

地殻變動測量作業規程
同運用基準、同計算式

平成24年 5月

国土交通省国土地理院

地殻変動測量作業規程

制 定	平成16年	4月26日	国地達第18号 国土地理院長
一部改正	平成21年	3月9日	国地達第4号
一部改正	平成24年	3月21日	国地達第8号

地殻変動測量作業規程運用基準

制 定	平成16年	4月26日	国地測機発第14号 測地部長
一部改正	平成21年	3月9日	国地測機第32号
一部改正	平成24年	5月31日	国地測機第5号

地殻変動測量作業規程計算式

制 定	平成21年	3月9日	国地測機第33号 測地部長
一部改正	平成24年	5月31日	国地測機第5号

目 次

第1章 総則

第 1 条 目的	1
第 2 条 運用基準等	1
第 3 条 測量法の遵守	1
第 4 条 各種法令遵守	1
第 5 条 工程管理	1
第 6 条 精度管理	1

第2章 地殻変動測量

第1節 要旨

第 7 条 要旨	2
第 8 条 観測網及び目標精度	2

第2節 作業計画

第 9 条 作業計画	2
------------	---

第3節 選点及び調査

第10条 選点及び調査	3
第11条 選点の実施	3
第12条 調査の実施	3
第13条 選点図及び観測図の作成	3

第4節 地殻変動観測点等の設置

第14条 建標承諾書等	4
第15条 永久標識及び一時標識の設置	4
第16条 作業の管理及び点の記の作成	4

第5節 観測

第17条 使用機器の性能	5
第18条 器械定数	6
第19条 観測	6
第20条 再測	9

第6節 計算及び整理

第21条 計算	10
第22条 整理	12

附 則	12
-----	----

計 算 式	14
-------	----

第1章 総則

(目的)

第1条 この規程は、測量法（昭和24年法律第188号。以下「法」という。）第4条に規定する基本測量のうち、地殻変動測量における作業方法を定めることを目的とする。

(運用基準等)

第2条 この規程に定めるもののほか、この規程の運用に関し必要な事項は、地殻変動測量作業規程運用基準並びに同作業規程記載要領及び同計算式で定めるものとする。

(測量法の遵守)

第3条 測量作業機関（以下「作業機関」という。）及び作業に従事する者（以下「作業者」という。）は、法を遵守しなければならない。

2 この規程において使用する用語は、法において使用する用語の例による。

(各種法令遵守)

第4条 作業機関及び作業者は、各種法令を遵守するとともに、これらに関する社会的慣行を尊重しなければならない。

【第4条運用基準】

- 1 作業機関は、労働安全衛生法で定める各種規定を作業者に周知徹底する。
- 2 作業機関は、作業の安全を確保するため、安全に関する作業機関内の規定等（以下「安全規定等」という。）を定める。
- 3 作業機関は、自然公園法、文化財保護法、その他の法令等で指定する地域において作業を実施する場合は、現地の関係官公署と十分な打合せを行う。
- 4 作業者は、安全規定等を遵守し、災害、交通安全、健康管理等に十分留意する。

(工程管理)

第5条 作業機関は、作業計画に基づき、適切な工程管理を行わなければならない。

【第5条運用基準】

作業機関は、作業の進捗状況を適宜報告しなければならない。

(精度管理)

第6条 作業機関は、測量の正確さを確保するため、適切な精度管理を行わなければならない。

【第6条運用基準】

- 1 作業機関は、精度管理の結果に基づいて精度管理表を作成し、提出しなければならない。
- 2 作業機関は、国土地理院に登録された検定機関において、測量成果及び測量記録の検定を受けなければならない。

第2章 地殻変動測量

第1節 要旨

(要旨)

第7条 「地殻変動測量」とは、地殻変動を監視するために地殻変動観測点、三角点、電子基準点等（以下「観測点」という。）を繰り返し観測する測量をいう。

- 2 地殻変動測量は、精密辺長測量及びGNS S辺長測量に区分する。
- 3 「精密辺長測量」とは、測距儀又は、トータルステーションを使用して、地殻変動観測点間の辺長を高精度に観測し、地殻変動量を求める測量をいう。
- 4 「GNS S辺長測量」とは、GNS S測量機を使用して、観測点の座標及び観測点間の辺長から、地殻変動量を求める測量をいう。

(観測網及び目標精度)

第8条 地殻変動測量における観測網及び目標精度は、次表のとおりとする。

種類	観測網	目標精度	備考
精密辺長測量	三角形 菱形 放射形	$\sqrt{(0.5^2 + (0.2 \times D)^2)}$ mm	D : 斜距離 (km)
GNS S辺長測量	三角網	辺長 10mm 座標 水平 30mm 楕円体高 50mm	

第2節 作業計画

(作業計画)

第9条 作業機関は、作業の着手前に適切な作業計画を立案し、作業の準備を行わなければならない。

【第9条運用基準】

- 1 作業計画の立案は、次のとおりとする。
 - (1) 過去の作業資料及びGNS S衛星の最新情報を収集する。

- (2) 収集した資料や情報を考慮したうえ、作業期間、作業工程等を決定する。
- 2 作業準備は、次のとおりとする。
- (1) 作業に使用する測量成果、器材、消耗品等を準備する。
- (2) 使用器材の整備、点検及び安全機能を確認する。

第3節 選点及び調査

(選点及び調査)

第10条 「選点」とは、地殻変動を監視する目的で新点（新たな地殻変動観測点をいう。以下同じ。）を設置するため、地形図を用いて必要な条件及び配点を考慮した計画図を作成し、これに基づき現地で位置を選定する作業をいう。

2 「調査」とは、観測点の現況を調査する作業をいう。

【第10条運用基準】

計画図は、地質図、断層図、火山図、自治体等からの情報をもとに作成し、監督員に提出する。なお、縮尺は作業地域を考慮して適宜決定する。

(選点の実施)

第11条 新点は、保全、視通及び電波状況の適否を調査し、適切な位置に選定する。

【第11条運用基準】

- 1 新点には、名称を付す。
- 2 精密辺長測量では、現地の状況を詳細に調査し、視通線が長期にわたり構造物や樹木等により、障害とならない位置に選定する。
- 3 G N S S 辺長測量では、現地の状況を詳細に調査し、上空視界が長期にわたり構造物や樹木等により、障害とならない位置に選定する。
- 4 選点箇所の周囲の状況が確認できるよう、写真により記録する。

(調査の実施)

第12条 観測点は、現況調査を行い、異常の有無を確認する。

【第12条運用基準】

- 1 観測点に異常が確認された場合は、直ちに監督職員に報告する。
- 2 現況調査の結果は、基準点現況調査報告書で報告する。

(選点図及び観測図の作成)

第13条 選点及び調査の実施後、選点図を作成する。

- 2 観測図は、選点図に基づき作成し、監督職員の確認を得なければならない。
- 3 観測図に変更が生じたときは、直ちに監督職員にその理由を説明し、確認を得なければならない。

【第13条運用基準】

- 1 選点図は、名称を付した観測点、観測網及び断層もしくは火口列を表示する。また、GNSS辺長測量は観測点のアンテナ高も記入する。
- 2 観測図は、名称を付した観測点及び観測網を記入する。
- 3 選点図、観測図の縮尺は作業地域を考慮し適宜決定する。

第4節 地殻変動観測点等の設置

(建標承諾書等)

第14条 永久標識又は一時標識を設置しようとするときは、あらかじめ所有者又は管理者から建標承諾書等により承諾を得なければならない。

【第14条運用基準】

新点を設置するときは、敷地所有者又は管理者との間において「建標承諾書」又は「測量標設置申請書・承諾書」を作成し、写しを敷地所有者又は管理者に渡す。ただし、協議書又は公文書により承諾を得た場合には、「協議書等による測量標設置調書」を作成する。

(永久標識及び一時標識の設置)

第15条 永久標識及び一時標識の設置には保全、管理、通行等の安全を確保するため、適切な処置を講じなければならない。

【第15条運用基準】

永久標識及び一時標識の設置は別途定める記載要領に従い、次のとおり行う。

- (1) 観測点には、必要に応じて一時標識を設置するものとする。
- (2) 繰り返し同位置で観測が必要とされる場合は、一時標識(固定観測基台)(以下、「ピラー」という)を設置する。

(作業の管理及び点の記の作成)

第16条 選点及び調査を行ったときは、写真等により記録するものとする。

- 2 観測に使用した地殻変動観測点については、点の記を作成するものとする。

【第16条運用基準】

- 1 新点の設置にあたっては、設置作業前、作業中及び作業後の様子が分かるよう、写真等により記録する。
- 2 新点及び観測点は、近景及び遠景を写真等により記録する。
- 3 点の記には、観測点の所在地、地目、敷地所有者名(管理者名)と敷地所有者(管理者)の住所、歩道状況、付近の地物との位置関係を示す任意の縮尺の要図及び後続の作業に必要な事項を記載する。
- 4 点の記の作成年が2年以内で、かつ、記載事項に変更が無い観測点は、点の記の作成

を省略できる。

第5節 観測

(使用機器の性能)

第17条 精密辺長測量に使用する主要な測量機器は、次表に示す性能と同等以上のものとする。

主要な測量機器名	性能
測距儀	国土地理院測量機器性能基準による特級短距離型測距儀
温度計	最小目盛0.2℃の隔測通風式温度計で乾球温度計と湿球温度計が一体型である機器
気圧計	最小目盛が1hPa以下の機器
周波数カウンタ	1Hz以下の周波数がデジタル表示できる機器
*セオドライト	国土地理院測量機器性能基準による1級セオドライト
*トータルステーション	国土地理院測量機器性能基準による1級トータルステーション
*測距儀	国土地理院測量機器性能基準による2級中距離型測距儀
*レベル	国土地理院測量機器性能基準による2級レベル
*水準標尺	国土地理院測量機器性能基準による1級水準標尺

* は測標水準に使用する機器

2 GNS S 辺長測量に使用する主要な測量機器は、次表に示す性能と同等以上のものとする。

主要な測量機器名	性能
GNS S 測量機	国土地理院測量機器性能基準による1級GNS S 測量機
*セオドライト	国土地理院測量機器性能基準による1級セオドライト
*トータルステーション	国土地理院測量機器性能基準による1級トータルステーション
*測距儀	国土地理院測量機器性能基準による2級中距離型測距儀
*温度計	最小目盛1℃の温度計
*気圧計	最小目盛1hPaのもの
*レベル	国土地理院測量機器性能基準による2級レベル
*水準標尺	国土地理院測量機器性能基準による1級水準標尺

* は測標水準に使用する機器

【第17条運用基準】

1 使用する測量機器のうち、GNS S 測量機、セオドライト、トータルステーション、レベル、水準標尺及び測標水準に使用する測距儀は、作業着手前に国土地理院の測量機器検定機関登録名簿に登録された機関の検定を受けたものを使用する。なお、検定の有効期間は、次のとおりとする。

(1) G N S S 測量機、セオドライト、トータルステーション、レベル及び測標水準に使用する測距儀は1年とする。

(2) 水準標尺は3年とする。

2 使用する主要な測量機器及びその他の機器は、国土地理院が指示する項目の点検を行う。点検対象、許容範囲、点検の時期は次表に示すとおりとし、点検方法は国土地理院が指示する検定要領により行う。

主要機器名	点検の比較対象	許容範囲	点検の時期
測距儀	屋内：レーザー干渉計 屋外：国土地理院菱形基線場	1.0mm 1.0mm	作業前
G N S S 測量機	標準比較基線場	Δn 15mm Δe 15mm Δu 50mm	作業前
温度計	国土地理院標準温度計	0.3℃	作業前後
気圧計	国土地理院標準気圧計	0.3hPa	作業前後
周波数カウンタ	国土地理院原子時計	3Hz	作業前
セオドライト及びトータルステーション	自己校正（コリメータ）	国土地理院測量機器 性能検定要領による	作業前
レベル	自己校正（くい打ち法）	水準測量作業規程による	

*セオドライト及びトータルステーションは、測標水準測量に使用

3 使用する主要な測量機器以外のものは、機能及び動作が正常であることを確認する。

4 使用する主要な測量機器は、国家計量標準との関係が明確であることとする。

5 使用する主要機器以外のものは、日本工業規格に適合した製品とする。

(器械定数)

第18条 精密辺長測量で用いる器械定数は、測距儀と反射鏡の組み合わせ定数とする。

【第18条運用基準】

1 器械定数の決定は、国土地理院レーザー測距棟内のピラーを使用した3点法で行う。なお、観測方法及び許容範囲は、作業規程第19条及び第20条を準用する。ただし、観測実施時間及び観測におけるセット間の間隔は適宜とする。

2. 器械定数の有効期間は1年とする。

(観測)

第19条 観測は、目標精度を確保するため、観測図に基づき、適切な観測条件のもと、十分に調整された測量機器を用いて行う。

【第19条運用基準】

1 精密辺長測量の観測は、次の各号により行う。

- (1) 器械及び反射鏡が日光等の影響を受けないような処置を施す。
- (2) 観測をする時間帯は、日没を中心に前後2時間以内とする。
- (3) 観測は3読定を1セットとし、各辺とも2日以上に分けて10セット以上の観測を行う。
- (4) 1日に採用するセット数は4セット以上6セット以下とし、日没前後のセット数は同数とする。
- (5) 測距儀及び周波数カウンタは、十分に余熱を与える。
- (6) 同一の辺長を観測する場合は、セット間に20分以上の間隔をあける。
- (7) 観測の読定単位は0.1mmとする。
- (8) 観測に三脚を使用する場合は、地面からの反射熱の影響を受けない器械高及び反射鏡高とする。
- (9) 器械高及び反射鏡高は、金属標もしくはピラー上面から垂直にmm位まで測定する。
- (10) 許容範囲は次表のとおりとする。

項 目	許容範囲	備 考
セット内較差	0.5mm	
セット間較差	3.0mm	組み合わせ定数及び現地気象要素を使用した気象補正後の値で判定する
ピラー使用時における日間較差	1.0mm	
三脚使用時における日間較差	1.5mm	
三脚使用時における観測前後の致心変位	0.5mm	
三脚使用時における観測前後の器械高変位	3.0mm	

2 精密辺長測量の気象測定は、次の各号により行う。

- (1) 測定する気象要素は、乾球温度、湿球温度及び気圧とする。
- (2) 温度計は、反射熱の影響がない場所に設置する。ただし、辺長が200m以内で、かつ、地面と視通線が平行するような場合は、視通線と同高になるように設置する。
- (3) 測定は器械点及び反射鏡点の双方で1セット毎の観測開始時及び観測終了時に行う。
- (4) 温度の測定単位は、0.1℃とする。
- (5) 気圧の測定単位は、0.1hPaとする。
- (6) 1日の測定の開始と終了時に付属の水銀温度計の表示と乾球温度を比較し、較差が0.5℃を超えた場合は、監督職員に報告し指示に従う。
- (7) 作業期間中は、以下の要領で現地での気圧計点検を行う。
 - ①標準とする気圧計を屋内に用意する。ただし、標準とする気圧計は、観測作業に使用しない。
 - ②標準とする気圧計を基準とし、気圧計の点検を観測作業前後に行う。
 - ③点検の結果、較差が3hPaを超えた気圧計は作業に使用できない。

- (8) 採用する気象要素は、1セット毎の平均とする。
- (9) 作業前に求めた器差と作業後に求めた器差の較差が以下の場合、監督職員に報告し指示に従う。
- ①温度計の点検較差が1.0℃を超過した場合。
 - ②気圧計の点検較差が3.0hPaを超過した場合。

3 G N S S 辺長測量は、次の各号により行う。

- (1) アンテナの設置には十分な注意を払い、観測前後に致心を確認する。また、G N S S アンテナタワーを使用する場合は、監督職員の承諾を得る。
- (2) アンテナ高の測定は、観測開始時と終了時に、各々アンテナ底面から金属標上面までの鉛直距離を2回測定する。
- (3) G N S S 測量機への入力単位及び位は、次表のとおりとする。

入力項目	単 位	位	備 考
緯度、経度	秒 (度分秒)	1	必要に応じて入力
楕円体高	m	10	必要に応じて入力
アンテナ高	m	0.001	
観測時刻	分 (JST時分)	1	世界時(UTC)によることもできる。

- (4) 観測時間等は次表のとおりとする。

データ取得間隔	30秒
セッションあたりの観測時間	12時間
セッション数	同一辺を2回観測

- (5) 観測点がピラーである場合は、以下のとおりとする。
- ①同一仕様の整準盤及び回転台座を使用する。
 - ②アンテナ高の測定は、観測開始時と終了時に、各々アンテナ底面からピラー上面までの鉛直距離を2回測定する。
 - ③観測点のアンテナ高は、全点同高とする。
 - ④基礎及びピラーの傾斜量を測定する。
- (6) G N S S 観測に使用するG N S S 衛星については、次のとおりとする。
- ①高度角が15度以上のものを使用する。
 - ②作動状態 (ヘルスステータス:health status) は、正常なものを使用する。
 - ③受信するG N S S 衛星は、次表を標準とする。

G N S S 衛星の組合せ	衛星数
G P S 衛星	4 衛星以上

- (7) G N S S 観測においては、次の事項を遵守する。
- ①アンテナを設置する場合は、アンテナの特定の側面又はアンテナに刻された印を北に向ける。
 - ②アンテナの周囲には、雑音電波を発生するおそれのある自動車等を近づけない。

- また、観測中は、電波を発生する携帯電話及び無線機は使用しない。
- (8) 観測地域に前線（寒冷前線、温暖前線等）や台風が入っているとき、又は入るおそれのあるときには観測を行わない。
 - (9) 観測終了後は、速やかにGNSS観測データをRINEX形式に変換し、記録媒体に保存する。
 - (10) GNSS観測時のアンテナ高やその他必要と認められる事項は、GNSS観測記録簿に記録する。
 - (11) GNSSアンテナタワーには、標札、警告板を人目につきやすいところに掲示し、材質及び形状が判読できるように写真撮影を行う。
 - (12) 永久標識を新設した場合は、上記各号以外に、基準点測量作業規程、同記載要領及び同計算式に基づき観測を実施する。
 - (13) 偏心観測は原則として認めない。やむをえず偏心観測を実施する場合は、監督職員の指示に従うものとする。

4 測標水準の実施は、次の各号により行う。

- (1) 観測点の標高は水準点、三角点又は精度が確認されている公共基準点から決定する。
- (2) 標高は、直接水準測量又は間接水準測量もしくは併用し決定する。
- (3) 直接水準測量は、水準測量作業規程（二等水準測量）、同記載要領及び同計算式もしくは基準点測量作業規程、同記載要領及び同計算式に基づき実施する。
- (4) 精密辺長測量における間接水準測量は、以下のとおりとする。
 - 1) 距離の測定は、第19条運用基準第1項及び第2項を適用する。
 - 2) 鉛直角の観測は、同時観測法又はこれに準じた方法とする。
 - 3) 鉛直角の観測は、1視準1読定2回を1セットとし、日を変え2セット実施する。
 - 4) 標高は正、反に分けて計算する。
 - 5) 許容範囲は次表による。

正、反の較差	セット間較差	備考
70mm×D	20mm×√D	D：距離、km 単位

(再測)

第20条 観測値が別に定める許容範囲を超えた場合は、再測を行う。

【第20条運用基準】

- 1 再測は、観測の諸条件を吟味し、許容範囲を超えた原因を考慮して行う。
- 2 次の場合においても再測を行う。
 - (1) 不備な条件下で観測を行った場合。
 - (2) 読定値を訂正した場合。

第6節 計算及び整理

(計算)

第21条 精密辺長測量では、ジオイドに投影した距離を求める。

2 G N S S 辺長測量では、電子基準点を基準とした観測点の緯度、経度、楕円体高及び観測点間の辺長を求める。

【第21条運用基準】

- 1 辺長、緯度、経度及び楕円体高の算出は、作業規程記載要領に従って行い、計算過程において誤算が生じない方法で行う。
- 2 精密辺長測量の計算は、次の各号により行う。
 - (1) ソフトウェアを使用して処理する場合は、作業実施前に必要な試算を行い、出力様式及び出力結果についての承諾を監督職員から得る。
 - (2) 気象補正計算に用いる気象補正計算式は、作業実施前に監督職員へ確認を得る。
 - (3) 辺長の計算は、以下のとおり行う。
 - ①気象補正計算及び器差の補正をした各セットの平均辺長を求める。
 - ②同一日における各辺長の日平均辺長を求める。
 - ③複数日の日平均辺長の平均を辺長とする。
 - ④各辺長の標準偏差を求める。
 - (4) 前回の観測値との辺長変化の計算を以下のとおり行う。
 - ①辺長変化は、 $(\text{今回辺長} - \text{前回辺長}) / \text{今回辺長} \times 10^{-6}$ で算出し、これを作図する。
 - ②辺長変化図の縮尺は、作業地域を考慮し適宜決定する。
- 3 G N S S 辺長測量の現地計算は、セッション毎に必要な観測点間の斜距離、観測点の水平位置及び楕円体高を次の各号により求める。
 - (1) G N S S 衛星の軌道要素は、放送暦とする。
 - (2) 基線解析の出発点の座標は、使用した電子基準点の成果を使用する。
 - (3) 解析図は、観測図を基に作成し解析順序を記載する。なお、縮尺は適宜とする。
 - (4) 基線解析は、10 km未滿は1周波、それ以外は2周波を使用する。
 - (5) G N S S 観測に使用する衛星の最低高度角は、15度とする。
 - (6) 大気遅延量は、基線解析ソフトウェアが採用している標準大気による。
 - (7) サイクルスリップの補正は、使用する基線解析ソフトウェアの自動編集とする。
 - (8) 解析に使用するアンテナ高は、現地で測定したアンテナ高に PCV 補正を加えたものとする。
 - (9) 基線解析結果より、G N S S 測量観測手簿及びG N S S 測量観測記簿を作成する。
 - (10) セッション較差の許容範囲は、次表のとおりとする。

項 目	許 容 範 囲		備 考
	ピラー使用	ピラー非使用	
水 平 位 置	30mm	35mm	Δn 、 Δe
楕 円 体 高	50mm	60mm	Δu
斜 距 離	$5\text{mm} + 1\text{ppm} \times D$	$8\text{mm} + 1\text{ppm} \times D$	D : 斜距離
観測前後の致心変位	3 mm		
観測前後のアンテナ高変位	5 mm		

(11) セッション較差の一覧表、観測点間の距離、観測点の水平位置及び楕円体高の結果をセッション毎にまとめ作成する。

4 G N S S 辺長測量の最終計算は、現地点検計算により観測データの品質が確認されたデータと精密暦を使用して、観測点間の距離、観測点の水平位置及び楕円体高を次の各号より求める。

- (1) 基線解析の出発点は、電子基準点とする。
- (2) 解析図は、解析に使用する観測点を全て含め作成する。ソフトウェアにより全辺解析となる場合は、観測点のみ記載する。また、縮尺は適宜とする。
- (3) 基線解析の出発点座標は、精密暦を使用して解析した日々毎の電子基準点座標値（以下「GEONET 座標」という。）を使用し、観測日とその前後 3 日間における GEONET 座標の平均値を採用する。
- (4) 使用する GEONET 座標の較差が以下のいずれかに該当する場合は、監督員の指示に従う。
 - ①水平位置が 1 5 m m を超える場合。
 - ②楕円体高が 3 0 m m を超える場合。
 - ③観測日の前後 3 日間に地震等の地殻変動があった場合。
- (5) 基線解析は、1 0 k m 未満は 1 周波、それ以外は 2 周波を使用する。
- (6) 使用する衛星の最低高度角の設定値は 1 5 度とする。
- (7) サイクルスリップの補正は、使用する基線解析ソフトウェアの自動編集とする。
- (8) 解析には、精密基線解析ソフトウェア（ガミット、ベルニーズ等）を使用する。アンテナ高は、現地で測定したアンテナ高の平均と、最新のアンテナ位相特性テーブルを使用する。
- (9) 採用する観測点間の距離、観測点の水平位置及び楕円体高は、2セッションの平均値とする。
- (10) 平均値の結果と前回採用値を比較し、観測点及び基線の変動量を求める。また、平均値及び変動量を一覧表にまとめ、水平及び標高の変動図を作成する。

(整理)

第22条 観測手簿、計算簿、点の記、成果表、精度管理簿及びその他の関係資料の整理は、本作業規程記載要領及び基本測量（測地測量）測量成果電子納品要領に基づき整理する。

【第22条運用基準】

- 1 基準点コードの算出は、監督職員の指示に従うものとする。
- 2 精度管理簿は、所定の様式に主として次のものを作成する。
 - (1) 地殻変動測量精度管理表
精度管理表には、下記項目を記載する。
 - ①作業名、地区名、計画機関名、目的、期間、作業量、作業機関名、主任技術者名、作業班長名、主要機器名称番号、観測点の種別等。
 - ②精密辺長測量の場合は、
 - 1) 各辺長の日平均結果及び標準偏差
 - 2) 複数日の日平均辺長の平均
 - 3) 各辺の辺長変化
 - ③GNSS辺長測量の場合は、
 - 1) 各辺の点検計算結果（重複辺の較差）
 - 2) 精密基線解析結果（各辺のベクトル成分と斜距離における前回値との比較）
 - ④点検測量結果
 - (2) 点検計算結果
点検計算結果には、下記項目を記載する。
 - 1) 精密辺長測量の場合は、日平均辺長の較差。
 - 2) GNSS辺長測量の場合は、重複する基線ベクトルの較差(ΔN 、 ΔE 、 ΔU)。
 - (3) 各種図の写し
各測量作業において、下記項目を添付する。
 - 1) 精密辺長測量の場合は、辺長変化図（写し）。
 - 2) GNSS辺長測量の場合は、水平変動ベクトル図（写し）、標高変動ベクトル図（写し）。
- 3 作業に関係して作成した諸簿及び資料は、作成者自らが現地で点検し、その後に作業責任者が点検を行う。

附 則

- 1 この規程は、平成16年4月1日から適用する。
- 2 この規程に定めるものと異なる機器又は作業方法については、別途測地部長と協議する。

- 3 この規程の運用基準、計算式、記載要領は、測地部長が別途定める。
- 4 直営作業においては、この規程中の「監督職員」を「係長」と読み替える。

附 則

この達は、平成21年3月9日から施行する。

附 則

この達は、平成24年3月21日から施行する。

計 算 式

1. 距離計算

(1) 周波数補正計算

$$dD = -D \times \frac{f_i - f_0}{f_0}$$

ただし

f_0 : 内部の基準周波数
 f_i : 測定周波数
 D : 測定距離 (m)

(2) 平均海水面への投影補正計算

$$S = D \times \left(\frac{1 - \left(\frac{h}{D}\right)^2}{\left(1 + \frac{H'_1}{R}\right) \left(1 + \frac{H'_2}{R}\right)} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{D^3}{24R^2} (1 - K)^2$$

ただし

$$H'_1 = H_1 + (G) \quad , \quad H'_2 = H_2 + (R)$$

$$h = H'_2 - H'_1$$

$$K = 0.2$$

$$R = 6370000m$$

H_1 , H_2 : 器械点・反射点の標高 (m)

(G) , (R) : 器械点・反射点の測器高 (m)

2. 高低計算

(1) 視準線を距離測定線とする補正計算

$$\chi_i = \sin^{-1} \left(\frac{e_i \times \cos \alpha'_i}{D} \right)$$

$$e_1 = i_1 - E_1 + E_2 - f_2 \quad (\text{正}) \quad , \quad e_2 = i_2 + E_1 - E_2 - f_1 \quad (\text{反})$$

$$\alpha_i = \alpha'_i + \chi_i$$

D : 測定した斜距離(m) , χ_i : 補正量
 α'_i : 点 i で観測した鉛直角 , E_i : 点 i での測器高((G)又は(R)) (m)
 i_i : 点 i での鉛直角観測時の経緯儀高 , f_i : 点 i での鉛直角観測時の目標高
 α_i : 点 i からの測距線に対する高度角

(2) 高低計算

$$H_2' = H_1 + D \times \sin \alpha_1 + E_1 - E_2 + K$$

$$H_2'' = H_1 - D \times \sin \alpha_2 - E_2 + E_1 - K$$

$$H_2 = \frac{H_2' + H_2''}{2} \quad , \quad K = (1 - k) \frac{D^2}{2R} \quad , \quad k = 0.133$$

$$R : 6370000 \text{ m}$$

$$K : \text{両差 (気差+球差)} \quad , \quad k : \text{折光係数}$$

3. 辺長変化比の計算

$$\text{辺長変化比} = \frac{dS}{S}$$

$$dS = S(\text{NEW}) - S(\text{OLD})$$

$$S = S(\text{OLD})$$

$$S(\text{NEW}) : \text{今回測定値} \quad , \quad S(\text{OLD}) : \text{前回測定値}$$

4. 気圧の定数

$$1 \text{ hPa} = 0.750062 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1.33322 \text{ hPa}$$

5. 比高から気圧及び気温を求める計算

(1) 気圧

$$P_2 = P_1 \times 10^{-z}$$

$$z = \frac{h}{18400(1 + 0.00366 \times t)}$$

$$h = H_2' - H_1' \quad , \quad t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

(2) 気温

$$t_2 = t_1 + h \times (-0.0065)$$

$$h = H_2' - H_1'$$

ただし

H'_1 : 気圧を観測した位置の標高(m) , H'_2 : 気圧を求めようとする位置の標高(m)

P_1 : 観測した位置の気圧(hPa) , P_2 : 求めようとする位置の気圧(hPa)

t_1 : 気圧を観測した位置の気温(°C) , t_2 : 気圧を求める位置の気温(°C)

6. 楕円体の変換

(1) 楕円体の原子

世界測地系で使用している値 (測量法施行令第3条)

長半径 $a_w = 6378137\text{m}$

扁平率 $f_w = \frac{1}{298.257222101}$

(2) 経緯度及び楕円体からの高さから三次元直交座標系への変換

$$X = (N + H) \cos \phi \cdot \cos \lambda$$

$$Y = (N + H) \cos \phi \cdot \sin \lambda$$

$$Z = \{N(1 - e^2) + H\} \sin \phi$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi}}$$

$$e^2 = f(2 - f)$$

ただし

X : 三次元直交座標系 X 軸 , Y : 三次元直交座標系 Y 軸

Z : 三次元直交座標系 Z 軸 , N : 卯酉線曲率半径

ϕ : 緯度 , λ : 経度

H : 楕円体からの高さ , a : 長半径

e : 第一離心率 , f : 扁平度

とする。

(3) 三次元直交座標系から経緯度及び高さへの変換

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$$

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$H = \frac{P}{\cos \phi} - N$$

$$N_{i-1} = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi_{i-1}}}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{Z}{P - e^2 \cdot N_{i-1} \cdot \cos \phi_{i-1}} \quad (\phi \text{ は繰り返し計算})$$

ただし

X : 三次元直交座標系 X 軸 , Y : 三次元直交座標系 Y 軸

Z : 三次元直交座標系 Z 軸 , N : 卯酉線曲率半径

ϕ : 緯度 , λ : 経度

H : 楕円体からの高さ , a : 長半径

e : 第一離心率

ϕ の収束条件 : $|\phi_i - \phi_{i-1}| \leq 10^{-12}$ (rad)

ϕ_i : i 回目の計算結果

$$\phi_0 = \tan^{-1} \frac{Z}{P}$$

とする。

7. 基線解析

(1) 平均計算

$$V = AX - L$$

$$(A^T PA)X = (A^T PL)$$

$$X = (A^T PA)^{-1} A^T PL$$

$$P = B^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta x \Delta x} & \sigma_{\Delta x \Delta y} & \sigma_{\Delta x \Delta z} \\ \sigma_{\Delta y \Delta x} & \sigma_{\Delta y \Delta y} & \sigma_{\Delta y \Delta z} \\ \sigma_{\Delta z \Delta x} & \sigma_{\Delta z \Delta y} & \sigma_{\Delta z \Delta z} \end{bmatrix}^{-1}$$

ただし

V : 残差のベクトル

A : 未知数の係数行列
 X : 未知数のベクトル
 L : 定数項のベクトル
 P : 重量行列
 B : ΔX , ΔY , ΔZ の分散・共分散行列とする。

(2) 分散・共分散行列と相関行列の関係

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ii}\sigma_{jj}}}$$

(3) 相関行列

$$C = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{\Delta x \Delta y} & \rho_{\Delta x \Delta z} \\ \rho_{\Delta y \Delta x} & 1 & \rho_{\Delta y \Delta z} \\ \rho_{\Delta z \Delta x} & \rho_{\Delta z \Delta y} & 1 \end{bmatrix}$$

(4) 標準偏差

$$\Delta X \text{ の標準偏差 : } \sigma_{\Delta x} = \sqrt{\sigma_{\Delta x \Delta x}}$$

$$\Delta Y \text{ の標準偏差 : } \sigma_{\Delta y} = \sqrt{\sigma_{\Delta y \Delta y}}$$

$$\Delta Z \text{ の標準偏差 : } \sigma_{\Delta z} = \sqrt{\sigma_{\Delta z \Delta z}}$$

$$\text{斜距離 (D) の標準偏差 : } \sigma_D = \sqrt{\sigma_{DD}}$$

$$\sigma_{DD} = G \cdot B \cdot G^T$$

$$G = \left(\frac{\Delta X}{D}, \frac{\Delta Y}{D}, \frac{\Delta Z}{D} \right)$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

ただし

B : $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ の分散・共分散行列とする。

8. GNSS 辺長測量における、点検計算の許容範囲に使用する閉合差 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ から $\Delta N, \Delta E, \Delta U$ への変換計算

$$\begin{bmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta U \end{bmatrix} = R \cdot \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

ただし、

ΔN : 水平面の南北方向の閉合差

ΔE : 水平面の東西方向の閉合差

ΔU : 高さ方向の閉合差

ΔX : 地心直交座標 X 軸成分の閉合差

ΔY : 地心直交座標 Y 軸成分の閉合差

ΔZ : 地心直交座標 Z 軸成分の閉合差

$$R = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cdot \cos \lambda & -\sin \varphi \cdot \sin \lambda & \cos \varphi \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ \cos \varphi \cdot \cos \lambda & \cos \varphi \cdot \sin \lambda & \sin \varphi \end{bmatrix}$$

φ : 緯度

λ : 経度

$\varphi \cdot \lambda$ は、測地地域内の任意の既知点の値

9. その他

本計算式のほか、これと同精度もしくはこれをうわまわる精度を有することが確認できる場合には、当該計算式を明示し使用することができる。