....
۴۶.....	۲-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه ۱.....
۴۶.....	۳-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه ۲.....
۴۸.....	۴-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه ۳.....
۴۹.....	۵-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی موردی و اکتشافی.....
۵۰.....	۴-۳- دستورالعمل نحوه ذخیره سازی داده ها.....
۵۰.....	۱-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های شتاب ثقل توسط گروه های صحرایی.....
۵۲.....	۲-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های شتاب ثقل در اندازه گیری های شبکه ثقل سنجی درجه ۱.....
۵۲.....	۳-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های شتاب ثقل در اندازه گیری های شبکه های ثقل سنجی درجه ۲ و ۳.....
۵۳.....	۴-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های شتاب ثقل در اندازه گیری های شبکه های ثقل سنجی موردی و اکتشافی.....
۵۳.....	۴-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های تعیین موقعیت دقیق ماهواره ای.....
۵۴.....	۵-۳- دستورالعمل نحوه کالیبراسیون دستگاه های ثقل سنج در خط کالیبراسیون ثقل سنجی.....
۵۶.....	۶-۳- دستورالعمل نحوه محاسبات شتاب ثقل.....

- ۳-۶-۱- محاسبات شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه صفر..... ۵۶
- ۳-۶-۲- محاسبات شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۱..... ۵۸
- ۱-۲-۶-۳- آماده سازی داده ها..... ۵۸
- ۲-۲-۶-۳- تست های قبل از سرشکنی..... ۵۹
- ۳-۲-۶-۳- معادلات و روابط مربوط به مشاهدات ثقل سنجی نسبی..... ۶۰
- ۴-۲-۶-۳- تعدیل و سرشکنی شبکه ثقل سنجی درجه ۱..... ۶۲
- ۵-۲-۶-۳- ارزیابی نتایج..... ۶۳
- ۳-۶-۳- محاسبات شتاب ثقل شبکه ثقل سنجی درجه ۲..... ۶۴
- ۴-۶-۳- محاسبات شتاب ثقل شبکه ثقل سنجی درجه ۳..... ۶۵
- ۳-۶-۵- محاسبات مربوط به کالیبراسیون دستگاه های ثقل سنج نسبی..... ۶۵
- ۶-۶-۳- محاسبه موقعیت دقیق ایستگاه ها در شبکه های ثقل سنجی درجه صفر و ۱..... ۶۶
- ۷-۶-۳- محاسبه موقعیت دقیق ایستگاه ها و نقاط نشانه در شبکه های ثقل سنجی درجه ۲ و ۳..... ۶۷

۶۹..... منابع و پیوست ها.

- ۷۱..... منابع فارسی
- ۷۱..... منابع غیر فارسی (انگلیسی)
- ۷۲..... فرم های مشاهدات و اندازه گیری

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 ثقل سنجی درجه صفر..... ۱۹
- شکل ۳-۵ تراز کردن سطح ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر..... ۱۹
- شکل ۳-۶ محل قرارگیری میله‌های میانی در ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر..... ۲۰
- شکل ۳-۷ حک کردن مشخصات بر روی ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر..... ۲۰
- شکل ۳-۸ مقطع ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر (بر حسب سانتی متر)..... 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 ثقل سنجی 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 ثقل سنجی درجه یک و دو سنگی..... ۳۰
- شکل ۳-۱۸ جزئیات شبکه آرماتور ایستگاه شبکه‌های ثقل سنجی درجه ۱ و ۲..... ۳۱
- شکل ۳-۱۹ مقطع ایستگاه شبکه‌های ثقل سنجی درجه ۱ و ۲ بتنی..... ۳۱
- شکل ۳-۲۰ ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه یک و نحوه نام‌گذاری آن..... ۳۳
- شکل ۳-۲۱ یک نمونه از ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه دو احداث شده..... ۳۴
- شکل ۳-۲۲ موقعیت نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه ۳ (نقاط دایره‌ای سبز رنگ) نسبت به ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲ (نقاط دایره‌ای با رنگ زرشکی)..... ۳۵
- شکل ۳-۲۳ نحوه حک کردن نام بر روی نقطه تراز یابی میانی..... ۳۶
- شکل ۳-۲۴ نحوه اندازه‌گیری شتاب ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۱..... ۴۲
- شکل ۳-۲۵ نحوه اندازه‌گیری شتاب ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲..... ۴۳
- شکل ۳-۲۶ نحوه اندازه‌گیری شتاب ثقل نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه سه (نقاط دایره‌ای) نسبت به ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی 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

- 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

فهرست جداول

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

فصل اول

کلیات

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 سطح زمین 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 سطح زمین 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 سیستم مختصات واحد را مرتفع می‌نمایند، ولی ذکر این نکته ضروری است که کلیه مشاهدات نقشه‌برداری مورد استفاده در پروژه‌های اجرایی، تحت تاثیر میدان ثقل زمین قرار دارند. بنابراین، همواره لازم است تا اثر میدان ثقل زمین بر روی این مشاهدات بررسی شده و در صورت لزوم با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی زمین تصحیح گردد.

علاوه بر تاثیر میدان ثقل زمین بر روی مشاهدات نقشه‌برداری، امروزه تعیین و مدل‌سازی میدان ثقل زمین به منظور کسب اطلاعات بیشتر از ترکیبات داخل پوسته زمین 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 فیزیکیال ژئودزی نیز به اطلاعات میدان ثقل زمین به منظور محاسبه سطح مبنای ارتفاعی (مدل ژئوئید) و تصحیح مشاهدات ترازیابی هندسی به ارتفاعات ارتومتریک، نیاز می‌باشد.

به منظور مطالعه میدان ثقل زمین، یکی از مهم‌ترین کمیت‌های قابل اندازه‌گیری، مقدار شتاب ثقل 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 شتاب ثقل را در سطح زمین و به صورت یک‌پارچه گسترش داد. بنابراین، شبکه‌های ثقل‌سنجی از ابعاد جهانی گرفته تا منطقه‌ای، ملی و محلی، چارچوبی برای یک‌پارچه کردن کلیه اطلاعات شتاب ثقل اندازه‌گیری شده می‌باشند. همچنین از شبکه‌های ماندگار ایجاد شده می‌توان برای تعیین تغییرات زمانی میدان ثقل 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 شتاب ثقل 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 شتاب ثقل لازم نیز برخوردار نباشند. علاوه بر این، شبکه‌های دقیق ثقل‌سنجی (درجه صفر و یک) باید از دقت بسیار بالاتری نسبت به شبکه‌های

درجات پایین تر و مشاهدات شتاب ثقل برخوردار باشند که گسترش شبکه های ثقل سنجی منطبق بر شبکه های ترازابی، به چنین دقت بالایی منتهی نمی گردد. ولی با این حال؛ با توجه به این موضوع که ایستگاه های ثقل سنجی نیازمند ارتفاع دقیق و مختصات مسطحاتی می باشند، اتصال این ایستگاه ها به شبکه های سراسری ارتفاعی و مسطحاتی کشور باید مورد توجه قرار گیرد. انجام مشاهدات دقیق ثقل سنجی، ارتفاعی و مسطحاتی بر روی ایستگاه های یک شبکه، موجب انطباق مشاهدات ژئودتیکی در یک شبکه واحد می گردد که از لحاظ کاربرد، اجرا و کنترل از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. همچنین هنگامی که چندین نوع مشاهده بر روی یک ایستگاه اندازه گیری می شود، در واقع مثل آن است که چند ایستگاه احداث گردیده و در هزینه و زمان نیز صرفه جویی خواهد شد. با عنایت به موارد مطرح شده، در مجموعه حاضر مشخصات فنی و نحوه گسترش داده های ثقل سنجی در یک منطقه یا کشور ارائه شده است.

فصل دوم

استاندارد ثقل سنجی

۲- استاندارد ثقل سنجی

۲-۱- تعاریف

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

ثقل سنجی (Gravimetry): یا گراویمتری به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود که منجر به اندازه‌گیری شتاب ثقل یک نقطه می‌گردد.

ثقل سنج (Gravimeter): دستگاهی است که برای اندازه‌گیری مقدار شتاب ثقل یک نقطه به صورت مطلق یا نسبی استفاده می‌شود.

ایستگاه ثقل سنجی (Gravity benchmark): نقطه یا نشانه احداث شده با استاندارد مشخص که اندازه‌گیری شتاب ثقل 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 ثقل سنجی به منظور گسترش داده‌های شتاب ثقل در یک منطقه و یا سراسر کشور برای اهداف مختلف ایجاد می‌گردند. گسترش این شبکه‌ها و همچنین اندازه‌گیری مکرر آنها، مطالعات تغییرات زمانی شتاب ثقل در منطقه را امکان‌پذیر می‌نماید. همچنین داده‌های موردی با احداث نقاط نشانه دائمی و یا موقت برای گسترش داده‌های ثقل سنجی در یک منطقه برای اهداف اکتشافی یا زمین‌شناسی گردآوری می‌شوند.

۲-۳- استاندارد شبکه‌های ثقل سنجی

شبکه‌های ثقل سنجی 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

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.

۴-۲- استاندارد احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی

۴-۲-۱- 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*) گروه‌کاری (۲) از کمیسیون بین‌المللی ثقل‌سنجی از انجمن بین‌المللی ژئودزی (*IAG*)^۱ 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 کاملاً تراز به ابعاد یک متر می‌باشد و اطراف این ایستگاه‌ها به ابعاد ۳ در ۵ متر محوطه‌سازی می‌شود.

۴-۲-۲- 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 کاملاً تراز به ابعاد ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد.

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

^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 زمانی می‌باشد. ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه دو مشابه ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی درجه یک احداث می‌شوند.

۲-۴-۵- 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 زمانی (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.

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

استاندارد تعیین موقعیت دقیق مسطحاتی و ارتفاعی ایستگاه‌های شبکه‌های 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

۲-۶- 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 ثقل‌سنجی 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 کالیبره کردن دستگاه‌های ثقل‌سنجی 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 به گونه‌ای انتخاب شود که امکان اندازه‌گیری و محاسبه ضرایب کالیبراسیون (خطی و غیرخطی) به‌خوبی فراهم گردد.

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

جدول ۳-۲ مشخصات ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ثقل سنجی

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

فصل سوم

دستور العمل ثقل سنجی

۳- دستورالعمل ثقل سنجی

۳-۱- دستورالعمل احداث ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی

۳-۱-۱- شرایط عمومی در مکان‌یابی ایستگاه‌های ثقل سنجی

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 ثقل سنجی عبارتند از:

۳-۱-۱-۱- مکان ایستگاه‌های ثقل سنجی 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 ثقل سنجی باید محفوظ باشد. در صورتی که 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 ثقل سنجی 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 ثقل سنجی 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 ثقل سنجی نباید در نزدیکی چشمه آب، قنات و دریاچه (حداقل ۴۰۰ متر) انتخاب شود.

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

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

۳-۱-۱-۸- محل ایستگاه‌های ثقل سنجی 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 ثقل سنجی نباید در مسیر سیل، داخل مسیل یا در محل‌های گود و آب‌گیر انتخاب شود.

۳-۱-۱-۱۰- ایستگاه‌های ثقل سنجی 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 ثقل سنجی در محلی انتخاب گردد که از امنیت لازم برخوردار باشد. در صورت لزوم از فرمانداری‌ها، بخشداری‌ها و دهرداری‌ها برای اطلاع از وضعیت امنیت منطقه استعلام گردد.

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

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

- ۱۴-۱-۱-۳- محل ایستگاه‌های ثقل سنجی باید به نحوی انتخاب شود که امکان انجام مشاهده ۲۴ ساعته بدون مزاحمت و در محیطی آرام فراهم گردد.
- ۱۵-۱-۱-۳- ایستگاه‌های ثقل سنجی باید به نحوی انتخاب و ایجاد شود که قابلیت ماندگاری و دسترسی در سالیان متمادی را داشته باشد.
- ۱۶-۱-۱-۳- ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی 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 ثقل سنجی وجود نداشته باشد.
- ۱۸-۱-۱-۳- محل ایستگاه‌های ثقل سنجی باید به نحوی انتخاب شود که امکان انجام عملیات ترازبایی دقیق از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ترازبایی 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.

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

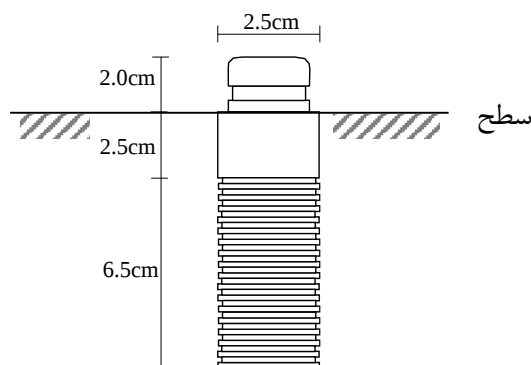
- ۱-۲-۱-۳- تجهیزات مورد نیاز برای مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌ها عبارتند از: اتومبیل کمک‌دار، موتور برق با توان ۴۰۰۰ وات به بالا، پریز مخصوص برق موتور برق، چکش و پتک با وزن حداقل ۲ کیلوگرم، تراز بلند بنایی، تراز نبشی، متر ۱۰ متری، ویراتور، دریل بزرگ، مته مخصوص سنگ و بتن، فرز بزرگ با توان حداقل ۳۰۰۰ دور 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 0.15mm تا 4.75mm)، شن (قطر 4.75mm تا 20mm) 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 به شرط آن که 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 کاملاً نرم و یک‌دست (بدون زبری و ناهمواری) باشد.

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.

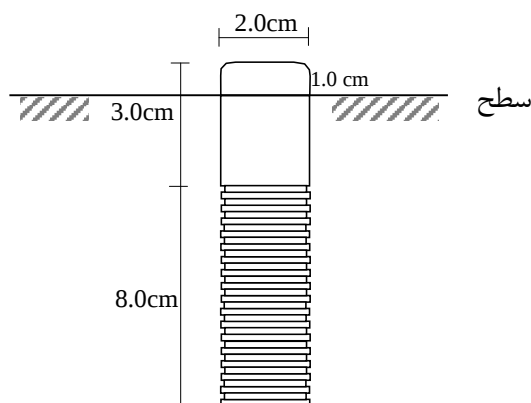
۱۰-۲-۱-۳- میله‌های مورد استفاده در احداث ایستگاه‌ها برحسب کاربرد، مختلف بوده و به شرح ذیل می‌باشند:

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

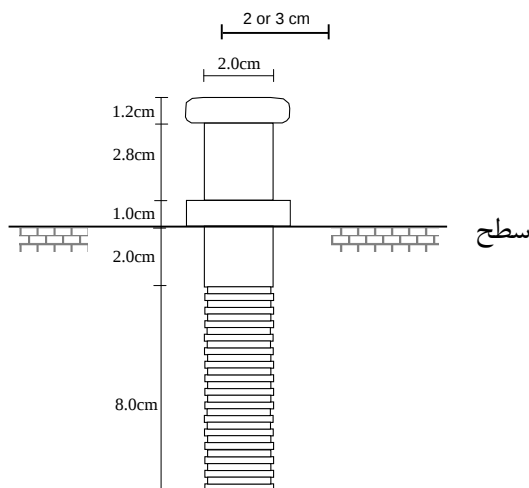
۲-۱۰-۲-۱-۳- میله استیل نقطه مبنای میانی^۱ از جنس استیل ۳۱۶ به قطر ۲۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۱۰ میلی‌متر به منظور نصب در داخل سنگ و یا بتن در ساخت ایستگاه‌های میانی ترازیبی



شکل ۳-۲ میله استیل ایستگاه میانی

^۱ - ایستگاه میانی به منظور انتقال ارتفاع از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ترازیبی دقیق درجه یک یا دو به ایستگاه اصلی احداث می‌گردد.

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 یا ۴۰ میلی‌متر می‌رسد. این میله به‌صورت افقی در دیوار و سنگ‌های قائم نصب شده و بالاترین نقطه بخش کروی انتهایی (دیسک) به‌عنوان ایستگاه‌های میانی تراز یابی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۳ میله استیل دیسکی ایستگاه میانی

۳-۱۰-۲-۱۱- میل‌گردهای مورد استفاده در آرماتور و مفتول‌های مورد استفاده در آرماتوربندی باید مطابق استانداردهای معتبر تولید شده و دارای برگ شناسایی کارخانه سازنده باشد.

۳-۱۰-۲-۱۲- 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.

۳-۱۰-۲-۱۳- آرماتورها باید قبل از بتن‌ریزی مطابق نقشه‌های اجرایی در جای خود قرار گرفته و محکم شود.

۳-۱۰-۲-۱۴- فاصله آزاد بین هر دو میل‌گرد موازی واقع نباید از ۲۵ میلی‌متر کمتر و از ۳۵ میلی‌متر بیشتر شود.

۳-۱۰-۲-۱۵- مسایل فنی مربوط به آرماتورها تابع آیین‌نامه بتن ایران (آبا) خواهد بود و در صورت ابهام به سایر آیین‌نامه‌های معتبر استناد گردد.

۳-۱۰-۲-۱۶- 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.

۳-۱۰-۲-۱۷- نسبت سیمان به مصالح سنگی (ماسه، شن، خرده سنگ) در بتن عامل ایجاد مقاومت لازم می‌باشد. در صورتی که 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 شد که ایستگاه مقاومت لازم را به‌دست نیاورد. بنابراین لازم است که اجزاء بتن را با نسبت‌های کاملاً مشخص با هم مخلوط نمائیم.

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

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

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

- ۳-۱-۳-۲-۱- 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.
- ۳-۱-۳-۲-۲- سنگ‌های به رنگ سفید، زردکمرنگ و صورتی عمدتاً از نوع سنگ‌های ریشه‌دار هستند و سنگ‌هایی که در صخره‌های سیاه رنگ وجود دارد معمولاً متخلخل، سست و فاقد ریشه هستند و با نام سنگ‌های آتشفشانی شناخته می‌شوند.
- ۳-۱-۳-۲-۳- سنگ انتخاب شده باید به نحوی باشد که امکان ساب، تراش و ترازکردن سطح آن در ابعاد یک متر در یک متر فراهم گردد.
- ۳-۱-۳-۲-۴- محدوده ایستگاه دارای ترک‌های عمیق و شکستگی نباشد.
- ۳-۱-۳-۲-۵- 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.
- ۳-۱-۳-۲-۶- سنگ انتخابی باید از نوعی باشد که دچار هوازدگی نشود.
- ۳-۱-۳-۲-۷- ایستگاه باید در محلی انتخاب شود که امکان محوطه‌سازی به ابعاد ۳ در ۵ متر در اطراف آن وجود داشته باشد.

۳-۱-۳-۳- 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 نمی‌باشد، 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.

- ۳-۱-۳-۳-۱- سنگ مورد نظر به صورت یک‌پارچه بوده (لاشه لاشه نباشد) و شکستگی عمیق نداشته باشد.
- ۳-۱-۳-۳-۲- سنگ موردنظر در بالاترین نقطه انتخاب گردد به‌طوری که امکان محوطه‌سازی وجود داشته باشد.

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

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

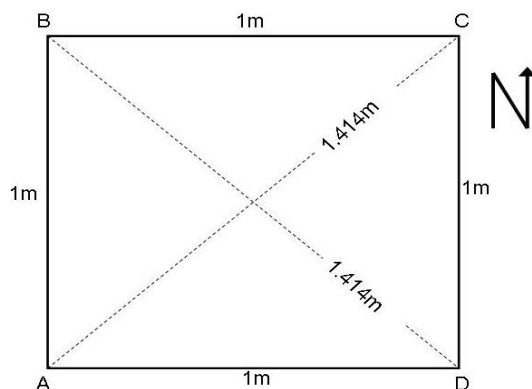
- ۳-۱-۳-۴-۱- خاک محل ایستگاه مدنظر از جنس نمکی، اسیدی و قلیایی نباشد.
- ۳-۱-۳-۴-۲- ایستگاه نباید در کنار ساحل و یا در زمین‌های حاوی ماسه بادی احداث شود.

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

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

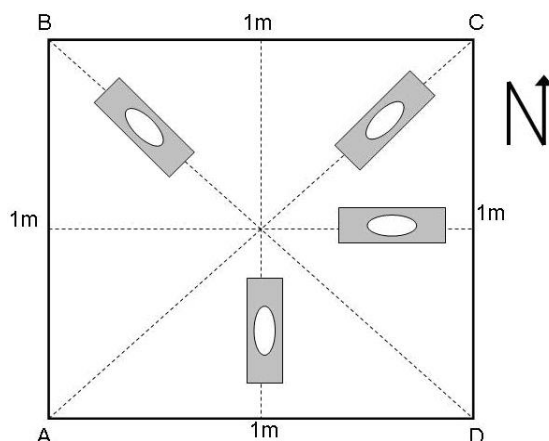
۳-۱-۳-۵- نحوه احداث ایستگاه‌های سنگی

۳-۱-۳-۵-۱- ابتدا در جهت شمال بر روی سنگ مورد نظر یک خط یک متری (طول AB در شکل ۳-۴) 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 ثقل سنجی درجه صفر

۳-۱-۳-۵-۲- 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 (شکل ۳-۵).

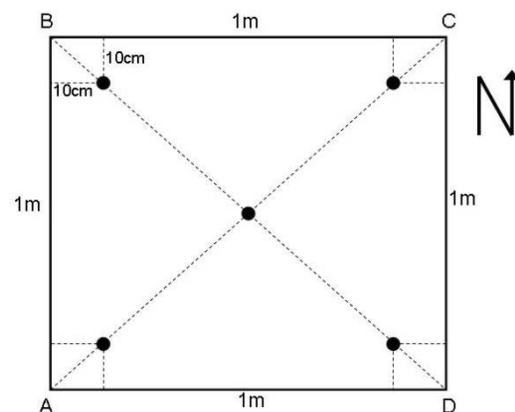


شکل ۳-۵ تراز کردن سطح ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر

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 ساییده شده و سپس با استفاده از دستگاه پولیش سنگ کاملاً صاف می‌شود.

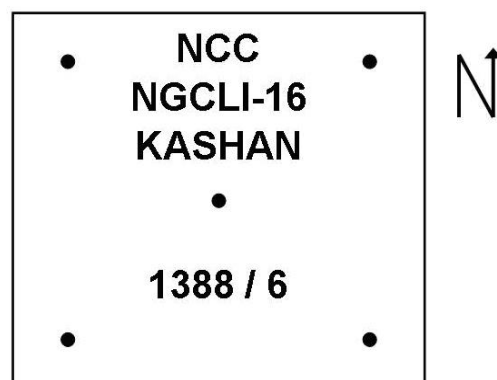
✓ **توجه:** رعایت مسایل ایمنی در حین عملیات احداث ایستگاه با توجه به آیین نامه‌های ایمنی وزارت کار و امور اجتماعی ضروری است.

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



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

۳-۵-۳-۱-۵- 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 (شکل ۳-۷).

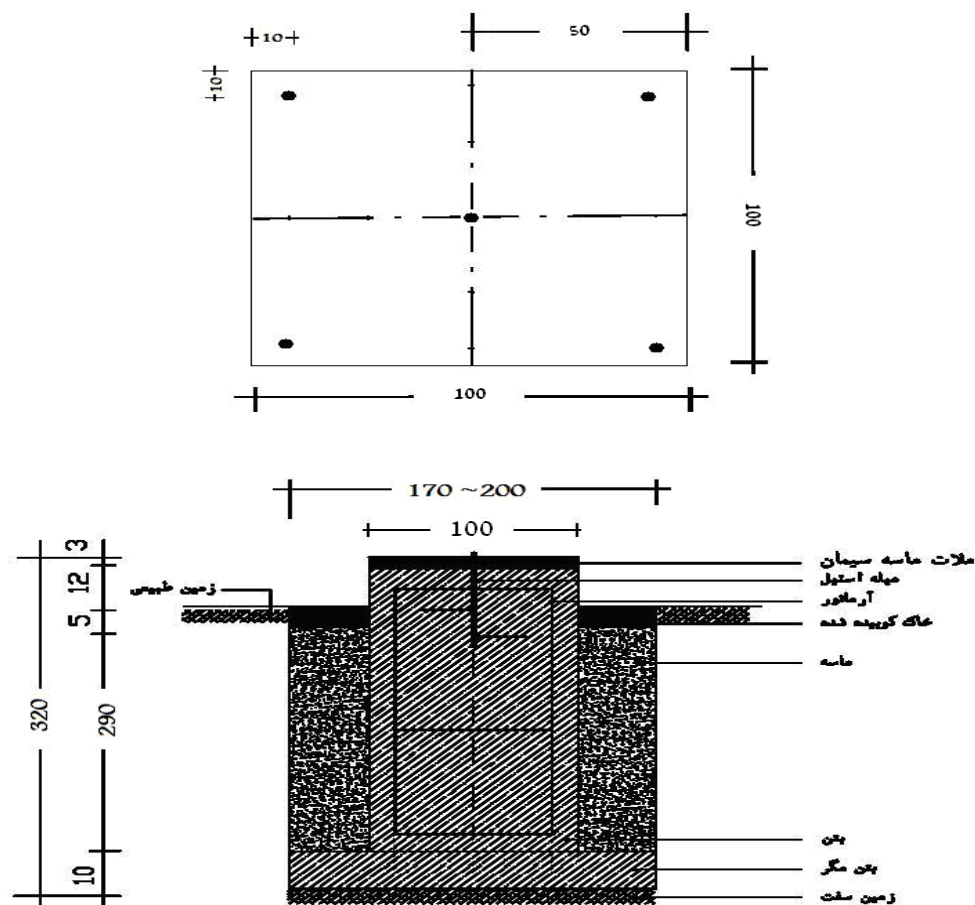


شکل ۳-۷ حک کردن مشخصات بر روی ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر

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 شکل ۳-۷ حک می‌شود که در آن سطر اول نام مؤسسه مجری (به‌عنوان مثال *NCC*) و در سطر دوم نام و شماره ایستگاه و در سطر سوم حروف مشخص‌کننده 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 نشانه 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.

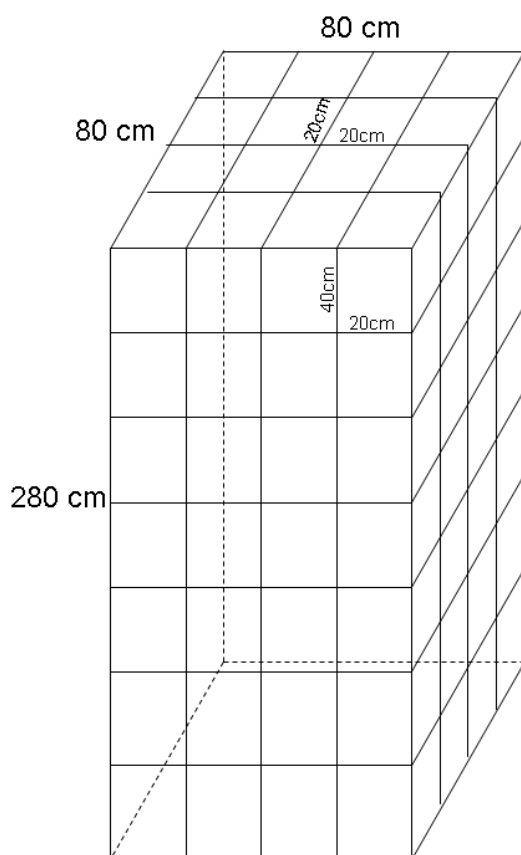
۶-۳-۱-۳- نحوه احداث ایستگاه‌های بتنی

۱-۳-۱-۶ 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 فیللی باشد). در صورتی که 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 ثقل سنجی درجه صفر (بر حسب سانتی متر)

۳-۱-۳-۶-۲ کف چاله را به ارتفاع ۱۰ سانتی متر 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 به صورت شبکه ۱۵ سانتی متری در هر ۶ وجه مکعب (شکل ۳-۹) انجام می شود. قطر آرماتورهای مورد استفاده ۱۲ تا ۱۴ میلی متر می باشد.



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 سانتی متر و ارتفاع ۳۰۰ سانتی متر را در چاله قرار داده و به تدریج ملات بتن را در آن ریخته و آن را کوبیده و ویبره نموده تا پر شود. در صورتی که از قالب استفاده نمی شود می توان از بلوک های سیمانی به منظور ایجاد قالب استفاده نمود. سطح داخلی بلوک ها 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 *Mixer* انجام شود.

۳-۱-۳-۶-۷ در انتهای بتن ریزی یک میله استیل میانی در وسط و چهار میله در گوشه های بتن به شکل عمودی قرار داده شود که سر میله ها باید ۱۰ میلی متر از سطح فوقانی بتن بالاتر قرار گیرند. به منظور استحکام بیشتر دو میله آهنی، تقریباً به طول ۷ تا ۱۰ سانتی متر، اولی به فاصله ۳ سانتی متر 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.

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

۹-۶-۳-۱-۳ 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.

۱۰-۶-۳-۱-۳ 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.

۱۱-۶-۳-۱-۳ 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 حدود ۲۰ 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 ۹ آورده شده است.

۱۲-۶-۳-۱-۳ 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.

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

۱۴-۶-۳-۱-۳ 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 محیطی 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.

۱۵-۶-۳-۱-۳ مطابق آیین‌نامه بتن ایران، درجه حرارت مناسب برای ساختن بتن بین 5°C تا 30°C می‌باشد و در هنگام بتن‌ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از 5°C و بیشتر از 30°C سانتی‌گراد داشته باشد.

۱۶-۶-۳-۱-۳ حداقل زمان مراقبت و عمل آوردن بتن در دمای محیط 5°C تا 10°C ، ۴ روز و در دمای بالاتر از 30°C ، ۳ روز است.

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

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

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

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

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

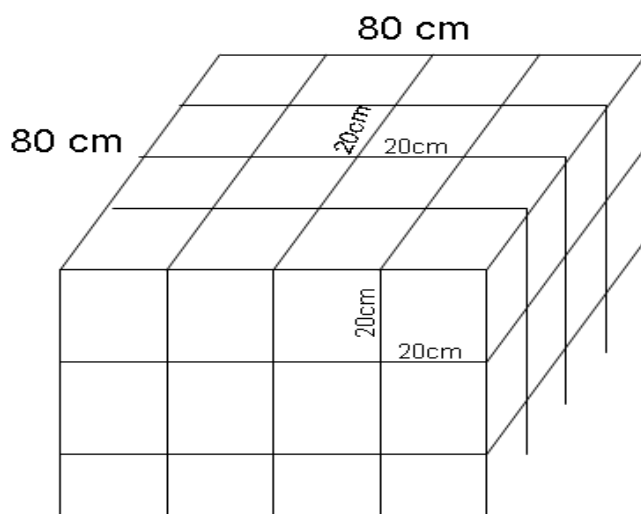
۱-۳-۳-۱-۷-۱ این نوع از ایستگاه‌ها در مواقعی استفاده می‌شود که سنگ بستر موجود بوده ولی به علت ناهمواری شدید سنگ، امکان صاف نمودن آن به ابعاد یک متر در یک متر وجود ندارد. به این منظور در ابتدای کار تمام بخش‌های سست و متلاشی سنگ را برداشته و حفاری آن قدر ادامه داده می‌شود تا بخش سفت و بکر سنگ که هوازده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

۱-۳-۳-۲-۷-۳ 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، میل گرد با چسب سنگ قرار داده می‌شود. با این عمل آرماتورها و در نتیجه بتن، به سنگ دوخته می‌شود.

۱-۳-۳-۳-۷-۳ 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 به تدریج 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.

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

۱-۳-۳-۵-۷-۳ 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.

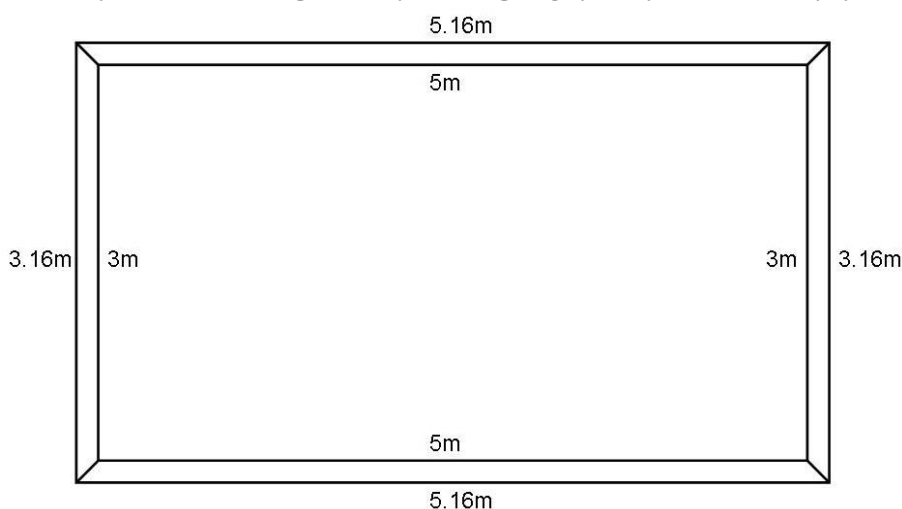


شکل ۳-۱۰ آرماتور مورد استفاده در ایستگاه سنگی با سرقالب بتنی

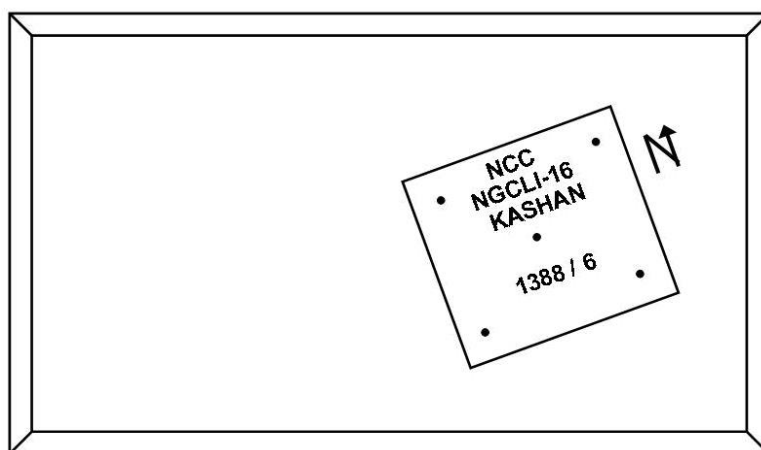
۸-۳-۱-۳- محوطه‌سازی اطراف ایستگاه

در صورتی که 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، به‌طوری که ایستگاه در داخل آن قرار گیرد. این محوطه باید به نحوی انتخاب شود که:

۸-۳-۱-۳-۱- 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.



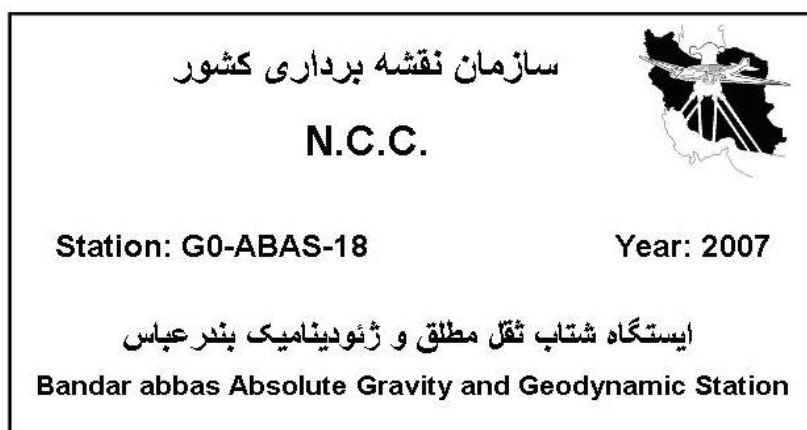
شکل ۳-۱۱ محوطه ایستگاه به منظور نصب اتاقک



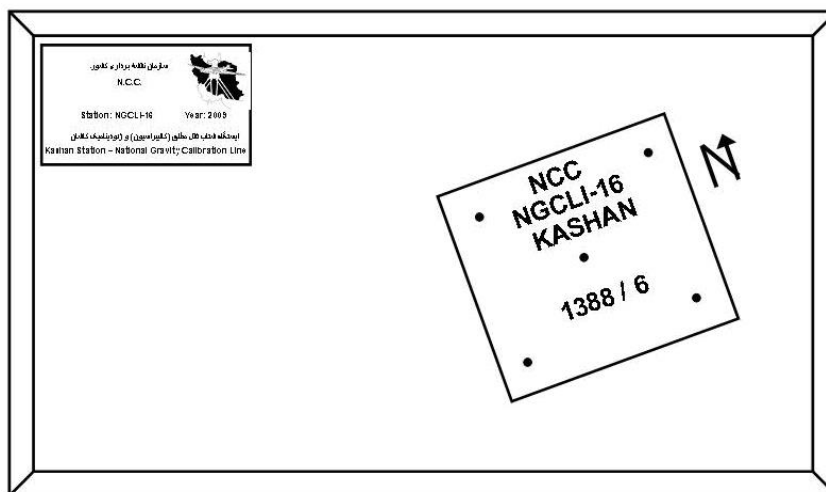
شکل ۵-۱۲ موقعیت ایستگاه اصلی در محوطه

۸-۳-۱-۳-۲- 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 کاملاً تراز می‌شود. در زمان نصب موقت اتاقک، دیوارهای اتاقک پیش‌ساخته در داخل ناودانی قرار می‌گیرند.

- ۳-۱-۳-۸-۳- 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.
- ۳-۱-۳-۸-۴- سطح ایستگاه «بتنی» و «سرقالب بتنی» نباید پایین تر از سطح محوطه باشد. به منظور رفع آب گرفتگی 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.
- ۳-۱-۳-۸-۵- پس از احداث ایستگاه و محوطه آن، لازم است که در اطراف محوطه و روی سنگ‌های اطراف تعدادی میل گرد، با زاویه ۴۵ درجه به طرف خارج ایستگاهی، نصب شود. از این میل گرد‌ها در هنگام انجام اندازه‌گیری‌های مدنظر به منظور مهار اتاچک و چادر در برابر باد استفاده می‌گردد. رنگ‌آمیزی محوطه ۲۵ در ۲۵ سانتی‌متری پیرامون میل گرد‌ها با رنگ سفید و رنگ‌آمیزی خود میل گرد‌ها با رنگ نارنجی به منظور جلب توجه و آسیب نزدن به لاستیک خودروها لازم است.
- ۳-۱-۳-۸-۶- در پایان، یک سنگ تابلو پیش نوشته که معرفی‌کننده ارگان سازنده و طرح سراسری گسترش شبکه ثقل سنجی درجه صفر می‌باشد، در یکی از گوشه‌های مناسب محوطه نصب و با ملات سیمان نرمه در جای خود محکم می‌شود.



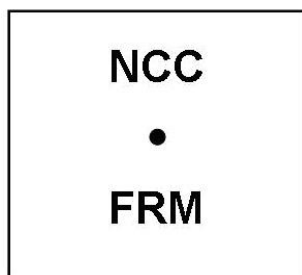
شکل ۳-۱۳ نمونه مشخصات حک شده بر روی سنگ تابلو ایستگاه



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

۳-۱-۳-۹- احداث ایستگاه کمکی (FRM)

- ۳-۱-۳-۹-۱- برای هر ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر، احداث حداقل یک ایستگاه کمکی FRM الزامی است. این ایستگاه در نزدیکی ایستگاه اصلی ساخته می شود، به طوری که بتوان اختلاف ارتفاع بین این نقطه و ایستگاه اصلی را با حداکثر یک یا دو دهنه عملیات ترازبایی به دست آورد.
- ۳-۱-۳-۹-۲- ایستگاه کمکی باید تا حد امکان دید تعیین موقعیت دقیق ماهواره ای داشته باشند. این ایستگاه کمکی به منظور ترازبایی ایستگاه اصلی و کنترل تغییرات ارتفاعی احتمالی آن احداث می شوند.
- ۳-۱-۳-۹-۳- احداث ایستگاه کمکی FRM با توجه به نوع منطقه می تواند از نوع بتنی، سنگی و یا سنگی با سرقالب بتنی انتخاب گردد (اولویت با احداث ایستگاه کمکی سنگی است).
- ۳-۱-۳-۹-۴- مشخصات هندسی و نحوه احداث ایستگاه کمکی FRM مطابق بند ۳-۱-۵ می باشد.
- ۳-۱-۳-۹-۵- در مرکز نقطه FRM میله استیل میانی به صورت قائم قرار می گیرد و روی آن عبارت FRM و NCC حک می شود.



شکل ۳-۱۵ حک کردن مشخصات نقطه کمکی FRM

- ۳-۱-۳-۹-۶- 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.

۳-۱-۴-۱-۴- احداث ایستگاه های شبکه های ثقل سنجی درجه ۱ و ۲

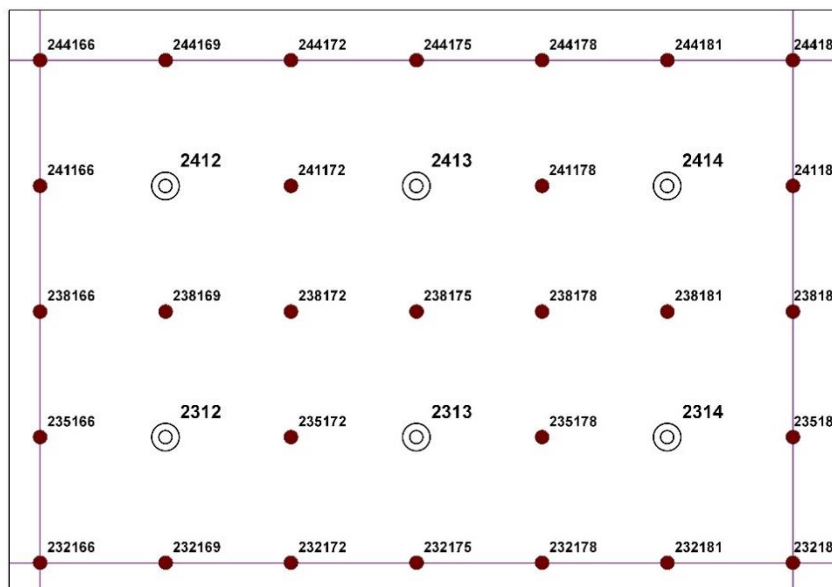
۳-۱-۴-۱-۴-۱- طراحی ایستگاه های شبکه

- ۳-۱-۴-۱-۴-۱- طراحی ایستگاه های شبکه های ثقل سنجی (چندمنظوره) درجه یک و دو به صورت منطقه ای و در داخل شبکه های ثقل سنجی درجه صفر انجام می گیرد.
- ۳-۱-۴-۱-۴-۲- در این طراحی در ابتدا باید از نقشه های ۱:۲۵۰۰۰، ۱:۵۰۰۰۰ که در آن، ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه صفر مشخص شده باشد، استفاده نمود.
- ۳-۱-۴-۱-۴-۳- فواصل بین ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه یک در حدود ۵۵ کیلومتر (۳۰ دقیقه کمانی) و فواصل ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه دو نصف فواصل ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه یک و برابر ۲۷ کیلومتر (۱۵ دقیقه کمانی) می باشد.

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

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

۳-۱-۴-۱-۶- طراحی نقاط بر اساس بلوک‌های ۱:۲۵۰۰۰ انجام می‌پذیرد و موقعیت ایستگاه‌ها بر روی این بلوک‌ها پیاده می‌گردد.



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

۳-۱-۴-۲- 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 ثقل سنجی درجه یک در شعاع حدود ۱۵ کیلومتری و برای ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه دو تا شعاع ۱۰ کیلومتری می‌باشد. باید سعی شود که ایستگاه‌های انتخاب شده بهترین پوشش را در داخل شبکه ثقل سنجی درجه صفر (یک بلوک ۱:۲۵۰۰۰) 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 ثقل سنجی، محل نهایی ایستگاه‌های شبکه تعیین می‌گردد.

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

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

۳-۱-۳-۴-۳- مشخصات کلی ایستگاه‌ها

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

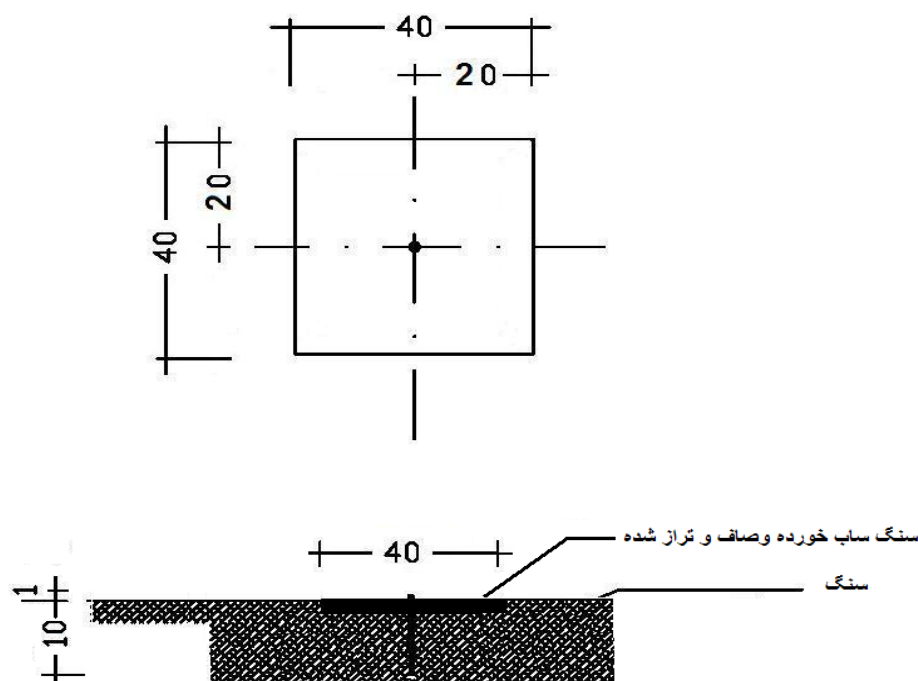
۳-۱-۳-۴-۲- ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه یک و دو بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول ۱۱ سانتی‌متر و قطر ۲/۵ سانتی‌متر (میله استیل ایستگاه اصلی) است که به وسیله چسب سنگ داخل سنگ ریشه‌دار و یا بتن کار گذاشته شده است. سطح ایستگاه باید صاف و تراز باشد و نام مدنظر بر روی آن حک گردد.

۳-۱-۳-۴-۳- شماره ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه یک، چهار رقمی است که دو شماره اول از جنوب به شمال و دو شماره دیگر از غرب به شرق افزایش می‌یابد (به عنوان مثال ۲۴۱۴).

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

۳-۱-۳-۴-۴- احداث ایستگاه‌های سنگی

۳-۱-۳-۴-۴-۱- ابتدا بر روی سنگ و با شابلون و کمک یک فرز کوچک یک مربع ۴۰×۴۰ سانتی‌متر را در جهت شمال علامت زده می‌شود. 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.



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

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

۳-۱-۴-۴-۳- یک سانتی متر 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 سوراخ های ریز داخل سنگ استفاده می شود.

۳-۱-۴-۵- احداث ایستگاه های بتنی

۳-۱-۴-۵-۱- از آن جایی که اولویت با احداث ایستگاه های سنگی و یا سنگی با سرقالب بتنی است در صورت ناچار بودن اقدام به احداث ایستگاه بتنی می شود.

۳-۱-۴-۵-۲- ایستگاه های شبکه ثقل سنجی درجه یک و یا دو به یکی از دو شکل مخروط ناقص و یا هرم چهار وجهی ناقص احداث می شود و بنابراین قالب مخروطی یا هرمی به ابعاد ذیل استفاده می شود.

۳-۱-۴-۵-۳- ارتفاع مخروط یا هرم ناقص ۱۰۰ سانتی متر می باشد.

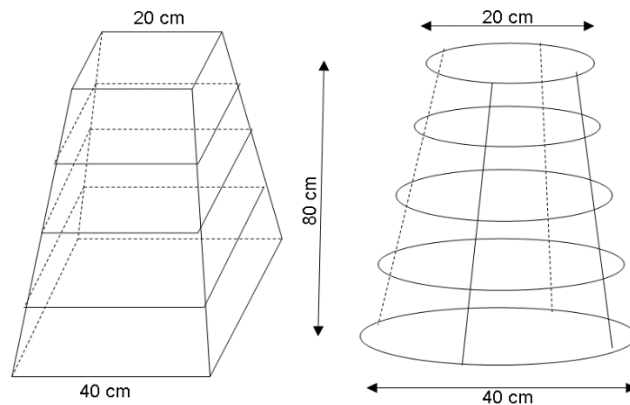
۳-۱-۴-۵-۴- در حالت مخروطی، سطح مقطع فوقانی بتن به شکل دایره به قطر ۴۰ سانتی متر و سطح مقطع تحتانی به شکل دایره به قطر ۶۰ سانتی متر می باشد.

۳-۱-۴-۵-۵- در حالت هرمی، سطح مقطع فوقانی بتن به شکل مربع به ابعاد ۴۰ سانتی متر و سطح مقطع تحتانی به شکل مربع به ابعاد ۶۰ سانتی متر می باشد.

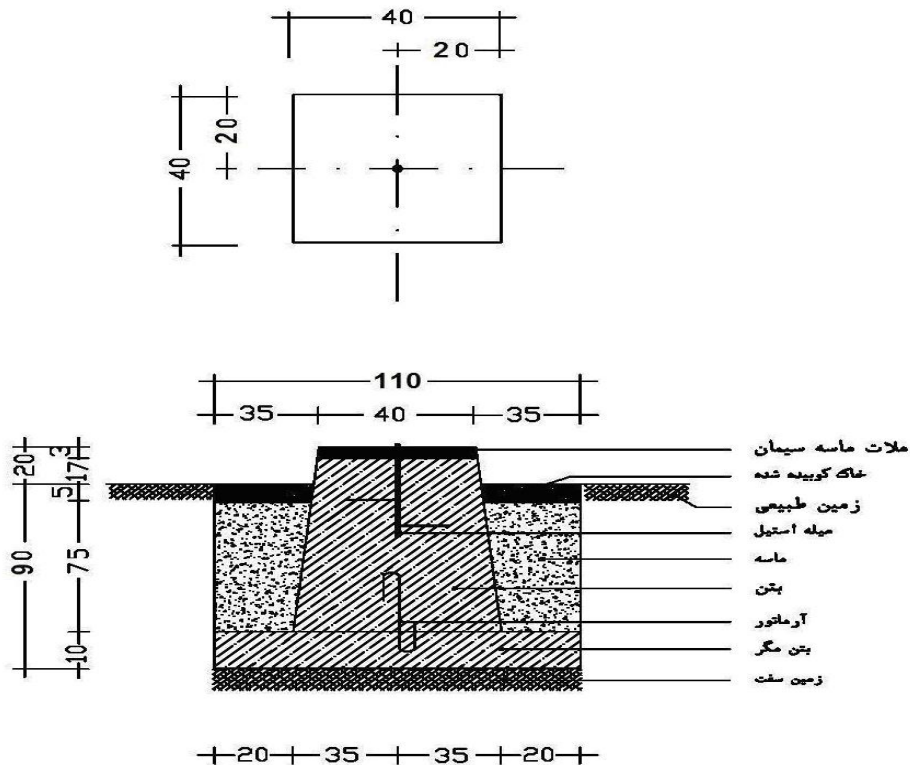
۳-۱-۴-۵-۶- چاله‌ای استوانه‌ای (به قطر ۸۰ و عمق ۹۰ سانتی‌متر) حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، حفاری تا جایی ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم رسیده شود. چاله می‌تواند ساده و یا دارای انباری باشد. در صورتی که سطح آب‌های زیرزمینی بالا باشد باید در کف چاله و به فواصل چند متر از چاله انبارهایی برای هدایت 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 ثقل سنجی درجه یک و یا دو در شکل‌های ۳-۱۸ و ۳-۱۹ آورده شده است.



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



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

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 به تدریج ملات بتن را در آن ریخته و آن را کوبیده و ویبره نموده تا پر شود. در صورتی که 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 به طوری که سر میله (بخشی که به میله آداپتور *GPS/GNSS* وصل می‌شود) باید ۲ سانتی‌متر بالاتر از سطح فوقانی بتن قرار گیرد. به منظور استحکام بیشتر، دو میله آهنی تقریباً به طول 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 می‌شود.

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.

۳-۱-۴-۶- 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. به این 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 (به طوری که سطح فوقانی قالب تقریباً 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 (به طوری که سطح فوقانی بتن ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین قرار گیرد) در چاله قرار گرفته و ملات بتن داخل آن ریخته می‌شود.

- ۳-۱-۴-۵- استفاده از ویراتور 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- در پایان بتن ریزی یک میله استیل اصلی در وسط رپر بتن به شکل عمودی قرار داده می شود به طوری که سر میله ۲۰ میلی متر از سطح فوقانی بتن بالاتر قرار گیرد. به منظور استحکام بیشتر دو میله آهنی تقریباً به طول ۷ تا ۱۰ سانتی متر، اولی به فاصله ۳ سانتی متر و دومی به فاصله حدود ۱۰ سانتی متر از انتهای میله، در دو جهت عمود بر هم به میله وسط جوش داده شود.
- ۳-۱-۴-۷- میله اصلی کار گذاشته شده در وسط بتن که به عنوان نقطه $GPS/GNSS$ ، تراز یابی و ثقل سنجی مورد استفاده قرار می گیرد باید دارای مشخصات بند ۳-۱-۲-۱۰-۱ باشد.
- ۳-۱-۴-۸- می توان به منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود ۳ سانتی متر از سطح بالای قالب رپر را با ملات سیمان و ماسه نرم پر نمود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به صورت یک پارچه درآید.
- ۳-۱-۴-۹- نام گذاری ایستگاه طبق بند ۳-۱-۴-۷ بوده و با استفاده از شابلن بر روی ایستگاه نوشته می شود.
- ۳-۱-۴-۱۰- استفاده از ویراتور برای متراکم کردن بتن پیشنهاد می شود.
- ۳-۱-۴-۱۱- به منظور آرماتوربندی از مفتول فلزی نمره ۷۵ استفاده شود.
- ۳-۱-۴-۱۲- قالب رپر پس از خشک شدن نسبی، حداقل بعد از یک ساعت یا روز بعد (بسته به زمان گیرش) برداشته می شود.
- ۳-۱-۴-۱۳- 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 سانتی متر از سطح اطراف آن بالاتر باشد.
- ۳-۱-۴-۱۴- برای انجام کنترل های لازم برای ساخت بتن به بندهای ۳-۱-۴-۱۲ تا ۳-۱-۴-۱۷ رجوع شود.

۳-۱-۴-۷- نام نویسی ایستگاه های ثقل سنجی

- ۳-۱-۴-۷-۱- مشخصات ایستگاه در سه سطر توسط فرز کوچک بر روی آن حکاکی می شود. در سطر اول عبارت NCC و در سطر دوم شماره ایستگاه (به عنوان مثال 2414) و در سطر سوم حروف $GLGAM$ بر روی آن حکاکی می گردد. در صورت بازسازی ایستگاه شبکه ثقل سنجی، کد عدد معین کننده تعداد دفعات بازسازی است. به عنوان مثال عدد 1، معرف بازسازی اول، باید قبل از عبارت NCC (مانند $1NCC$) بر روی ایستگاه حک شود.



شکل ۳-۲۰ ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه یک و نحوه نام گذاری آن



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

- ۳-۱-۴-۲-۷-۲- دقت شود عمق شیار ایجاد شده برای حکاکی توسط فرز بیشتر از ۵ میلی متر نباشد در غیر این صورت لبه‌های حروف و اعداد حک شده دچار شکستگی می‌شوند.
- ۳-۱-۴-۳-۷-۳- برای ایستگاه سه علامت راهنما به شکل + با نام‌های $R1$ ، $R2$ و $R3$ ایجاد می‌شود که روی عوارض اطراف آن حک و رنگ می‌شود.
- ۳-۱-۴-۴-۷-۴- برای هر ایستگاه، یک ایستگاه کمکی FRM مطابق بند ۳-۱-۳-۹ احداث می‌شود.

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

- ۳-۱-۴-۱-۱- طراحی نقاط نشانه شبکه‌های ثقل سنجی درجه سه و یا موردی و اکتشافی به صورت محلی و منطقه‌ای و در داخل شبکه‌های ثقل سنجی درجات بالاتر انجام می‌گیرد.
- ۳-۱-۴-۱-۲- نقاط شبکه ثقل سنجی درجه ۳ بصورت نشانه (Marker) با فواصل ۵ دقیقه و به طور منظم طراحی شده‌اند، به طوری که فاصله بین هر دو ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه ۲ با دو نقطه نشانه شبکه ثقل سنجی درجه ۳ پوشش داده می‌شود (شکل ۳-۲۲)



شکل ۳-۲۲ موقعیت نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه ۳ (نقاط دایره‌ای سبز رنگ) نسبت به ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲ (نقاط دایره‌ای با رنگ زرشکی)

۳-۱-۴-۱-۳- نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی 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.

۳-۱-۶- احداث ایستگاه‌های تراز یابی دقیق میانی

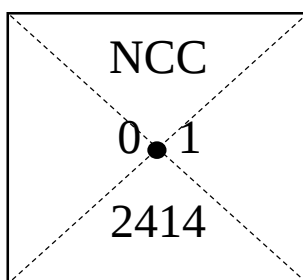
۳-۱-۶-۱- ایستگاه‌های ترازیبی میانی به منظور امکان انجام عملیات ترازیبی از شبکه ترازیبی سراسری کشور (درجه یک یا دو) به ایستگاه‌های شبکه ثقل‌سنجی و در نتیجه انتقال ارتفاع ارتومتریک به شبکه ثقل‌سنجی، احداث می‌شوند.

۳-۱-۶-۲- شناسائی، ایستگاه شبکه‌های ثقل سنجی، و ایستگاه‌های تراز یابی، مبان، یا هم انجام می‌شود.

۳-۶-۱-۳ بین ایستگاه شبکه ثقل سنجی و نزدیک ترین ایستگاه شبکه تراز یابی دقیق درجه یک یا دو سراسری، یک مسیر تراز یابی دقیق درجه یک احداث می گردد.

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

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



شکل ۳-۲۳ نحوه حک کردن نام بر روی نقطه تراز یابی، 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.

۷-۱-۳- تهیه شناسنامه ایستگاه‌ها

برای هر ایستگاه شبکه ثقل‌سنجی تهیه شناسنامه مطابق فرم‌های ضمیمه الف الزامی می‌باشد که باید قسمت‌های مختلف آن به شرح 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.

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

۳-۷-۱-۳- در قسمت شرح ایستگاه، مشخصات و ابعاد ایستگاه اصلی و ایستگاه کمکی *FRM* توضیح داده می‌شود. ۳-۷-۱-۴- در بخش موقعیت ایستگاه و راه دسترسی به آن مطالب زیر باید ذکر شود:

۳-۷-۱-۴-۱- محل ایستگاه

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

الف- فاصله از محور جاده.

ب - فاصله و ژیزمان از یک نقطه مشخص به طوری که به کمک آن، محل ایستگاه

مدنظر قابل دسترسی باشد.

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

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

۳-۷-۱-۵- 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.

۳-۷-۱-۶- در قسمت توضیحات فرم شناسنامه ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی (فرم شماره *FR800/00*)، فاصله ایستگاه انتخابی تا نقطه تعیین شده در نقشه و نزدیک‌ترین ایستگاه ترازیبی 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.

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

۳-۷-۱-۸- 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.

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

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

۳-۲- دستورالعمل اندازه‌گیری شتاب ثقل

۳-۲-۱- اندازه‌گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه صفر

۳-۲-۱-۱- مقدار شتاب ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه صفر به صورت مطلق با استفاده از روش‌هایی نظیر روش سقوط آزاد و با استفاده از دستگاه‌هایی نظیر ثقل سنج مطلق FG5 اندازه‌گیری می‌شوند. دستگاه FG5، نسل جدید ثقل سنج‌های بالستیک می‌باشد که اندازه‌گیری شتاب ثقل 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 منشأ 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 ثقل سنج 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 الک 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 ثقل سنج 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 ثقل سنج FG5 به منظور ایجاد فرکانس استاندارد از نوع اتمی-رویدیم با ثبات 10^{-10} می‌باشد که کالیبراسیون فرکانس لیزر آن توسط موسسه بین‌المللی استاندارد اندازه‌گیری‌ها و وزن‌ها (BIPM) مورد ارزیابی قرار گرفته است. زمان سنج‌های به‌کار رفته در دستگاه‌های ثقل سنج معمولاً و به‌طور متناوب با استفاده از زمان سنج‌های دقیق سزیم و هیدروژن-میزر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. با این همه، مقایسه بین دستگاه‌های FG5 کاملاً 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 شتاب ثقل به صورت مطلق، مقدار گرادیان قائم شتاب ثقل نیز باید به‌طور دقیق و به منظور انتقال شتاب ثقل از ارتفاع مرکز اندازه‌گیری دستگاه FG5 تا سطح ایستگاه مدنظر اندازه‌گیری شود. به‌این منظور از دستگاه‌های ثقل سنج نسبی مانند CG5 و CG3 استفاده شده و مقدار شتاب ثقل در سه ارتفاع مشخص از سطح ایستگاه، اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها سپس برای محاسبه گرادیان قائم شتاب ثقل استفاده می‌شوند. مقدار شتاب ثقل در سطح ایستگاه سپس با استفاده از گرادیان به دست آمده محاسبه می‌گردد:

$$g_{\text{surface}} = g_{Z0} + \frac{dg}{dz} (h_{Z0} - h_{\text{surface}}) \quad (3-1)$$

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

۳-۲-۱-۷- اندازه‌گیری شتاب ثقل 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 شتاب ثقل پس از تحلیل این مشاهدات توسط نرم‌افزار مناسب به دست می‌آید.

۳-۲-۱-۸- اندازه‌گیری شتاب ثقل 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 تداخل سنجی 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 شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۱

۳-۲-۲-۱- شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب ثقل با استفاده از دستگاه‌های ثقل سنج نسبی

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

۳-۲-۲-۱-۲- قبل از هر گونه اندازه‌گیری شتاب ثقل با استفاده از این دستگاه‌ها باید از تنظیم دررفت 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 به خصوص در هنگام وارد شدن شوک به دستگاه باید انجام شوند.

۳-۲-۲-۱-۳- دررفت 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 دررفت ثابت دستگاه کنترل و تنظیم گردد.

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

۳-۲-۲-۱-۴-۱- تصحیح دررفت بر اساس اندازه‌گیری‌های متوالی بر روی یک ایستگاه پایه (یعنی حالت *Cycling*) به‌دست می‌آید. در حین این اندازه‌گیری، ترم بلند نسبتاً ثابت دررفت 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 دررفت 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 دررفت جدید (*DRIFT'*) با استفاده از رابطه زیر برای دستگاه محاسبه می‌شود:

$$DRIFT' = DRIFT + \left(\frac{R2-R1}{T2-T1} \right) \quad (3-2)$$

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

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

۳-۲-۲-۱-۴-۵- 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.

۳-۲-۲-۱-۴-۶- برداشتن و گذاشتن دستگاه بر روی زمین در حین جابه‌جایی باید با احتیاط کامل صورت گیرد.

۳-۲-۲-۱-۴-۷- دستگاه باید در اتومبیل درون جعبه مخصوص کاملاً مهار شده و افقی قرار گیرد.

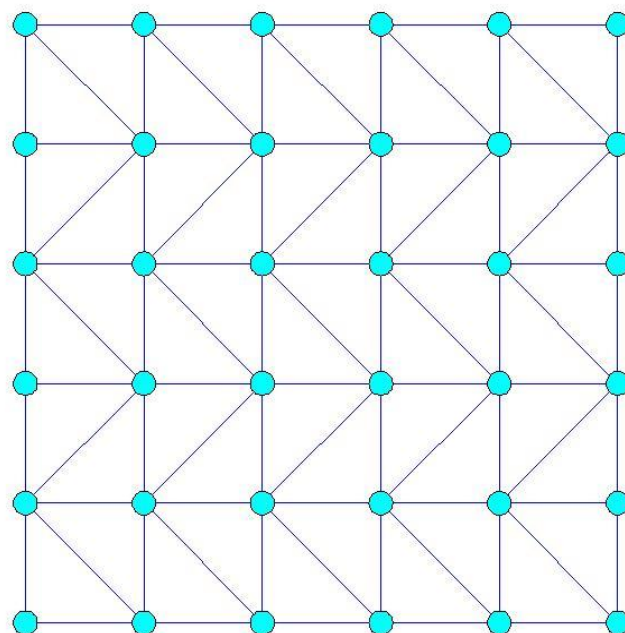
۳-۲-۲-۱-۴-۸- در موقع جابه‌جایی بین ایستگاه‌های مدنظر، اگر مدت توقف، طولانی باشد (بیشتر از ۲۰ دقیقه) لازم است که دستگاه از ماشین خارج شده و در محل مناسبی دور از دسترس دیگران به حالت تراز مستقر شود.

۳-۲-۲-۱-۴-۹- در موقع جابه‌جایی حتماً وضعیت شارژ باتری‌ها و دمای دستگاه باید کنترل شود.

- ۳-۲-۲-۱۰- 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.
- ۳-۲-۲-۱۱- باید با نصب چادر یا چتر از تابش مستقیم نور خورشید به دستگاه در حین قرائت که سبب تغییر تراز دستگاه می‌شود، جلوگیری گردد.
- ۳-۲-۲-۱۲- باید از قرارگرفتن دستگاه در معرض وزش باد و نسیم، با نصب چادر جلوگیری به عمل آید؛ چرا که این امر سبب ایجاد نویز در اندازه‌گیری‌ها می‌شود.
- ۳-۲-۲-۱۳- لازم است پیرامون دستگاه محیطی آرام و امن به وجود آورد و از هرگونه تردد غیر ضروری در اطراف دستگاه جلوگیری کرد.
- ۳-۲-۲-۱۴- به منظور ثابت نگه داشتن ارتفاع دستگاه در طول اندازه‌گیری باید برای تراز کردن 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 شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۱

- ۱-۲-۲-۲-۳- خطوط مشاهداتی ثقل سنجی بین ایستگاه‌های متوالی در شبکه ثقل سنجی درجه یک ایران هر کدام در یک روز کاری اندازه‌گیری شود.
- ۲-۲-۲-۲-۳- ثقل سنجی هر خط مشاهداتی در شبکه ثقل سنجی درجه یک ایران برای محاسبه دریافت به صورت رفت و برگشت است.
- ۳-۲-۲-۲-۳- دستگاه ثقل سنج بعد از استقرار چادر بر روی ایستگاه، بر روی آن مستقر و سپس تراز شود.
- ۴-۲-۲-۲-۳- بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل سنج، حداقل ۳۰ دقیقه آن را خاموش کرده تا به ثبات برسد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه به صورت ثبت خودکار قرائت‌های یک دقیقه‌ای انجام شود.
- ۵-۲-۲-۲-۳- 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.
- ۶-۲-۲-۲-۳- روش اندازه‌گیری در شبکه ثقل سنجی 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.

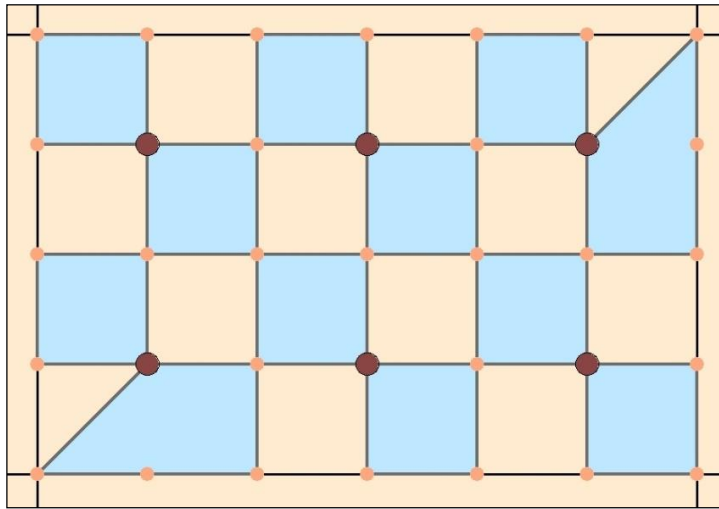


شکل ۳-۲۴ نحوه اندازه‌گیری شتاب ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۱

- ۳-۲-۲-۲-۷ در صورتی که اطراف ایستگاه‌های ثقل سنجی، ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر موجود باشد، خط اتصالی از این ایستگاه به ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه صفر نیز اندازه‌گیری می‌شود.
- ۳-۲-۲-۲-۸ میزان دریافت مشاهدات ثقل سنجی در شبکه ثقل سنجی درجه یک باید کمتر از ۲ میکروگال در ساعت باشد.

۳-۲-۳- اندازه‌گیری شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۲

- ۳-۲-۳-۱ شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب ثقل با استفاده از ثقل سنج‌های نسبی مربوط به بند ۳-۲-۲-۱ در نظر گرفته شود.
- ۳-۲-۳-۲ بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل سنج، حداقل ۲۰ دقیقه آن را خاموش می‌کنیم تا به حالت ثبات برسد. سپس به اندازه ۱۵ دقیقه به صورت ثبت خودکار قرائت‌های یک دقیقه‌ای انجام شود.
- ۳-۲-۳-۳ به منظور بررسی ثبات دستگاه می‌توان موارد بند ۳-۲-۲-۵ را دنبال نمود.
- ۳-۲-۳-۴ استراتژی اندازه‌گیری در شبکه ثقل سنجی درجه ۲ به صورت اندازه‌گیری‌های جداگانه در هر بلوک ۱:۲۵۰۰۰۰ است. مشاهدات به صورت شطرنجی تحت لوپ‌های چهارضلعی که شامل سه ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه دو و یک ایستگاه شبکه ثقل سنجی 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.



شکل ۳-۲۵ نحوه اندازه‌گیری شتاب‌ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲

- ۳-۲-۳-۵ در صورتی که از ایستگاه شبکه ترازایی 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 دریافت مشاهدات شتاب‌ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه دو باید کمتر از ۴ میکروگال در ساعت باشد.

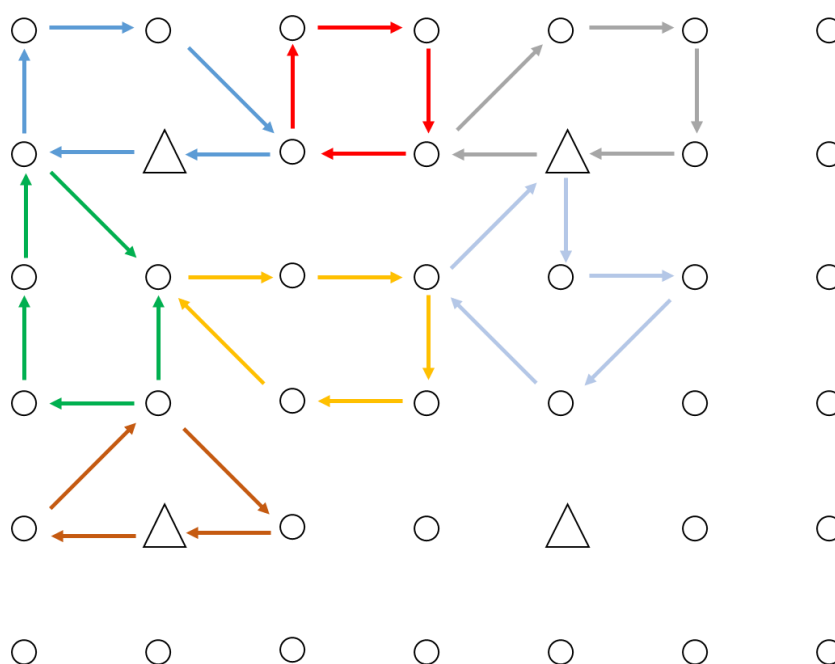
۳-۲-۴- اندازه‌گیری شتاب‌ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۳

- ۳-۲-۴-۱ ایستگاه‌های الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه‌های ثقل سنجی نسبتی مربوط به بند ۵-۲-۲ در نظر گرفته شود.
- ۳-۲-۴-۲ بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل سنجی، 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 ثقل سنجی درجه سه به صورت لوپ‌های چند ضلعی بوده که هر لوپی در صورت امکان از یک ایستگاه شبکه‌های ثقل سنجی درجه صفر، یک یا دو شروع شود و با اندازه‌گیری چند ایستگاه مجاور از شبکه ثقل سنجی 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 کاملاً حفظ گردد.
- ۳-۲-۴-۶ به منظور تسریع در عملیات انتقال شتاب‌ثقل به نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه سه، می‌توان در نزدیکی محل استقرار، یک ایستگاه ماندگار با شرایط قابل قبول ایستگاه‌های ثقل سنجی احداث کرده و از ایستگاه ماندگار مدنظر به نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه سه اندازه‌گیری نمود. فقط باید توجه

گردد که برای تعیین مقدار شتاب ثقل ایستگاه ماندگار جدید احداث شده، باید از نزدیک‌ترین ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه یک یا دو به آن به صورت رفت و برگشت ثقل سنجی شود و دریافت این اتصال باید کمتر از ۴ میکروگال در ساعت باشد.

۷-۳-۲-۴-۳- میزان دریافت مشاهدات شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه سه باید کمتر از ۶ میکروگال در ساعت باشد.

۸-۳-۲-۴-۳- مشاهدات شتاب ثقل شبکه ثقل سنجی درجه سه به صورت همزمان با اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) انجام پذیرد.



شکل ۳-۲۶ نحوه اندازه‌گیری شتاب ثقل نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی درجه سه (نقاط دایره‌ای) نسبت به ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی درجه یک و دو (نقاط مثلثی)

۵-۳-۲- اندازه‌گیری شتاب ثقل در شبکه موردی و اکتشافی

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

۲-۳-۲-۵- تنظیم دریافت ایستا (کالیبراسیون استاتیکی) دستگاه‌های ثقل سنج 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.

- ۳-۲-۵-۳- به منظور انتقال شتاب‌ثقل به ایستگاه‌های شبکه موردی طراحی شده (شروع اندازه‌گیری روزانه)، از ایستگاه‌های ماندگار احداث شده در منطقه استفاده می‌شود.
- ۳-۲-۵-۴- در هر اندازه‌گیری روزانه، تنها یک سرفصل (Header) در ابتدای کار و فقط بر روی ایستگاه ماندگار احداث شده ایجاد گردد.
- ۳-۲-۵-۵- اندازه‌گیری بر روی هر ایستگاه شبکه موردی (به غیر از ایستگاه ماندگار احداثی در منطقه)، به تعداد ۵ سیکل مشاهده ۶۰ ثانیه‌ای ($\text{Read time} = 60''$) بوده که در آن بهتر است مدت زمان به ثبات رسیدن دستگاه قبل از اندازه‌گیری (۱ دقیقه) مورد توجه قرار گیرد. تنها بر روی ایستگاه ماندگار احداثی در ابتدا و انتهای کار، ۱۰ سیکل مشاهده ۶۰ ثانیه‌ای اندازه‌گیری شود.
- ۳-۲-۵-۶- 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.
- ۳-۲-۵-۷- میزان قرائت‌های رد شده (Rejected) در یک سیکل مشاهداتی ۶۰ ثانیه‌ای باید کمتر از ۱۲ قرائت باشد.
- ۳-۲-۵-۸- میزان دریافت 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.
- ۳-۲-۵-۹- میزان تیلت X و Y هر سیکل مشاهده باید کمتر از ۱۰ ثانیه کمانی باشد.
- ۳-۲-۵-۱۰- دستگاه ثقل‌سنج به فاصله ۱۰ سانتی‌متری از میخ پیکه تاژ ایستگاه احداث شده و در طرف قسمت نوشته شده آن قرار گیرد.
- ۳-۲-۵-۱۱- در هر اندازه‌گیری شماره ایستگاه (Station)، خط (Line) و فاصله دستگاه از سطح زمین (Elevation) معرفی شود.
- ۳-۲-۵-۱۲- 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.
- ۳-۲-۵-۱۳- 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.
- ۳-۲-۵-۱۴- در هر روز کاری حداقل 5% ایستگاه‌های شبکه موردی باید تکرار گردد.
- ۳-۲-۵-۱۵- 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.
- ۳-۲-۵-۱۶- به منظور افزایش سرعت اندازه‌گیری، مشاهدات شتاب‌ثقل شبکه ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی می‌تواند بصورت مجزا از اندازه‌گیری‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS/GNSS) انجام پذیرد.

۳-۳- دستورالعمل نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی

۳-۳-۱- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه صفر

- ۳-۳-۱-۱- مشاهدات تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) بر روی ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی 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 ثقل سنجی 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.

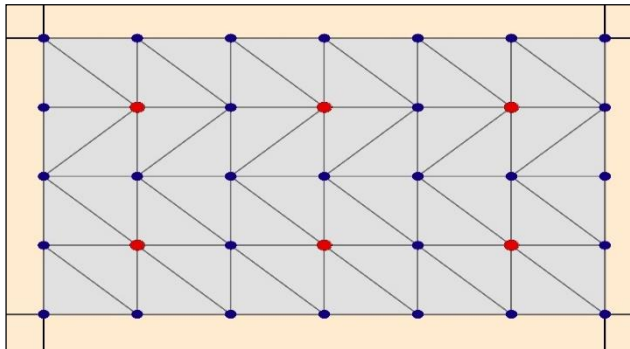
۳-۳-۲- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۱

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

۳-۳-۳- نحوه تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه ۲

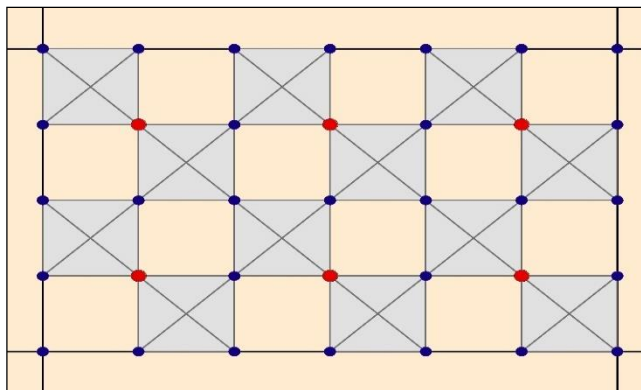
- ۳-۳-۳-۱- برای هر اندازه‌گیری باید فرم مشاهدات (Sitelog) مطابق فرم‌های پیوست تکمیل گردد.
- ۳-۳-۳-۲- فرم خلاصه مشاهدات برای یک دوره مشاهداتی مطابق فرم‌های پیوست تکمیل گردد.
- ۳-۳-۳-۳- ترسیم اندکس خطوط اندازه‌گیری‌های انجام‌شده الزامی است.
- ۳-۳-۳-۴- نرخ اندازه‌گیری‌ها در شبکه ثقل سنجی درجه دو، ۱۵ ثانیه 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) در صورت 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.

۱۰-۳-۳-۳- در مواقعی که از سه دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) به منظور تعیین موقعیت ایستگاه‌ها استفاده می‌شود، اندازه‌گیری‌ها باید به صورت 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)

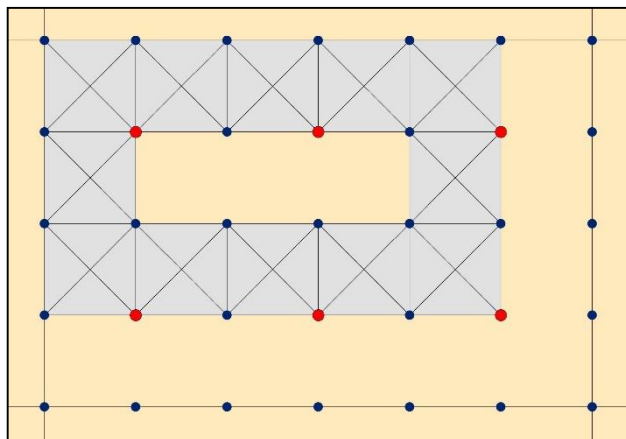
۱۱-۳-۳-۳- در مواقعی که از چهار دستگاه تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) به منظور تعیین موقعیت ایستگاه‌ها استفاده می‌شود، اندازه‌گیری‌ها به صورت چهارضلعی که شامل سه ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه ۲ و یک نقطه مبنایی شبکه ثقل سنجی درجه ۱ است، به صورت شطرنجی می‌باشد. با توجه به این ساختار اندازه‌گیری، 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)

۱۲-۳-۳-۳- 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 به صورت چهارضلعی که شامل سه ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه ۲ و یک ایستگاه شبکه ثقل سنجی درجه ۱ است، به صورت 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

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.

۳-۳-۴- نحوه تعیین موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی 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 ثقل سنجی 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 ثقل سنجی انجام شود.
- ۳-۳-۴-۸- آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) بر روی ترابراگ سه‌پایه نصب شده و بر روی ایستگاه سانترال قرار می‌گیرد. سپس در این حالت دستگاه ثقل سنج 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 ثقل سنجی 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 ثقل سنجی 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

- 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.
- ۱۰-۳-۴-۳- مدت زمان انجام مشاهده بر روی نقاط نشانه این شبکه حداقل ۱ ساعت می‌باشد.
- ۱۱-۳-۴-۳- فاصله ایستگاه رفرانس از نقاط نشانه شبکه ثقل سنجی 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.
- ۱۲-۳-۴-۳- ارتفاع آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) تا سطح زمین (محل قرار گرفتن دستگاه ثقل سنج) باید با دقت میلیمتر اندازه‌گیری شود.
- ۱۳-۳-۴-۳- 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.

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

- ۱-۳-۳-۵- برای اندازه‌گیری موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه‌های ثقل سنجی موردی و اکتشافی می‌توان از روش‌های استاتیک و یا تعیین موقعیت آنی (RTK) استفاده نمود.
- ۲-۳-۳-۵- در روش استاتیک حداقل دو ایستگاه ماندگار با شرایط ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی 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.
- ۳-۳-۳-۵- 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.
- ۴-۳-۳-۵- نرخ اندازه‌گیری‌ها در شبکه ثقل سنجی موردی و اکتشافی به روش استاتیک ۱۰ ثانیه است.
- ۵-۳-۳-۵- در روش استاتیک بر روی نقاط نشانه مقدار $mask\ angle$ برابر ۱۵ درجه باید انتخاب گردد.
- ۶-۳-۳-۵- در روش استاتیک گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) باید از نوع ژئودتیک چندفرکانسه باشد.
- ۷-۳-۳-۵- برای اندازه‌گیری موقعیت دقیق نقاط نشانه شبکه به روش استاتیک باید از آنتن‌های نوع ژئودتیک استفاده شود.
- ۸-۳-۳-۵- در روش استاتیک ارتفاع آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) تا سطح زمین (پایین میخ چوبی) باید با دقت میلیمتر اندازه‌گیری شود.
- ۹-۳-۳-۵- در روش استاتیک آنتن گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) بر روی ترابراگ سه‌پایه نصب شده و بر روی ایستگاه سانترال کردن می‌گردد.
- ۱۰-۳-۳-۵- 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.

- ۱۱-۳-۵- در روش تعیین موقعیت آنی (RTK) حداقل ۳ ایستگاه ماندگار با شرایط ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی 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.
- ۱۲-۳-۵- در روش تعیین موقعیت آنی (RTK) در صورت استفاده از شبکه‌های ارسال تصحیحات 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 ارسال تصحیحات موجود در منطقه مجاز نبوده و باید از روش تعیین موقعیت آنی محلی (Local RTK) با استفاده گیرنده *base* و *rover* استفاده شود.
- ۱۳-۳-۵- در روش تعیین موقعیت آنی محلی (Local RTK)، گیرنده *base* بر روی یکی از ایستگاه ماندگار احداثی در منطقه مستقر می‌گردد.
- ۱۴-۳-۵- 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.
- ۱۵-۳-۵- 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.

۳-۴- دستورالعمل نحوه ذخیره‌سازی داده‌ها

۳-۴-۱- نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب ثقل توسط گروه‌های صحرایی

- ۱-۳-۴-۱-۱- در دستگاه‌های ثقل سنجی که فاقد قابلیت درج حروف هستند (نظیر دستگاه ثقل سنج CG/3M)، برای مشخص کردن اسامی ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی، در قسمت مربوط به نام ایستگاه (Station) شماره ایستگاه موردنظر درج گردد. ولی در ثقل سنج‌های دارای قابلیت ثبت حروف (نظیر دستگاه ثقل سنج CG5) اسامی ایستگاه‌ها به‌طور کامل بدون درج فاصله ثبت شوند.
- ۲-۳-۴-۱-۲- مشخصات دقیق در فرم مشاهدات (فرم‌های پیوست) باید توسط عامل اندازه‌گیری به صورت دقیق تکمیل شود. این مشخصات شامل شماره سریال دستگاه، دریافت، زمان دریافت، تاریخ، نام عامل اندازه‌گیری، منطقه کاری در سرفصل فرم مشاهدات و اسم ایستگاه، تاریخ، ساعت، موقعیت ایستگاه و شماره مشاهده معرفی شده به دستگاه ثقل سنج در ردیف‌های اندازه‌گیری است.
- ۳-۳-۴-۱-۳- 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 استنی‌گراد می‌باشد.
- ۴-۳-۴-۱-۴- خروجی دستگاه‌های ثقل سنج 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

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.

۵-۱-۳-۴- 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 جدول ۳-۱ 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	GOYAZD01	9001
18	Tehran	GOTHRN02	9002
19	Tabriz	GOTBRZ03	9003
20	Kermanshah	GOKRSH04	9004
21	Esfahan	GOSFHN05	9005
22	Ahvaz	GOAHVZ06	9006
23	Shiraz	GOSHRZ07	9007
24	Laar	GOLAAR08	9008
25	Kerman	GOKRMN10	9010
26	Birjand	GOBJND12	9012
27	Mashhad	GOMSHD13	9013
28	Kalaleh	GOKLLE14	9014
29	Tabas	GOTBAS15	9015
30	BandarAbbas	GOABAS18	9018
31	Chabahar	GOCHBR19	9019
32	Qeshm1	GOQSHM20	9020
33	Zahedan	GOZAHD21	9021
34	Boshehr	GOBSHR22	9022

35	Abali	Abali	Abali
36	Cheshmeshour	Cheshmeshour	Cheshmeshour
37	Moaleman	GOMOLN23	9023
38	Khour	GOKHUR24	9024
39	Ravar	GORAVR25	9025

۲-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های شتاب ثقل در اندازه گیری های شبکه ثقل سنجی درجه ۱

۳-۴-۲-۱- در فایل های مشاهداتی مربوط به اندازه گیری های شبکه ثقل سنجی درجه یک در دستگاه های ثقل سنج بدون قابلیت ثبت حروف، شماره ۴ رقمی نام ایستگاه درج شده و در ثقل سنج های با قابلیت ثبت حروف، شماره ایستگاه با پیشوند GLGAM درج گردد.

۳-۴-۲-۲- برای ثبت اسامی ایستگاه هایی که دارای اسامی متفاوتی می باشند نظیر GLGAM2415-1، عدد 24151 به عنوان اسم ایستگاه در ثقل سنج های بدون قابلیت ثبت حروف و در ثقل سنج های دارای قابلیت ثبت حروف، نام ایستگاه به طور کامل به صورت GLGAM2415-1 (همراه با خط فاصله) درج گردد.

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

۳-۴-۲-۴- نام فایل مشاهداتی مربوط به مشاهدات خطوط شبکه ثقل سنجی درجه یک، عددی ۸ رقمی، شامل ۴ رقم مربوط به نام ایستگاه اول و ۴ رقم مربوط به نام ایستگاه دوم بدون فاصله می باشد. مثلاً نام فایل مشاهداتی اندازه گیری بین دو ایستگاه GLGAM2412 و GLGAM2413 به صورت 24122413 ثبت گردد. برای درج نام فایل مشاهداتی ایستگاه هایی که دارای اسامی متفاوتی می باشند نظیر GLGAM2415-1، شماره ایستگاه به صورت کامل (یعنی به صورت 2415-1) ثبت شود.

۳-۴-۳- نحوه ذخیره سازی داده های شتاب ثقل در اندازه گیری های شبکه های ثقل سنجی درجه ۲ و ۳

۳-۴-۳-۱- در فایل ها و فرم های مشاهداتی برای ایستگاه های شبکه ثقل سنجی 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 اندازه گیری خطوط شبکه ثقل سنجی درجه سه، دو رقم اول مربوط به شماره سریال دستگاه ثقل سنج مطابق جدول ۳-۶ و شش رقم بعدی مربوط به تاریخ اندازه گیری به سال میلادی مثلاً 83080715 که 83 بیانگر نام دستگاه و 080715 تاریخ اندازه گیری دستگاه به سال میلادی است، ثبت شود.

۳-۴-۳-۳- برای دستگاه هایی که نام آنها بیش از دو رقم می باشد، دو رقم سمت چپ شماره سریال دستگاه مطابق جدول ۳-۲ ثبت گردد. مثلاً 60080715 که 60 بیانگر دو رقم مربوط به شماره سریال دستگاه 601337 و 080715 تاریخ اندازه گیری دستگاه به میلادی می باشد.

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

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

۳-۴-۳-۴ 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.

۳-۴-۴-۴ نحوه ذخیره‌سازی داده‌های شتاب‌ثقل در اندازه‌گیری‌های شبکه‌های ثقل‌سنجی موردی و اکتشافی

- ۳-۴-۴-۱ در روش استاتیک به بند ۳-۴-۳ مراجعه شود
- ۳-۴-۴-۲ در روش تعیین موقعیت آنی (RTK/ Local RTK) شماره یا کد نقاط شبکه در گیرنده ذخیره گردد.

۳-۴-۴-۴ نحوه ذخیره‌سازی داده‌های تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای

- ۳-۴-۴-۱ 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.
- ۳-۴-۴-۲ 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.
- ۳-۴-۴-۴ 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.
- ۳-۴-۴-۵ فایل داده‌های ذخیره‌شده در شبکه ثقل‌سنجی درجه دو با توجه به نوع ذخیره‌سازی داده در دستگاه به روش‌های زیر نام‌گذاری گردد:

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

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

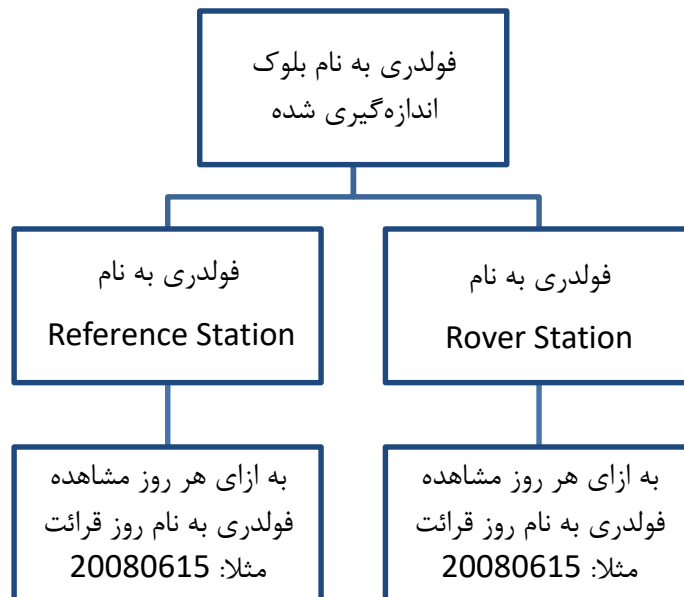
231177a1 استقرار اول بر روی ایستگاه ۲۳۱۱۷۷ توسط عامل a

231177a2 استقرار دوم بر روی ایستگاه ۲۳۱۱۷۷ توسط عامل a

هر عامل به استقرارهای مختلف بر روی یک ایستگاه به ترتیب اعداد ۱، ۲ و ... نسبت دهد به طوری که اگر در روزهای بعدی نیز بر روی ایستگاه ذکر شده مشاهداتی صورت گیرد، شماره تکرار در ادامه شماره روزهای قبلی آن ایستگاه باشد. ۲-۵-۴-۳- 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*

۶-۴-۳- برای ذخیره‌سازی داده‌های گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS)، جمع‌آوری شده در شبکه ثقل سنجی 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.

۷-۴-۳- برای ذخیره‌سازی داده‌های گیرنده تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای (GPS/GNSS) جمع‌آوری شده در شبکه ثقل سنجی 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.

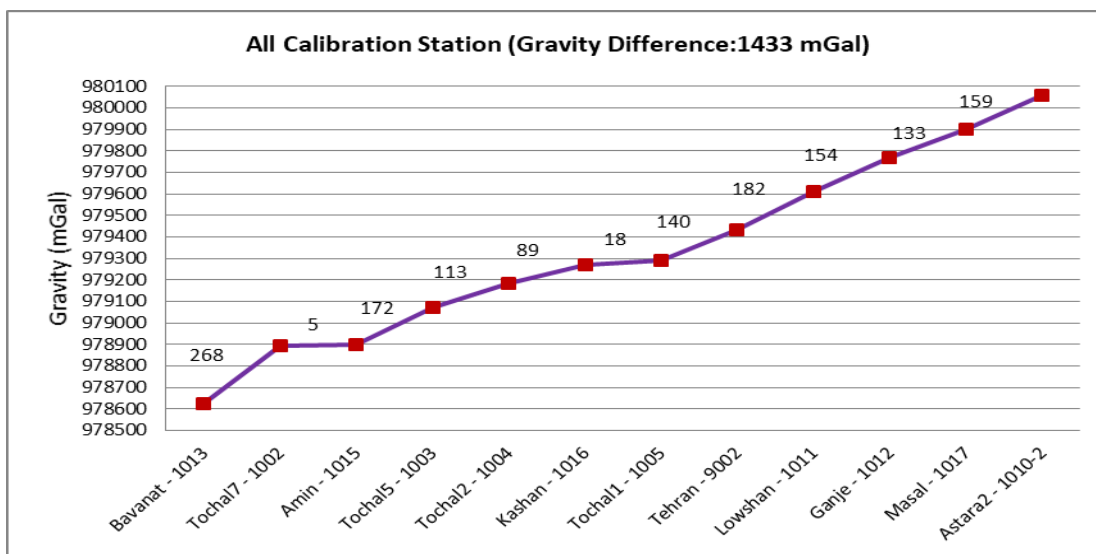
۵-۳- دستورالعمل نحوه کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل سنج در خط کالیبراسیون ثقل سنجی

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

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 به دست می‌آید.

۳-۵-۴- ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ملی ثقل‌سنجی که در حال حاضر تقریباً بیشترین اختلاف ثقل 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

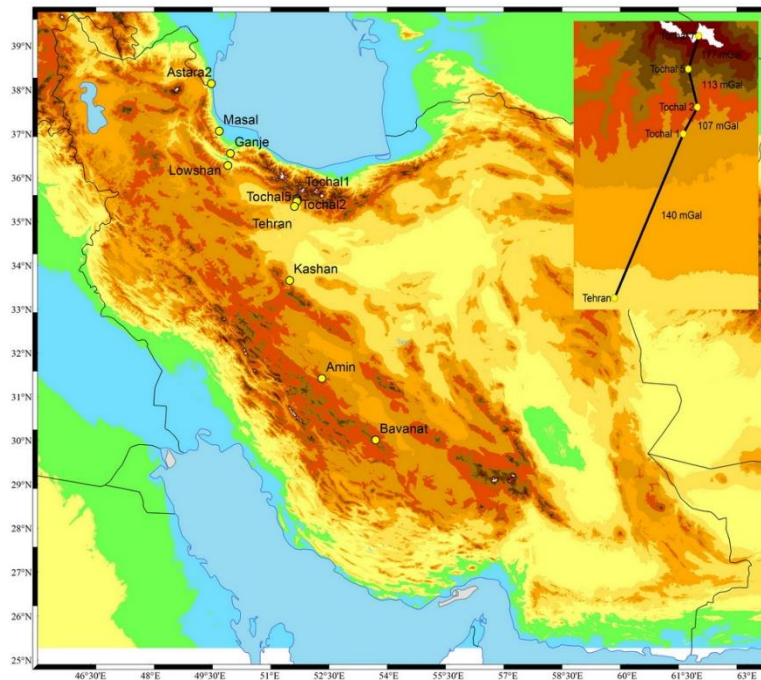
۳-۵-۵- شرایط الزامی اندازه‌گیری شتاب‌ثقل با استفاده از دستگاه‌های ثقل‌سنج‌های نسبی مربوط به بند ۳-۲-۲-۱ درنظر گرفته شود.

۳-۵-۶- خطوط مشاهداتی شبکه باید به صورت 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 دریافت روزانه، مدت زمان رفت و برگشت کمتر از ۱۲ ساعت باشد.

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



شکل ۳-۳۱ توزیع ایستگاه‌های خط کالیبراسیون ملی ثقل سنجی در ایران

- ۳-۵-۱۰- بعد از استقرار و تراز دستگاه ثقل سنج، حداقل ۳۰ دقیقه آن را خاموش کرده تا به ثبات برسد. سپس به اندازه ۳۰ دقیقه به صورت 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 شتاب ثقل

۳-۶-۱- محاسبات شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه صفر

- ۳-۶-۱-۱- دستگاه سقوط آزاد، شتاب جاذبه g را با استفاده از تداخل سنجی که جرم نمونه را هنگام سقوط آزاد در خلا به صورت دقیق ردیابی می‌کند، تعیین می‌نماید. مدار ردیاب نوری در خروجی تداخل سنج هر بار که سیگنال تداخل از صفر عبور می‌کند، یک پالس تولید می‌کند و زمان این پالس‌ها دقیقاً با استفاده از ساعت روییدیوم 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 شتاب ثقل مطلق در یک نقطه استفاده شود، روابط مربوطه به قرار زیر می‌باشد (Micro-g Lacoste, 2008a):
- (۳-۳)

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

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

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

۳-۶-۱-۲- تاثیر عوامل مختلف بر اندازه‌گیری شتاب ثقل مطلق باید در محاسبات در نظر 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 تداخل سنجی مورد استفاده در اندازه‌گیری لیزری موجب ایجاد یک تاخیر زمانی می‌شود که تاثیر آن برای فاصله x به میزان $-x/c$ (سرعت نور برابر با 299792458 متر بر ثانیه است) می‌باشد. مقدار این تصحیح در دستگاه‌های مختلف، متفاوت بوده که به عنوان مثال در دستگاه FG5 مقدار این تصحیح در حدود 11 - میکروگال می‌باشد.

۳-۶-۱-۴- تصحیح فشار هوا (C_p) ناشی از اختلاف فشار هوای محل (P_o) از فشار اسمی دستگاه (P_n) از رابطه زیر به دست می‌آید (Micro-g Lacoste, 2008b):

$$C_p = A(P_o - P_n) \quad (3-4)$$

که در آن A ضریب ثابت می‌باشد و میزان آن بین $0/30$ - و $0/42$ - میکروگال بر هکتوپاسکال تغییر می‌کند و عدد $0/30$ - عموماً در محاسبات پیشنهاد شده و به کار می‌رود. مقدار فشار اسمی هوا بر اساس استاندارد شماره 5450 موسسه استاندارد آلمان به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_n = 1013.25(1 - 0.0065h_m / 288.15)^{5.2559} \quad (3-5)$$

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):

$$\delta g = -1.164 \times 10^8 \omega^2 a 2 \sin \varphi \cos \varphi (x \cos \lambda - y \sin \lambda) \quad (3-6)$$

در رابطه ۳-۶، ω سرعت دورانی زمین بر حسب رادیان بر ثانیه برابر $7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$ ، a شعاع استوایی زمین (نیم قطر بزرگتر بیضوی) بر حسب متر برابر 6378136.3 ، λ عرض و طول ژئودتیک نقطه اندازه‌گیری بر حسب رادیان و x و y 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

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

۸-۶-۳- دیگر اثرات ژئوفیزیکی مانند میزان رطوبت در خاک و سطح آب‌های زیرزمینی از دیگر عوامل تغییردهنده شتاب ثقل می‌باشند. همچنین، جابه‌جایی‌های ناشی از زمین‌لرزه‌ها، فعالیت‌های آتشفشانی، فعالیت‌های انسانی و باد شدید می‌تواند موجب تغییر مقدار شتاب ثقل 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 شتاب ثقل در شبکه ثقل سنجی درجه ۱

۱-۶-۲-۳- آماده‌سازی داده‌ها

۱-۶-۲-۱-۱- محاسبات مربوط به شبکه ثقل سنجی درجه یک بر اساس اندازه‌گیری شتاب ثقل نسبی بین دو ایستگاه به صورت رفت و برگشت به منظور حذف دریافت با استفاده از دستگاه‌های ثقل سنج نسبی می‌باشد.

۱-۶-۲-۱-۲- 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 دریافت ثابت و نام ایستگاه تطابق داده شود. در موارد لزوم، تغییرات مورد نظر اعمال گردد. در شبکه ثقل سنجی درجه یک هر فایل شامل یک خط مشاهداتی است.

۱-۶-۲-۱-۳- در صورت اندازه‌گیری شتاب ثقل 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.

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

۱-۶-۲-۱-۵- فایل‌های مشاهداتی با نرم‌افزارهای مرتبط و یا برنامه‌های کامپیوتری تهیه شده مورد محاسبه قرار گرفته و خروجی محاسبات، پس از تعیین اختلاف شتاب ثقل 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 ثقل سنج
- تاریخ اندازه‌گیری
- دریافت اندازه‌گیری برحسب میکروگال $(\bar{R}_1^b - \bar{R}_1)$

- 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
- ۳-۶-۲-۱-۶- اطلاعات مربوط به هر سری مشاهدات شبکه ثقل‌سنجی درجه یک به فایل نهایی مربوط به آن شبکه اضافه شود.
- ۳-۶-۲-۱-۷- 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.
- ۳-۶-۲-۱-۸- 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 کالیبراسیون در اندازه‌گیری‌ها را نشان می‌دهد که این تاثیر باید در جهت کاهش مقادیر خطای بست باشد.
- ۳-۶-۲-۱-۹- 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.

۳-۶-۲-۲- 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 حالی که 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 حسینی ۱۳۹۳ و Vanicek and Krakiwsky, 1986):

- ۳-۶-۲-۲-۱- با یک سری اندازه‌گیری پیوسته R_i ; $i = 1, 2, \dots, n$ با انحراف معیار SD_i ; $i = 1, 2, \dots, n$ بر روی یک ایستگاه می‌توان با استفاده از رابطه زیر یک مقدار میانگین برای مشاهدات آن ایستگاه به‌دست آورد:
- $$\bar{R} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3-7)$$

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \quad (3-8)$$

از تست باقیمانده استاندارد برآورد شده برای کشف مشاهدات اشتباه استفاده می‌شود. برای این تست از

$$\text{آماره} = \frac{R_i - \bar{R}}{\sqrt{\frac{n-1}{n}} \times S} \quad (\text{صورت کسر باقیمانده، مخرج کسر خطای استاندارد باقیمانده}) \quad \text{با تابع چگالی احتمال}$$

$\tau(\xi; n-1)$ استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن سطح اطمینان $1-\alpha$ رابطه زیر برای کشف مشاهدات اشتباه استفاده می‌شود:

$$\bar{R} - \sqrt{\frac{n-1}{n}} \times S \times \xi_{\tau_{n-1}, 1-\alpha/2} < R_i < \bar{R} + \sqrt{\frac{n-1}{n}} \times S \times \xi_{\tau_{n-1}, 1-\alpha/2} \quad (3-9)$$

هر مشاهده R_i که در رابطه ۳-۹ با سطح اطمینان ۹۵٪ ($\alpha = 0.05$) قرار نگیرد، *outlier* محسوب شده و از لیست مشاهدات حذف گردد.

دریافت اندازه‌گیری شتاب ثقل مربوط به یک خط مشاهداتی باید کمتر از ۲ میکروگال در ساعت باشد.

به منظور بررسی صحت اختلاف شتاب ثقل اندازه‌گیری شده در یک خط نسبت به خطوط مجاور، خطای بست مثلث‌های حاصل نباید بیشتر از $52 \approx \sqrt{3} \times 10 \times 3$ میکروگال باشد.

۳-۶-۲-۳- معادلات و روابط مربوط به مشاهدات ثقل سنجی نسبی

معادله مشاهده مربوط به اندازه‌گیری شتاب ثقل با استفاده از دستگاه ثقل سنج نسبی برای محاسبه اختلاف شتاب ثقل بین دو ایستگاه به صورت زیر است (نجفی و راست‌بود ۱۳۸۷):

$$g_j - g_i = k(R_j - R_i) \quad (3-10)$$

در این رابطه، k ضریب کالیبراسیون بوده که اگر دستگاه ثقل سنج 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 ثقل سنج تعیین گردد.

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

$$D = \frac{\bar{R}_1^b - \bar{R}_1}{\bar{t}_1^b - \bar{t}_1} \quad (3-11)$$

در این رابطه، $\bar{R}_1$ میانگین وزن دار مشاهدات انجام شده در ایستگاه اول، $\bar{R}_1^b$ میانگین وزن دار 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 می باشد.

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

۳-۶-۲-۳-۴ زمان هر اندازه گیری (t_i ; $i = 1, 2, \dots, n$) در فایل مشاهداتی بر حسب ساعت، دقیقه و ثانیه می باشد که باید تبدیل به زمان بر حسب ساعت شده و میانگین زمان مشاهدات برای هر ایستگاه محاسبه گردد.

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (3-12)$$

۳-۶-۲-۳-۵ در فایل مشاهداتی، هر اندازه گیری با یک انحراف معیار (SD_i ; $i = 1, 2, \dots, n$) ذخیره می گردد. بنابراین باید انحراف معیار مقدار میانگین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود:

$$SD_{\bar{R}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{SD_i^2}}} \quad (3-13)$$

۳-۶-۲-۳-۶ در صورتی که مدت زمان اندازه گیری رفت و برگشت کمتر از نصف روز (۱۲ ساعت) باشد، می توان دریافت متغیر را خطی فرض کرده و تصحیح دریافت را برای ایستگاه های میانی به دست آورد:

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

$$R_j^{cor} = \bar{R}_j - D \times (\bar{t}_j - \bar{t}_1) \quad ; \quad j = 2, 3, \dots, n \quad (3-14)$$

۳-۶-۲-۳-۷ بنابراین معادله مشاهده مربوط به اختلاف مشاهده ($\Delta g_{i,j}$) بین دو ایستگاه بر اساس رابطه زیر خواهد بود:

$$\Delta g_{i,j} = c(R_j^{cor} - R_i^{cor}) = c((\bar{R}_j - \bar{R}_i) - D \times (\bar{t}_j - \bar{t}_i)) \quad (3-15)$$

۳-۶-۲-۳-۸ همچنین با توجه به قانون انتشار خطا، با صرف نظر کردن از وابستگی بین مشاهدات، انحراف معیار $\Delta g_{i,j}$ نیز از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$SD_{\Delta g_{i,j}}^2 = c^2 \left[SD_{\bar{R}_j}^2 + SD_{\bar{R}_i}^2 + \left(\frac{\bar{t}_j - \bar{t}_i}{\bar{t}_1^b - \bar{t}_1} \right)^2 (SD_{\bar{R}_1^b}^2 + SD_{\bar{R}_1}^2) \right] \quad (3-16)$$

۴-۲-۶-۳- تعدیل و سرشکنی شبکه ثقل سنجی درجه ۱

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

۴-۲-۶-۳-۲- به منظور سرشکنی شبکه های ثقل از روش کمترین مربعات استفاده شده و معادلات مشاهدات مورد نیاز برای این منظور، اختلاف شتاب ثقل بین ایستگاه ها، بر اساس رابطه ۳-۱۴ می باشد که پس از انجام محاسبات لازم، مقدار شتاب ثقل ایستگاه ها و دقت آنها به دست می آید.

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

$$\mathbf{v} + \mathbf{l} = \mathbf{Ax} \quad (3-17)$$

در این رابطه، تعداد معادله مشاهده برابر n و تعداد مجهولات (مقادیر شتاب ثقل ایستگاه ها) برابر u می باشد. همچنین در رابطه ۵-۱۷، بردار مشاهدات $\mathbf{l}_{n+1}$ بیانگر اختلاف شتاب ثقل های اندازه گیری شده، $\mathbf{v}_{n+1}$ بردار باقیمانده و $\mathbf{A}_{n \times u}$ ماتریس طراحی است. اختلاف تعداد مشاهدات و مجهولات، درجه آزادی df نامیده می شود. درجه آزادی معیاری برای ارزیابی میزان آزادی عمل در تعیین دقیق تر پارامترهای مجهول در سرشکنی است.

۴-۲-۶-۳-۴- 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 می توان به عنوان مجموعه ای از مشاهدات با دقت معین در سرشکنی خطاهای اتفاقی استفاده کرد و در این صورت درجه آزادی سرشکنی افزایش می یابد و می توان به برآوردی دقیق تر و قابل اطمینانتر از پارامترهای مجهول رسید. این روش سرشکنی خطاهای اتفاقی مشاهدات به روش سرشکنی با پارامترهای وزن دار معروف است. در اینجا ایستگاه هایی که مقدار شتاب ثقل آنها با دقت بالا معلوم است (شبکه ثقل سنجی درجه صفر)، ثابت وزن دار فرض می شود.

$$\mathbf{x}' + \mathbf{v}_{x'} = \mathbf{Bx} \quad (3-18)$$

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

۴-۲-۶-۳-۵- محاسبه ماتریس کوواریانس کمیت های 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 عملاً غیر ممکن است چرا که معمولاً نمی توان عوامل موثر در همبستگی بین مشاهدات مختلف را به صورت کمی ارزیابی کرد. برای

حل این مشکل غالباً 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 C_1 با فرض مستقل بودن مشاهدات (تقریباً با توجه به اینکه بیشتر خطوط شبکه به صورت مستقل اندازه‌گیری شده‌اند) یک ماتریس قطری در نظر گرفته می‌شود که واریانس یا انحراف معیار هر اندازه‌گیری معرف دقت و نقش آن اندازه‌گیری در محاسبات سرشکنی می‌باشد. با توجه به اینکه دقت عملی دستگاه‌های اندازه‌گیری غالباً با دقت اسمی آنها متفاوت است، دقت‌های در نظر گرفته شده برای مشاهدات با دقت‌های واقعی تفاوت خواهد داشت. ماتریس واریانس کوواریانس $C_{x'}$ ، نشان‌دهنده انحراف معیار شتاب ثقل ایستگاه‌های شبکه ثقل سنجی درجه صفر می‌باشد.

۳-۶-۲-۴-۷- چنانچه ماتریس وزن مشاهدات مضربی از عکس ماتریس وریانس-کوواریانس مشاهدات انتخاب گردد، جواب کمترین مربعات جوابی نا اریب با ماکزیمم احتمال و مینیمم وریانس 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 وریانس-کوواریانس مشاهدات امکان‌پذیر است.

$$P = \sigma_0^2 \times C_1^{-1} \quad P_{x'} = \sigma_0^2 \times C_{x'}^{-1} \quad (3-19)$$

در این رابطه، P وزن مشاهدات، $P_{x'}$ وزن مقادیر اولیه با دقت معلوم و σ_0^2 فاکتور واریانس اولیه است. پس از حل دستگاه معادلات به روش کمترین مربعات، مقادیر برآورد شده پارامترهای مجهول $\hat{X}$ به همراه سایر پارامترها با استفاده از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$\hat{X} = (A^T P A + B^T P_{x'} B)^{-1} (A^T P l + B^T P_{x'} x') \quad (3-20)$$

$$C_{\hat{X}} = \sigma_0^2 (A^T P A + B^T P_{x'} B)^{-1} \quad (3-21)$$

$$C_{\hat{\sigma}} = \sigma_0^2 [P^{-1} - A (A^T P A + B^T P_{x'} B)^{-1} A^T] \quad (3-22)$$

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

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\hat{v}^T P \hat{v} + \hat{v}_{x'}^T P_{x'} \hat{v}_{x'}}{df} \quad (3-23)$$

در این برآورد علاوه بر ماتریس کوواریانس نسبی مشاهدات، برآورد بردار باقیمانده‌ها نیز بر بزرگی یا اندازه برآورد فاکتور وریانس ثانویه تاثیر گذار 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 حسینیعی 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 $df \hat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2$ که دارای تابع چگالی احتمال کای-اسکوئر (χ^2, df) با df درجه آزادی است، استفاده می‌کند. با در نظر گرفتن سطح اطمینان $1 - \alpha$ رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$\frac{df\hat{\sigma}_0^2}{\xi\chi_{df,1-\alpha/2}^2} < \sigma_0^2 < \frac{df\hat{\sigma}_0^2}{\xi\chi_{df,\alpha/2}^2} \quad (3-24)$$

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

۳-۵-۲-۳-۳- اگر دلیل رد آزمون فاکتور واریانس 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 $\tilde{V}_i = \hat{V}_i / \hat{\sigma}_{\tilde{V}_i}$ با تابع چگالی احتمال $\tau(\xi; df)$ استفاده می‌شود. پارامتر $\hat{\sigma}_{\tilde{V}_i}$ جذر عناصر قطری ماتریس $\hat{C}_{\tilde{V}}$ می‌باشد. با در نظر گرفتن سطح اطمینان $1-\alpha$ رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$-\xi_{\tau,1-\alpha/2}\hat{\sigma}_{\tilde{V}_i} < \hat{V}_i < \xi_{\tau,1-\alpha/2}\hat{\sigma}_{\tilde{V}_i} \quad (3-25)$$

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

۳-۵-۲-۳-۱- 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.

۳-۵-۲-۳-۲- پس از انجام محاسبات سرشکنی مجدد در صورتی که دوباره چندین باقیمانده استاندارد شده از

تست مذکور رد شود، مشابه مرحله قبل، مشاهده مربوط به بزرگترین باقیمانده، حذف شده و محاسبات سرشکنی تکرار می‌گردد.

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

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

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

۳-۶-۳- محاسبات شتاب ثقل شبکه ثقل سنجی درجه ۲

۳-۶-۳-۱- در شبکه ثقل سنجی درجه دو کنترل مشاهدات با مقدار دریافت به دست آمده برای هر لوپ انجام می‌گیرد.

در صورتی که میزان دریافت 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.

۳-۶-۳-۲- به منظور بررسی صحت اختلاف شتاب ثقل اندازه‌گیری شده در یک خط نسبت به خطوط مجاور، خطای بست n ضلعی‌های حاصل نباید بیشتر از $3 \times 10 \times \sqrt{n}$ میکروگال باشد.

۳-۶-۳-۳- معادلات، روابط و تست‌های آماری مربوط به مشاهدات شتاب ثقل نسبی در شبکه ثقل سنجی درجه دو مانند بند ۳-۶-۲ می‌باشد. با این تفاوت که در آن، ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی درجه صفر و یک، به‌عنوان ایستگاه‌های ثابت وزن دار در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۶-۴- محاسبات شتاب ثقل شبکه ثقل سنجی درجه ۳

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

۳-۶-۴-۲- به منظور بررسی صحت اختلاف شتاب ثقل اندازه‌گیری شده در یک خط نسبت به خطوط مجاور، خطای بست n ضلعی‌های حاصل نباید بیشتر از $3 \times 10 \times \sqrt{n}$ میکروگال باشد.

۳-۶-۴-۳- معادلات، روابط و تست‌های آماری مربوط به مشاهدات شتاب ثقل نسبی در شبکه ثقل سنجی درجه سه مانند بند ۳-۶-۵ می‌باشد. با این تفاوت که در آن، ایستگاه‌های شبکه‌های ثقل سنجی درجه صفر، یک و دو به‌عنوان ایستگاه‌های ثابت وزن دار در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۶-۵- محاسبات مربوط به کالیبراسیون دستگاه‌های ثقل سنج نسبی

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

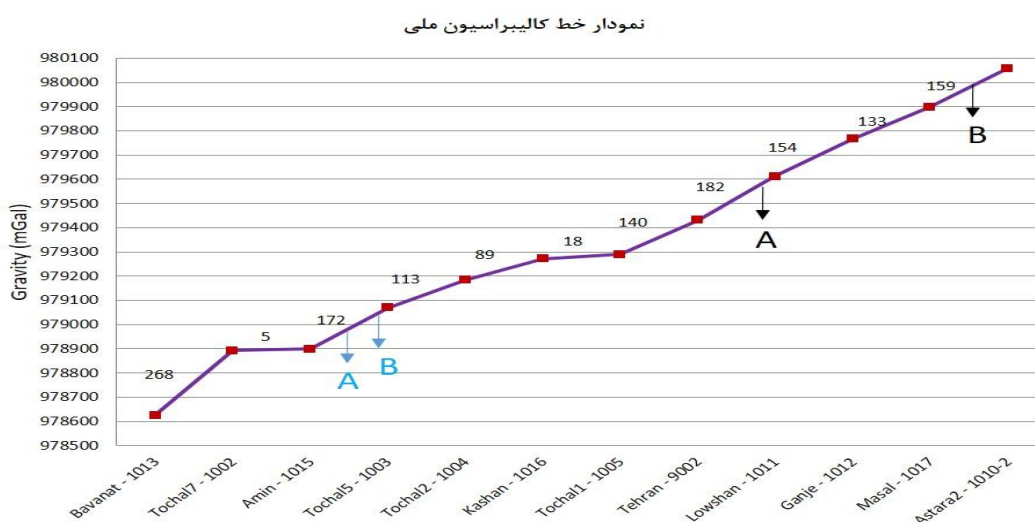
۳-۶-۵-۲- هدف از محاسبه ضریب کالیبراسیون، اعمال آنها به مشاهدات اختلاف شتاب ثقل‌های اندازه‌گیری شده بین هر دو ایستگاه می‌باشد. با توجه به اینکه ضرایب تصحیح کالیبراسیون برای دستگاه‌های مختلف و در بازه‌های زمانی متفاوت (در طی مدت زمان انجام مشاهدات) محاسبه می‌شود، برای اعمال تصحیح کالیبراسیون به هر یک از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

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

۳-۶-۵-۲-۲- اگر هر دو ایستگاه A و B از نظر مقدار شتاب ثقل 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

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.

۳-۲-۳-۵-۶-۳- اگر دو ایستگاه A و B از نظر مقدار شتاب ثقل 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 شتاب ثقل دو ایستگاه با توجه به مقادیر اولیه شتاب ثقل محاسبه می‌شود. سپس با توجه به نسبت اختلاف شتاب ثقل دو ایستگاه A و B به اختلاف شتاب ثقل بازه‌هایی از خط کالیبراسیون که خط AB را شامل می‌شود، از طریق میانگین وزن دار، مقدار تصحیح کالیبراسیون برای خط AB محاسبه می‌شود.

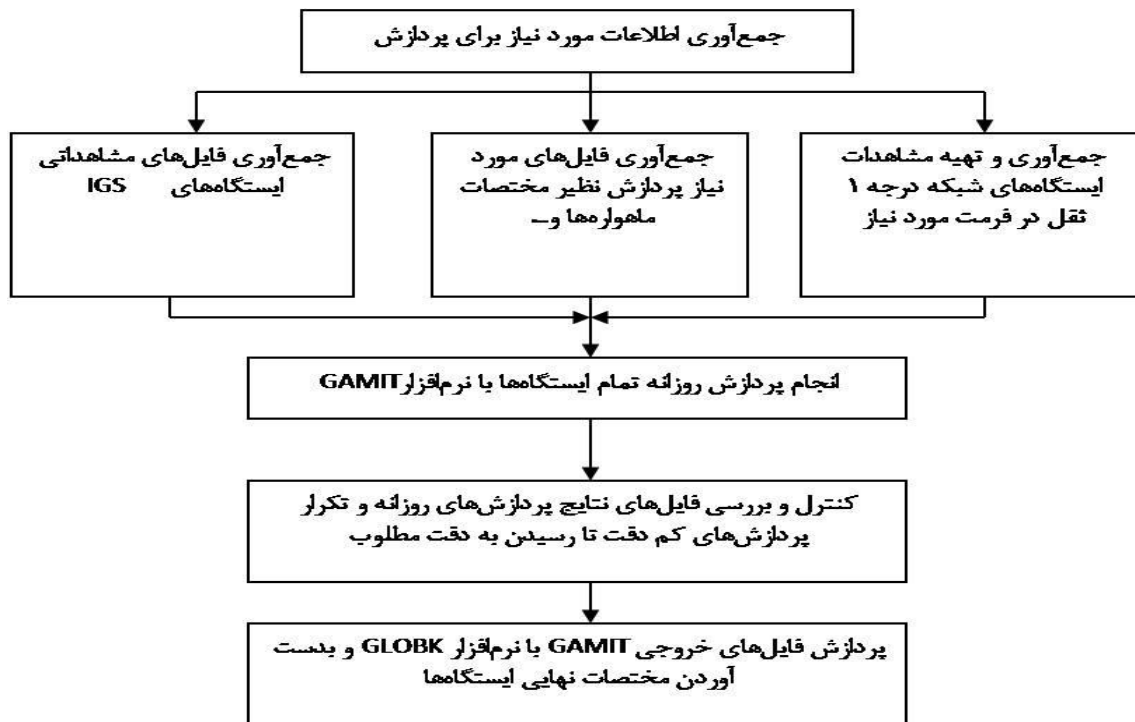


شکل ۳-۳ نحوه قرار گرفتن شتاب ثقل اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه‌های ثقل سنج در بازه‌های خط کالیبراسیون

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

۳-۶-۶-۱- برای رسیدن به دقت مطلوب در شبکه ثقل سنجی 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 در نظر گرفته شود.



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

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

- ۳-۶-۷-۱ برای انجام محاسبات شبکه‌های ثقل سنجی 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 جمع‌آوری شده 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 ثقل سنجی درجه دو به شرح زیر می‌باشد:
- ۳-۶-۷-۹-۱ فایلی شامل مختصات ایستگاههای کنترل و سرشکن شده شبکه به همراه دقت آنها.

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

۳-۹-۷-۳- فایل 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.

۱۰-۹-۷-۳- برای انجام محاسبات و تنظیم پارامترهای لازم به دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول؛ ژئودزی و تعیین موقعیت دقیق ماهواره‌ای، نشریه سری ۱۱۹ رجوع شود.

منابع و پیوست ها

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 نصیرالدین 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.

فرم‌های مشاهدات و اندازه‌گیری

پیوست ۱



سازمان نقشه برداری کشور

N. C. C.

شناسنامه ایستگاه ثقل مطلق

Description of Absolute Gravity Station

مختصات ایستگاه Station Coordinate	درجه Degree	دقیقه Min	ثانیه Second
عرض جغرافیایی Latitude			
طول جغرافیایی Longitude			
ارتفاع ترازیبی Leveling Height			

شماره ردیف:

شماره پرونده بایگانی:

پیوست:

مشخصات:					
نام ایستگاه:		درجه:		استان:	
Station Name:		Order:		Province:	
شهرستان:		نزدیک‌ترین قریه:		سایر اطلاعات:	
Town:		Nearest Village:		Further Information:	
اندازه‌گیری‌ها:					
ملاحظات	مبنای	انحراف معیار	مقدار ثقل (میکروگال)	تاریخ محاسبه	تاریخ اندازه‌گیری
Remarks	Datum	Standard Deviation	Gravity (μGal)	Date of Calculation	Date of Observation
DESCRIPTION OF STATION: مشخصات ایستگاه:					
POSITION OF STATION AND ADDRESS: موقعیت ایستگاه و راه دسترسی به آن:					
Sketch: کروکی:					
تاریخ:		تهیه کننده:		FR801/00	
Date:		Preparatory:			

پیوست ۲

شماره ردیفه:

شماره پرونده بایگایی:

پیوست:



سازمان نقشه برداری کشور

N. C. C.

شناسنامه نقاط فیزیکی ژئودزی

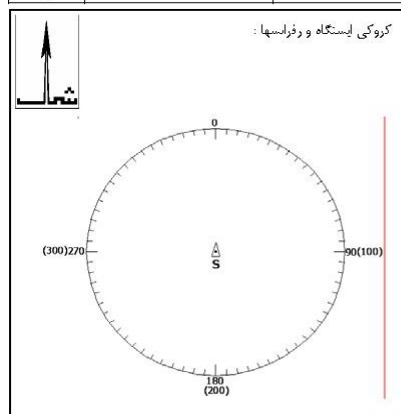
Description of Physical Geodesy Stations

مشخصات:

نام ایستگاه:	نوع ایستگاه:	شماره ایستگاه:
Station Name	Station Type	Station No.
استان:	شهرستان:	نزدیکترین قریه:
Station Name	Town	Nearest Village
نام نقشه:	شماره نقشه:	مقیاس نقشه:
Map Name	Map No.	Map Scale

محاسبات:

تاریخ محاسبه	کمیت	تاریخ محاسبه	کمیت	تاریخ محاسبه	کمیت
	Φ نحوس		N		φ
	Λ نحوس		E		λ
	H ارتفاع		h^0 نرالیایی		h عمودی
	η		ζ		g μGal



کروکی ایستگاه و رفرنسها:

شرح و نحوه ساختمان ایستگاه سنگی و رفرنسها:

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

$\vec{R}_1$	m	$\vec{R}_1$
$\vec{R}_2$	m	$\vec{R}_2$
$\vec{R}_3$	m	$\vec{R}_3$

محل الصاق عکس

کروکی منطقه و راههای دسترسی :



نحوه دسترسی به ایستگاه :

(راهها- زمان رسیدن- نحوه حمل و وسایل- نزدیکترین محل برای تهیه مصالح و آب و مواد غذایی)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

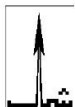
.....

.....

.....

.....

کروکی کلی منطقه :



توضیحات :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تاریخ :

تهیه کننده :

پیوست ۳

شماره ردیفه:

شماره پرونده بایگانی:

پیوست:



نقشه	دقیقه	درجه
φ		
λ		

مختصات تقریبی ایستگاه:

سازمان نقشه برداری کشور

N. C. C.

شناسنامه نقاط فیزیکی ژئودزی

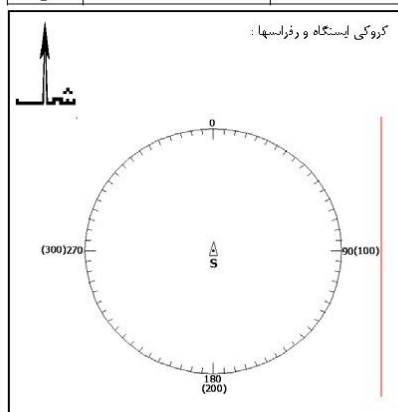
Description of Physical Geodesy Stations

مشخصات:

نام ایستگاه:	نوع ایستگاه:	شماره ایستگاه:
Station Name	Station Type	Station No.
استان:	شهرستان:	نزدیکترین قریه:
Station Name	Town	Nearest Village
نام نقشه:	شماره نقشه:	مقیاس نقشه:
Map Name	Map No.	Map Scale

محاسبات:

تاریخ محاسبه	کمیت	تاریخ محاسبه	کمیت	تاریخ محاسبه	کمیت
	Φ ندومی		N		φ
	Λ ندومی		E		λ
	H راولده		h^0 انراهای		h میدوی
	η		ζ		g μGal



شرح و نحوه ساختمان ایستگاه بتنی و دفرانسها:

ایستگاه چند منظوره فیزیکی 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 سمت شمال است (جهت قرار گرفتن 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 به شکل + با نام R1، R2 و R3 دارد که در اطراف ایستگاه حک شده است.

R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃

محل الصاق عکس

گروکی منطقه و راههای دسترسی :



نحوه دسترسی به ایستگاه :

(راهها- زمان رسیدن- نحوه حمل و سایل- نزدیکترین محل برای تهیه مصالح و آب و مواد غذایی)

[illegible][illegible]

کرو گے، کلے، منطقہ :



توضیحات :

[illegible]

..... تاریخ :

..... تهیه کننده :

پیوست ۴

شماره ردیف:

شماره پرونده بایگایی:

پیوست:

شناسنامه ایستگاه ترازیبی دقیق میانی

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

LEVELING STATION DESCRIPTION



سازمان نقشه برداری کشور
بخش فیزیکال ژئودزی

نام ایستگاه: Station Name: نزدیکترین خط ترازیبی درجه ۱ یا ۲: 		استان: Province: شهرستان: Town: نزدیکترین قریه: Nearest Village:		نام نقشه: Map Name: شماره نقشه: Map No.: مقیاس نقشه: Map Scale:		عرض جغرافیایی: φ : طول جغرافیایی: λ : ارتفاع ژئودتیک: h:	
نام ایستگاه قبل Previous Station Name		فاصله از ایستگاه قبل Distance From Previous Station		نام ایستگاه Station Name		فاصله از ایستگاه بعد Distance From Next Station	

☐ نجوم

☐ GPS مناسب برای:

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

Description: مشخصات ایستگاه:

ایستگاه ترازیبی دقیق میانی، بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول ۱۱cm و قطر ۲cm خاص ترازیبی دقیق که بوسیله دریل و فرز و چسب سنگ در محل تقاطع اقطار مربع به ابعاد ۲۵cm×۲۵cm کار گذاشته می‌شود و حدود ۱cm 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.

Address: راه دسترسی به ایستگاه:

Total Sketch: کروکی کلی منطقه:

شماره

Sketch & Accessible Way: کروکی منطقه و راه‌های دسترسی:

شماره

پیوست ۵

..... شماره ردیف:

..... شماره پروژه بایگلی:

..... پیوست:

شناسنامه ایستگاه ترازبایی دقیق میانی

(این نزدیکترین BM درجه ۱ یا ۲ ترازبایی و ایستگاه چندمنظوره سنگی)

LEVELING STATION DESCRIPTION



سازمان نقشه برداری کشور
بخش فیزیکال ژئوتئری

نام ایستگاه: Station Name: 		استان: Province: شهرستان: Town:		نام نقشه: Map Name: شماره نقشه: Map No.: مقیاس نقشه: Map Scale:		عرض جغرافیایی: ϕ : طول جغرافیایی: λ : ارتفاع ژئودتیک: h:	
نزدیکترین خط ترازبایی درجه ۱ یا ۲: 		نزدیکترین قریه: Nearest Village:		Nearest 1 st or 2 nd order Leveling Line:			
نام ایستگاه بعد: Next Station Name فاصله از ایستگاه بعد: Distance From Next Station		نام ایستگاه: Station Name فاصله از ایستگاه قبل: Distance From Previous Station		نام ایستگاه قبل: Previous Station Name			

☐ نجوم ☐ GPS مناسب برای:

ملاحظات Remarks	ارتفاع ارتومتريک Orth. Elevation	ارتفاع Elevation		ثقل Gravity	مبدا Datum	تاریخ محاسبه Cal. Date	تاریخ اندازه‌گیری Obs. Date
		BM	RM				

Description: مشخصات ایستگاه:

ایستگاه ترازبایی دقیق میانی، دیسکی است به طول 15cm و قطر 2cm خاص ترازبایی 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.

Address: راه دسترسی به ایستگاه:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Total Sketch: کروکی کلی منطقه:

Sketch & Accessible Way: کروکی منطقه و راههای دسترسی:

پیوست ۶

شماره ردیف:

شماره پرونده بایگانی:

پیوست:

شناسنامه ایستگاه ترازیبی دقیق میانی

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

LEVELING STATION DESCRIPTION



سازمان نقشه برداری کشور
پخش فیزیکال ژئودزی

عرض جغرافیایی: φ: طول جغرافیایی: λ: ارتفاع ژئودتیک: h:	نام نقشه: Map Name: شماره نقشه: Map No.: مقیاس نقشه: Map Scale:	استان: Province: شهرستان: Town: نزدیکترین قریه: Nearest Village:	نام ایستگاه: Station Name: نزدیکترین خط ترازیبی درجه ۱ یا ۲: Nearest 1st or 2nd order Leveling Line:			
نام ایستگاه قبل Previs Station Name	فاصله از ایستگاه قبل Distance From Previs Station	نام ایستگاه Station Name	فاصله از ایستگاه بعد Distance From Next Station			
مناسب برای: ☐ GPS ☐ نجوم						
تاریخ اندازه‌گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	مبنای Datum	ثقل Gravity	ارتفاع Elevation	ارتفاع ارتومتریک Orth. Elevation	ملاحظات Remarks
				BM	RM	
Description: مشخصات ایستگاه: ایستگاه ترازیبی دقیق میانی، بالاترین سطح کروی میله‌ای استیل به طول ۱۱cm و قطر 2cm خاص ترازیبی 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.						
Address: راه دسترسی به ایستگاه: 						
Total Sketch: کروکی کلی منطقه: 			Sketch & Accessible Way: کروکی منطقه و راه‌های دسترسی: 			

FR808/00

تاریخ:

تهیه کننده:

فرم مشاهدات شبکه سراسری نقل ایران (درجه)

[illegible]

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

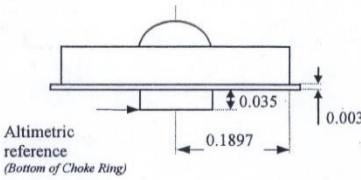
[illegible]

پیوست ۹

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

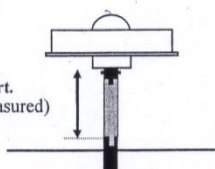
STATION		SESSION		
Station name		Start date (DD/MM/YY)		
Mark stamping		Stop date (DD/MM/YY)		
Latitude		Hour UTC	Scheduled	Actual
Longitude		Start time (hh:mm)		
Elevation		Stop time (hh:mm)		

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

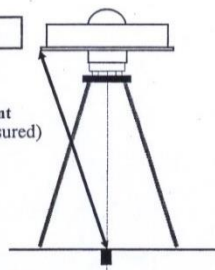
ANTENNA HEIGHT	
Is the antenna type used is a CHOKE RING YES ☐ NO ☐ Δ Other	CHOKE RING antenna 
What is the antenna maker name Company	
Is the North on the antenna pointed to the North YES ☐ NO ☐ Δ Azimuth	
Is the tribrach optic oriented to the North YES ☐ NO ☐ Δ Azimuth	

Antenna height measurement*The most important measurement you have to do***Adaptator** ☐

H_{vert.}
(To be measured)

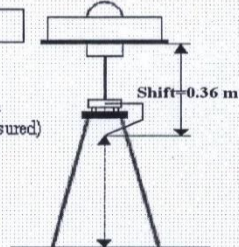

Tripod ☐

H_{slant}
(to be measured)


Tripod ☐

H_{vert.}
(to be measured)

Shift=0.36 m



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

پیوست ۱۰

فرم خلاصه مشاهدات GPS

DESCRIPTION OF REFERENCE AND ROVER STATION

DATE تاریخ

گیرنده

پروژه:

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

[illegible]

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

[illegible]

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 آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یادشده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می باشد.

**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>)

2025