

اندازه گیری طول

روشهای غیر مستقیم (استفاده از دستگاههای اپتیکی)

اندازه گیری به روش غیر مستقیم خود به روشهای متفاوتی انجام میشود

✓ روشهای استادیومتری (که در فصلهای بعدی توضیح داده خواهد شد)

✓ روشهای محاسباتی (که در بخش مساحی به برخی از آنها اشاره خواهد شد)

روشهای استفاده از دستگاههای الکترونیکی و الکترواپتیکی

در این روشها با ارسال امواج الکتروماگنتیک و انعکاس آنها از رفلکتورها با استفاده از زمان رفت و برگشت امواج یا اختلاف فاز امواج فاصله را محاسبه میکنند.

➤ دقت اندازه گیری این روش از سایر روشهای مستقیم و غیر مستقیم بیشتر است

➤ فاصله یابهای الکترونیکی در وضعیت نامساعد جوی نی بخوبی کار میکنند

➤ انواع اشتباهات و خطاهای انسانی و دستگاهی در فاصله یابهای الکترونیکی حذف شده اند.

➤ توتال استیشننها ترکیبی از فاصله یابها و دوربینهای نقشه برداری هستند.

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

بطور کلی خطاهایی که در عملیات متر کشی ایجاد میشود میتواند ناشی از خطاهای دستگاهی، خطای طبیعی و خطی انسانی باشد که بصورت‌های زیر ممکن است بوجود آید.

□ خطای ناشی از اشتباه طول متر:

گاهی ممکن است اندازه نوشته روی متر کوچکتر یا بزرگتر از اندازه واقعی باشد از این رو باید قبل از متر کشی متر مورد نظر را بایک متر یا طول پیاده شده استاندارد مقایسه نمود. مقدار این که در بعضی از شرایط ممکن است بر اثر کشیدن بوجود آید تصحیحاتی به شرح زیر بدنبال دارد:

➤ تصحیح کالیبراسیون:

□ اگر طول واقعی متر بلندتر از طول اسمی آن باشد فاصله خوانده شده کمتر از مقدار واقعی است و تصحیحی که باید وارد گردد مثبت است

□ اگر طول واقعی متر از طول اسمی آن کوتاهتر باشد فاصله خوانده شده بیشتر از مقدار واقعی است و تصحیح منفی است

اندازه گیری طول

➤ تصحیح کالیبراسیون:

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n}$$

$$L_t = L_n + C_L = L_n \left(1 + \frac{\delta l}{l_n}\right)$$

$$L_t = L_n \cdot \frac{l_t}{l_n}$$

l_n طول اسمی متر

l_t طول واقعی متر

L_n مسافت اندازه گیری شده

L_t مسافت واقعی

C_L تصحیح کالیبراسیون

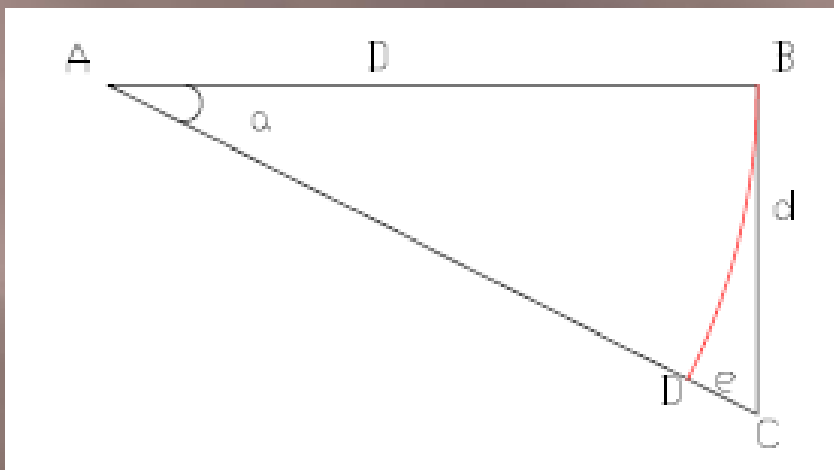
اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطای ناشی از افقی نبودن مسیر:

➤ تصحیح شیب (تصحیح تبدیل به افق):

مقدار این تصحیح به دو عامل بستگی دارد یکی زاویه شیب و دیگری اختلاف ارتفاع بین دو انتهای خط



$$AC = L$$

$$AB = D$$

$$BC = d$$

$$\hat{BAC} = \alpha$$

$$e = L - D$$

اندازه گیری

طول اندازه گیری شده

طول افقی

اختلاف ارتفاع

زاویه شیب

تصحیح تبدیل به افق

اندازه گیری طول

➤ تصحیح شیب (تصحیح تبدیل به افق):

$$AB = AC \cdot \cos \alpha$$

$$D = L \cdot \cos \alpha$$

$$e = L - D = L(1 - \cos \alpha)$$

□ اگر زاویه شیب معلوم باشد:

□ اگر اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتها معلوم باشد:

$$L^2 = D^2 + d^2 = (L - e)^2 + d^2 = L^2 + e^2 - 2Le + d^2$$

$$e \cong \frac{d^2}{2L}$$

$$e = \frac{d^2}{2L} + \frac{d^4}{8L^3}$$

$$\cos \alpha = \frac{D}{L} = \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} \Rightarrow D = \frac{L \cdot n}{\sqrt{n^2 + 1}}$$

$$e = L \left(1 - \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} \right)$$

□ اگر شیب زمین (n : ۱) معلوم باشد:

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطای ناشی از انحراف مسیر:

اگر در جریان اندازه گیری فاصله با متر از امتداد مسیر خارج شویم بطوری که نقطه انتهایی به اندازه d از مسیر اصلی فاصله داشته باشد در این صورت فواصل قرائت شده تصحیحی باید وارد شود با استدلالی شبیه آنچه که در تصحیح تبدیل به افق دیدیم مقدار این تصحیح از رابطه زیر بدست

➤ تصحیح اثر خارج امتدادی:

$$e = -\frac{d^2}{2L}$$

□ خطای ناشی از ثبت اشتباه مقادیر یا اشتباه خواندن اعداد:

باید با افزایش دقت در کار ، عملیات را بگونه ای ادامه داد که این خطا اتفاق نیفتد.

□ خطای ناشی از خمیدگی متر (خطای شنت یا کمانه):

چنانچه دو سر یک متر را گرفته و بکشیم در وسط آن انحنایی ایجاد میشود (در اثر نیروی وزن خودش) یعنی بجای خط مستقیم شکل قوس پیدا میکند در این حالت باید اختلاف طول قوس و وتر را تعیین کرد

اندازه گیری طول

➤ تصحیح اثر کمانی شکل شدن نوار:

نوار را بدو صورت تخت یا تعلیق میتوان استاندارد کرد و هرگاه نوار برخلاف شرایط استاندارد آن بکار برده شود به مقادیری که از طریق اندازه گیری بدست میآید باید تصحیحی وارد کرد که در مقدار مطلق این تصحیح عبارتست از:

$$c = \frac{(mg)^2}{24T^2} \cdot L^3 = \frac{L}{24} \cdot \left(\frac{W}{T}\right)^2 = \frac{8f^2}{3L}$$

c تصحیح شنت (mm)

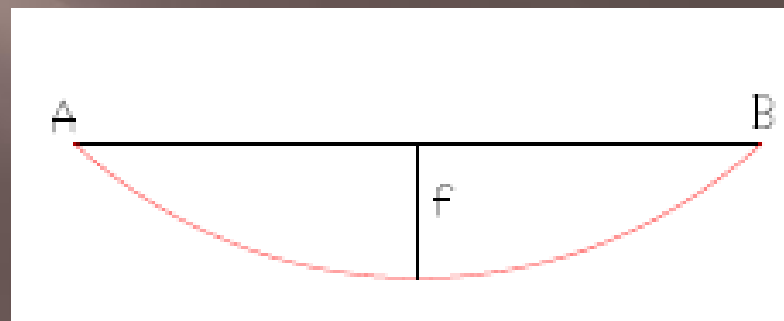
m جرم یک متر نوار

$W = mg \cdot L$ وزن قسمت بکار برده شده (Kg)

T نیروی کشش بکاررفته (Kg)

L طول متر بین دو تکیه گاه

f ارتفاع یا سهم کمان



اگر نوار به حالت تخت استاندارد شده باشد و به

حالت تعلیق استفاده شود علامت تصحیح منفی

است و اگر به حالت تعلیق استاندارد شود و به

حالت تخت استفاده شود علامت تصحیح مثبت است

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطا در اثر نیروی کشش متر:

اگر در عملیات متر کشی متر با نیروی بیشتر یا کمتر از حد استاندارد (مندرج در کاتالوگ متر) کشیده شود باعث ایجاد خطا در اندازه گیری میگردد طبق قانون هوکر طول نوار بعلت حالت کشسانی آن افزایش یا کاهش می یابد.

➤ تصحیح اثر تغییر کشش:

$$\delta l = \frac{T_m - T_s}{A * E} * l_n$$

T_m واحدها باید با همه سازگاری داشته باشند نیروی کشش وارد شده به متر

T_s مثلا A متر مربع (میلیمتر مربع) و E نیروی کشش استاندارد

A نیوتن بر متر مربع (نیوتن بر میلیمتر مربع) مساحت مقطع عرضی نوار

$E \cong 19.3 * 10^{10} (N/m^2)$ ضریب الاستیسیته T بر حسب نیوتن (نیوتن) در اینصورت l

l_n و تصحیح واحدهای یکسانی خواهند داشت طول اسمی نوار

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطای ناشی از درجه حرارت:

این خطا از نوع خطاهای سیستماتیک بوده که گاهی زیاد و گاهی کم شونده است و در اثر اختلاف درجه حرارت محیط ساخ و محیطی که در آن عملیات نقشه برداری صورت میگیرد بوجود میآید و در واقع در اثر تغییر درجه حرارت خطایی رخ میدهد که تصحیحی بشرح زیر را بدنبال دارد:

➤ تصحیح اثر تغییر دما:

$$\delta L = L_n \cdot \alpha \cdot (t - t_s)$$

δL در صورتیکه $t > t_s$ طول واقع نوار بیشتر تصحیح برای مقدار اندازه گیری شده

L_n از طول اسمی آن واگر $t < t_s$ باشد طول مسافت قرائت شده

$\alpha = 11.2 * 10^{-6}$ واقعی از طول اسمی کمتر است و با توجه ضریب انبساط طولی

t به این موضوع و آنچه در خطای کالیبراسیون دمای محیط عملیات

t_s گفته شده باید تصحیح + یا - را اعمال نمود دمای محیط ساخت متر

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطای انتقال اندازه از روی زمین به نقشه :

چون انتقال اندازه ها از روی زمین به نقشه مستقیماً امکان ندارد لازم است فواصل اندازه گیری شده روی زمین بر روی سطح مبنا تصویر شوند بنابراین باید در فواصل اندازه گیری شده بر روی زمین

تصحیحی صورت گیرد

$$\frac{L}{L_m} = \frac{R}{R+h}$$

$$C = L - L_m = -L_m \frac{h}{R+h}$$

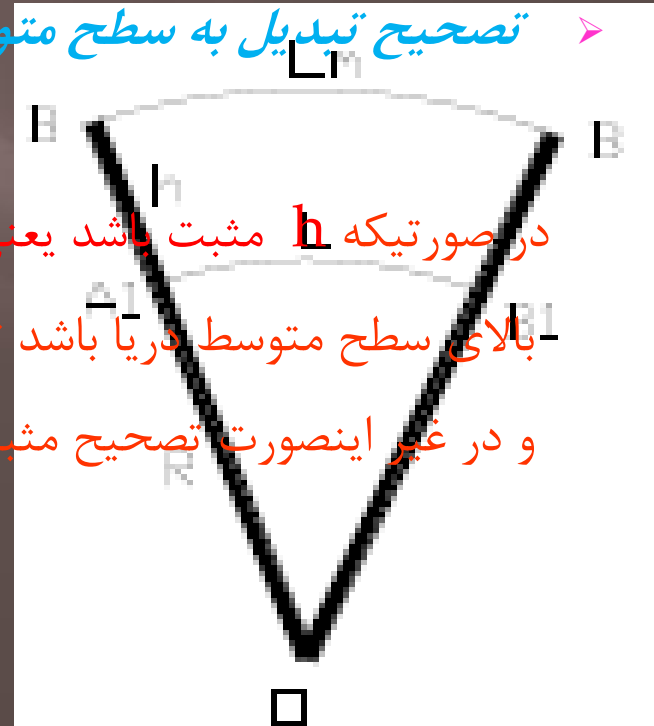
L_m مسافت اندازه گیری شده

L طول تصویر L_m بر سطح ژئوئید

h ارتفاع متوسط AB نسبت به سطح ژئوئید

C تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا

➤ تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا:



در صورتیکه h مثبت باشد یعنی AB در بالای سطح متوسط دریا باشد تصحیح منفی و در غیر این صورت تصحیح مثبت است.

اندازه گیری طول

تصحیحاتی که ذکر شد در صورت وارد نشدن در اندازه گیریها بصورت خطای سیستماتیک در نتیجه اندازه گیریها ظاهر میشوند بهمین دلیل در فواصل بزرگ و نیز در مواردی که دقت نسبی معینی مورد نظر باشد باید به آنها توجه شود و در مواردی که لازم باشد مقادیر هر کدام از آنها تعیین و در نتیجه اندازه گیری دخالت داده میشود.

بطور کلی اگر هدف از اندازه گیری فاصله انتقال اندازه ها بر روی صفحه تصویر (نقشه) باشد تا زمانی که مقدار عددی خطا اعم از سیستماتیک و یا تصادفی پس از تبدیل به مقیاس از میزان خطای ترسیمی (0.1 تا 0.2 میلیمتر) کوچکتر باشد آن خطا قابل چشم پوشی است. بدین ترتیب که اگر خطای اندازه گیری e و مقیاس نقشه s باشد حداکثر خطای مجاز زمینی از رابطه زیر بدست میآید

$$e * s = 0.1(mm)$$

□ خطاهای تصادفی:

خطاهای قابل ذکر در اینجا خطای تطبیق درجات نوار با نقاط و نیز خطای قرائت نوار است که اگر مجموع جبری این دوخطا را در هر طرف نوار e فرض کنیم چون فاصله از تفاضل دو قرائت ابتدا و انتها بدست میاید لذا خطا برابر خطای تفاضل دو کمیت یعنی $e\sqrt{2}$ است.

اندازه گیری طول

مثال ۱ : اختلاف ارتفاع دو نقطه روی برابر ۲۰ متر و فاصله افقی آنها برابر ۵۵ متر میباشد . مطلوبست

$$\text{تعیین شیب و فاصله دو نقطه روی سطح شیبدار؟}$$
$$\text{tag}\alpha = \frac{H}{L}$$

$$\frac{H}{L} = \frac{20}{55} = 0.364 = 36.4\%$$

$$\text{tag}\alpha = 0.364 \Rightarrow \alpha = 20'$$

$$D = \sqrt{H^2 + L^2} = \sqrt{20^2 + 55^2} = 58.52$$

مثال ۲ : طول یک امتداد با متر فلزی ۵۰ متری اندازه گیری شده و برابر ۱۶۴۰ متر شده است اگر طول

واقعی متر 49.95 متر باشد اندازه واقعی امتداد موردنظر را مشخص کنید؟

$$L_t = L_n \frac{l_t}{l_n} = 1640 * \frac{49.95}{50} = 1638.36$$

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n} = 1640 * \frac{0.05}{50} = 1.64$$

$$L_t = 1640 - 1.64 = 1638.36$$

اندازه گیری طول

مثال ۳ : اگر شیب زمین صددرصد باشد زاویه شیب چقدر خواهد بود ؟

$$\operatorname{tag} \alpha = \frac{H}{L}$$

$$\frac{H}{L} = 100\% = \frac{100}{100} = 1$$

$$\operatorname{tag} \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45'$$

مثال ۴ : اگر با یک متر ۵۰ متری که هر مترش ۴۰ گرم وزن دارد کار مترکشی را با نیروی ۴ کیلو گرم

انجام دهیم میزان خطای شنت چقدر خواهد بود؟

$$c = \frac{(mg)^2}{24T^2} \cdot L^3 = \frac{0.04^2 * 50^3}{24 * 4^2} = 0.52m$$

اندازه گیری طول

مثال ۵: یک نوار اندازه گیری با نیروی کشش ۵۰ نیوتن دارای طول استاندارد ۳۰ متر است مساحت مقطع عرضی آن ۱.۲ میلیمتر مربع است هرگاه نیروی کشش بکار رفته ۶۰ نیوتن و ضریب یانگ $1.93 * 10^5$ نیوتن بر میلیمتر مربع باشد طول نوار در شرایط ذکر شده چقدر است ؟

$$\delta l = \frac{T_m - T_s}{A * E} * l_n = \frac{30 * (67 - 50)}{1.2 * 1.93 * 10^5} = .0022$$
$$l = 30 + .0022 = 30.0022$$

بطوریکه ملاحظه میشود مقدار تصحیح ناچیز است و در اندازه گیریهای معمولی میتوان از آن چشم پوشید

مثال ۶: در صورتیکه در جریان اندازه گیری یک فاصله ۲۰۰ متری باندازه ۰.۵ متر از مسیر اصلی منحرف شویم مقدار تصحیح امتداد گذاری چقدر است؟

$$e = -\frac{d^2}{2L} = -\frac{0.5^2}{2 * 200} = -0.0006$$

بطوریکه ملاحظه میشود مقدار تصحیح ناچیز است و در اندازه گیریهای معمولی میتوان از آن چشم پوشید و عمل امتداد گذاری را با چشم انجام داد ولی در کارهای دقیق باید از دوربین نقشه برداری استفاده کرد.

اندازه گیری طول

مثال ۷ : با یک نوار ۵۰ متری که در مقایسه با نوار استاندارد طول آن 50.04 متر میباشد دو ضلع یک مستطیل اندازه گیری شده است که مقدار آن ۳۰۰ و ۲۰۰ متر است مطلوبست تعیین مساحت

حقیقی آن؟

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n}$$

$$C_{300} = 300 * \frac{50.04 - 50}{50} = 0.24m$$

$$C_{200} = 200 * \frac{50.04 - 50}{50} = 0.16m$$

$$L_t = L_n + C_L$$

$$L_{300} = 300 + 0.24 = 300.24m$$

$$L_{200} = 200 + 0.16 = 200.16m$$

$$S = 300.24 * 200.16 = 60096.04m^2$$

$$A_t = A_n \left(\frac{l_t}{l_n} \right)^2$$

$$A_t = 300 * 200 * \left(\frac{50.04}{50} \right)^2 = 60096.04$$

اندازه گیری طول

مثال ۸: با یک کتر فلزی که در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد استاندارد شده است فاصله ای را اندازه گیری کرده که برابر 200.05 متر میشود درجه حرارتی متر مذکور همین فاصله را ۲۰۰ متر نشان خواهد داد؟

$$\alpha = 115 * 10^{-7}$$

$$\delta l = L_{T_0} - L_T = 200 - 200.05 = -0.05m$$

$$\delta l = \alpha . L . \Delta t \Rightarrow -0.05 = 115 * 10^{-7} * 200.05 * \Delta t \Rightarrow$$

$$\Delta t = -21.73'$$

مثال ۹: در یک منطقه کوهستانی امتدادی با یک متر فلزی ۵۰ متری اندازه گیری و مقدار آن ۶۲۰ متر حاصل شده است در صورتیکه طول واقعی متر ۳ میلی متر کوتاهتر از طول اسمی بوده باشد بادر نظر گرفتن ضریب انبساط طولی $115 * 10^{-7}$ و درجه حرارت استاندارد ۲۰ درجه سانتی گراد مطلوبست تعیین درجه حرارت محیط و طول واقعی امتداد؟

$$\delta l = \alpha . L . (t - t_s) \Rightarrow -0.003 = 115 * 10^{-7} * 50 * (t - 20) \Rightarrow t = 14.75'^c$$

$$L_t = \frac{l_t}{l_n} . L_n = \frac{49.997}{50} * 620 = 619.963m$$

اندازه گیری طول

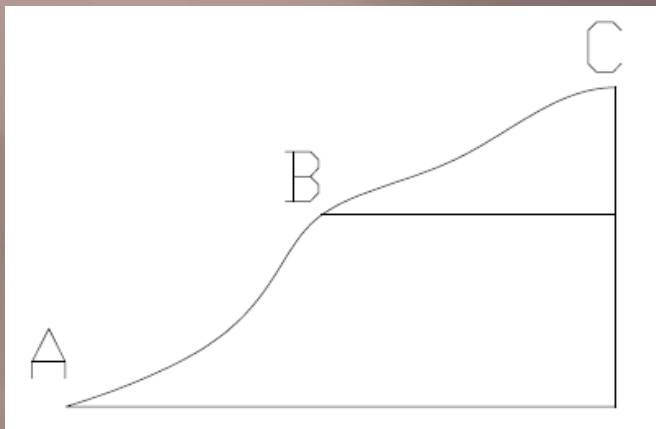
مثال ۱۰: نوار فلزی بطول ۵۰ متر با نیروی کشش ۵ کیلو گرم در حالت تعلیق استاندارد شده و هنگام عملیات اندازه گیری با نیروی کششی ۱۲ کیلو گرم کشیده شده است در صورتیکه وزن متر ۲۰ گرم بر متر باشد مقدار تصحیح مربوط به کمانه شدن متر را حساب کنید؟

$$c = \frac{(mg)^2}{24} \cdot L^3 \cdot \left(\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1^2} \right)$$
$$c = \frac{50^3 * 0.02^2}{24} \cdot \left(\frac{1}{12^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 0.068$$
$$L = 50 + 0.068 = 50.068m$$

در صورتیکه $F_2 > F_1$ باشد تصحیح مثبت و به اندازه قرائت اضافه میشود و اگر $F_2 < F_1$ باشد تصحیح منفی است و از اندازه بدست آمده کم میشود.

اندازه گیری طول

مثال ۱۱: فاصله A و C در امتداد شیب زمین اندازه گیری شده است در صورتیکه طول و زاویه شیب امتداد AB بترتیب ۲۵۰ متر و ۲۵ درجه باشد و طول BC برابر ۳۰۰ متر و اختلاف ارتفاع بین B و C ۲ متر باشد طوال افقی AC را محاسبه کنید؟



$$D_{AB} = L_{AB} \cdot \cos \alpha = 250 \cdot \cos 25 = 226.58m$$

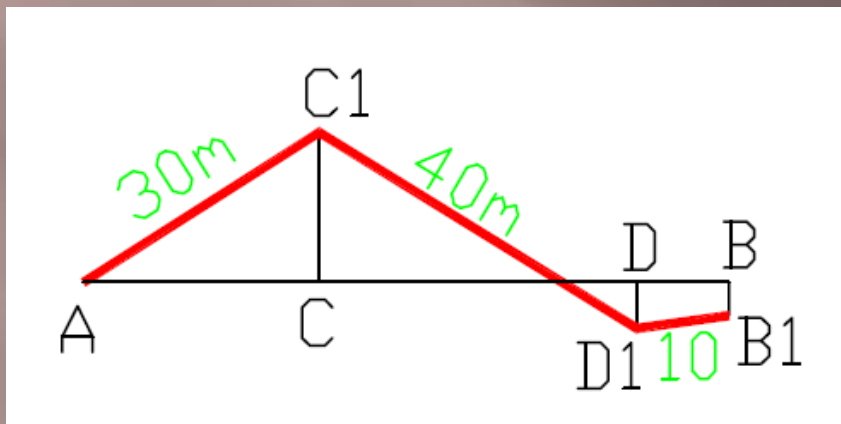
$$e = -\frac{h_{BC}^2}{2L_{BC}} = -\frac{2^2}{2 \cdot 300} = -0.007m$$

$$D_{BC} = 300 - 0.007 = 299.993m$$

$$D_{AC} = 226.58 + 299.993 = 526.573m$$

اندازه گیری طول

مثال ۱۲: فاصله A و B پس از ژالن گذاری مانند شکل زیر متر کشی و اندازه های هر امتداد که در شکل نوشته شده است مورد سنجش قرار گرفته است در صورتیکه میزان انحراف از خط مستقیم در نقاط C و D و B و D و C بترتیب ۲۵ - ۲۰ - ۵ سانتیمتر باشد طول واقعی AB را مشخص کنید؟



$$e_{AC_1} = -\frac{0.25^2}{2 * 30} = -0.001m$$

$$e_{C_1D_1} = -\frac{(0.25 + 0.2)^2}{2 * 40} = -0.003m$$

$$e_{D_1B_1} = -\frac{(0.02 - 0.05)^2}{2 * 10} = -0.001m$$

$$L = (30 + 40 + 10) - (0.001 + 0.003 + 0.001) = 79.995m$$

اندازه گیری طول

مثال ۱۳: چنانچه طول شیبدار AB برار ۲۵۰ متر و اختلاف ارتفاع آن دو نقطه ۲۰ متر باشد اگر بخواهیم روی نقشه با مقیاس 1/5000 منتقل نماییم با در نظر گرفتن ± 0.2 میلیمتر بعنوان خطای ترسیمی آیا احتیاج به افقی نمودن این طول میباشد؟

$$e = -\frac{h^2}{2L} = -\frac{20^2}{2 * 250} = -0.8m$$

$$e * s = 0.2 \Rightarrow e = \frac{0.2}{1/5000} = 1000mm = 1m$$

چون مقدار تصحیح تبدیل به افق از دقت ترسیم کمتر است نیازی به تبدیل طول شیبدار به افق نمیباشد.

اندازه گیری طول

مثال ۱۴: طول نوار پلاستیکی ۵۰ متری بدلیل استفاده مکرر ۱ سانتی متر افزایش پیدا کرده است اگر بخواهیم طول ۵۰۰ متری را با این متر اندازه گیری و به یک نقشه با مقیاس 1/1000 و دقت ترسیمی ± 0.2 منتقل کنیم آیا نیاز به تصحیح طول میباشد؟

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n} = 500 * \frac{0.01}{50} = 0.1m$$

$$e = \frac{\pm 0.2}{1/1000} = \pm 200mm = \pm 0.2m$$

چون مقدار تصحیح (0.1m) از دقت ترسیم (0.2m) کمتر است نیازی به تصحیح طول نمیباشد.

اندازه گیری طول

تمرین: فاصله دو نقطه A و B در هوا و بصورت شیبدار و تحت زاویه شیب زمین (۲۵ درجه) متر کشی و عدد ۴۶ قرائت شده است اگر متر با نیروی کشش ۱۰ کیلو گرم کشیده و وزن واحد طول آن ۱۵ گرم باشد طول حقیقی AB را معین کنید؟ (45.992m)

تمرین: در صورتیکه اندازه گیری طول در سطح شیبدار با دقت $1/250$ انجام شود تا چه شیبی میتوان از تصحیح تبدیل به افق صرفنظر نمود؟ (۰.۴٪)

تمرین: طول یک مسیر ۲ کیلومتری به روش مستقیم و با استفاده از نوار فلزی ۵۰ متری اندازه گیری میشود اگر درجه حرارت محیط در زمان اندازه گیری برای کیلومتر اول و دوم بترتیب ۲۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد باشد و موقع قرائت نوار با نیروی کشش ۱۰ کیلوگرم کشیده شود با فرض اینکه وزن کل نوار ۱ کیلو گرم و درجه حرارت استاندارد نوار ۲۰ درجه سانتی گراد و ضریب انبساط حرارتی $115 \cdot 10^{-7}$ باشد طول اصلاح شده را تعیین نمایید؟ (1999.113m)

اندازه گیری طول

تمرین: برای اندازه گیری یک امتداد نشانه گذاری شده بطول ۷۸۰ متر از یک نوار فلزی ۵۰ متری با وزن واحد طول ۱۵ گرم و مقطع 0.06 سانتی مترمربع که برای درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد و نیروی کشش ۵ کیلو گرم استاندارد شده است استفاده میکنیم.

۵۰۰ متر اول در سطح شیبدار ۳ درصدی و درجه حرارت محیط 10- درجه سانتی گراد که نوار تحت کشش ۱۰ کیلو گرم کشیده شده اندازه گیری گردید و اندازه گیری بقیه طول در حالت معلق و با همان نیروی کشش و درجه حرارت محیط انجام شد با فرض اینکه طول واقعی نوار ۱ سانتی متر کوتاهتر باشد طول واقعی امتداد را مشخص نمایید؟ (779.635m)

اندازه گیری طول

کوییز:

- ۱) فاصله بین دو نقطه در روی نقشه ای با مقیاس $1/500$ برابر است با 32.5 میلیمتر. اگر خطای ترسیمی 0.4 میلیمتر در نظر گرفته شود فاصله بین دو نقطه در روی زمین دارای چه خطایی است؟
- ۲) در روابط زیر k و S معرف چه پارامترهایی هستند؟

$$C_t = L.k.(t - t_0)$$

$$C_P = \frac{L.(P - P_0)}{S.E}$$

رابطه تصحیح اثر حرارتی در عملیات مترکشی

رابطه تصحیح اثر نیروی کششی در متر کشی