

학 습 목 표

삼각측량은 넓은 지역의 측량이나 정밀도 높은 측량의 가장 기본적인 중요한 측량 방법이다. 삼각 측량은 측량 지역을 적절한 크기의 삼각형으로 된 망의 형태로 만들고 삼각형의 꼭지점에서 내각과 한변의 길이를 정밀하게 측정하여 삼각함수로 나머지 변의 길이를 계산하고 각점의 위치를 결정한다. 삼각함수의 정의와 다양한 삼각측량 방법, 삼각망의 종류 등을 알아보고 삼각측량의 실시과정과 중요한 과정인 관측, 조정, 계산과정을 공부한다. 마지막으로 삼각점 성과표에 대해 학습한다.

학습목표

학습내용

목차보기

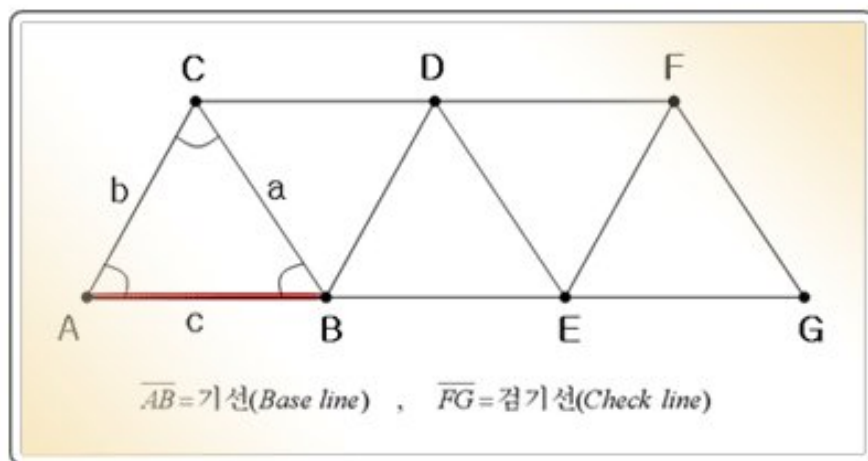
질문하기



8-1 삼각측량의 정의

정의

: 넓은 지역의 측량이나 높은 정밀도를 필요로 하는 기준점 측량 중 가장 기본적이고 중요한 측량 방법,
삼각형의 변과 각을 측정하여 삼각법이론에 의해 제 점들의 평면위치 구함,
기준점측량 / 골조측량 (control/skeleton survey)에 이용 → 삼각점



[8-1] 삼각 측량의 삼각망 및 삼각점

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \Rightarrow a = c \cdot \frac{\sin C}{\sin A}$$

$$b = c \cdot \frac{\sin C}{\sin B}$$

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의 →

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-1 삼각측량의 정의

삼각측량의 분류

- 측량 면적, 정확도에 따른 분류

• 측지삼각측량 (Geodetic Triangulation)

$$\epsilon = \frac{bc \cdot \sin A}{2R^2}$$

- 면적 20 km² 이상, 지구곡률고려 (구과량), 국토지리정보원 1,2 등

• 평면삼각측량 (Plane Triangulation) - 면적 20 km² 이내, 국토지리정보원 3,4 등

- 측량법상

• 기본삼각측량 - 국토지리정보원 1~4등 삼각측량 → 국토의 평면기준점

• 공공삼각측량 - 기본삼각측량성과 (삼각점) 좌표이용, 1~4등 이하 삼각측량
→ 각종 건설공사, 도시계획측량

- 등급별분류

- 1 등 삼각측량 : 평균변장 30km, 0.1" - 측지삼각측량
- 2 등 삼각측량 : 평균변장 10km, 0.1" - 측지삼각측량
- 3 등 삼각측량 : 평균변장 5km, 1" - 평면삼각측량
- 4 등 삼각측량 : 평균변장 2.5km, 1" - 평면삼각측량

학습목표

학습내용

- 8-1 삼각측량의 정의 →
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-2 삼각망의 종류

| 삼각형 모양에 따라

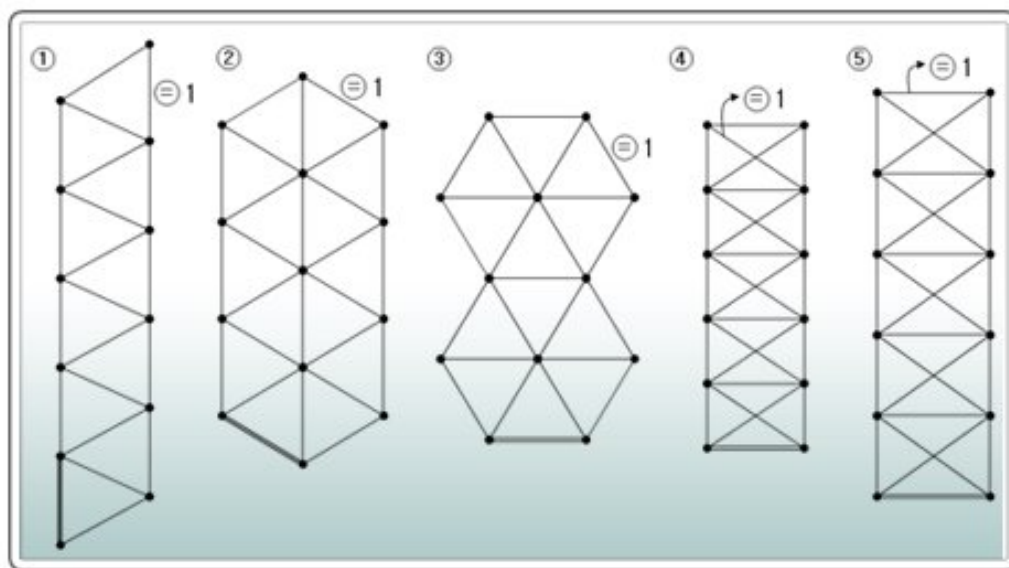
- 삼각쇄 (triangulation chain) : 단쇄, 복쇄
- 삼각망 (triangulation network)

| 삼각형 배열 상태에 따라

- 방산계 삼각망 → 광대한 지역에 균등한 기준점 배치 (도시계획측량)
- 격자계 삼각망 → 주요점 위치측정, 연안지측량, 도로/철도/수로측량

| 일반적인 종류 구분

- 단열삼각망 (single row triangles) - ①
- 육각형 (hexagon)/유심다각망 (central polygon) - ②, ③
- 사변형 (quadric laterals)/교차삼각형 (interlacing triangles) - ④, ⑤



[8-2] 삼각망의 종류

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류 →

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-2 삼각망의 종류

• 변장의 길이가 1일 경우의 파라미터 계산 결과

	삼각점수	포괄면적	포괄거리	변장합	조건식수	(R)의 $(D-C)/D$
①	12	4.33	5.50	21	10	0.64
②	13	6.06	4.00	26	20	0.50
③	12	5.19	3.46	23	16	0.53
④	12	2.50	3.54	21.3	20	0.47
⑤	12	5.00	5.00	30.14	20	0.47

• Strength of Figure

+ 함수요소

- 망 형성 삼각형의 기하학적 강도 (이상적인 경우는 등변삼각형)
- 각 또는 방향 관측을 하는 지점의 수 (자유도 증가) → 조건식 수 증가
- 각 조건, 변 조건의 수 (= ②)

$$R = \frac{D-C}{D} \sum (\delta_{A_i}^2 + \delta_{A_i} \delta_{B_i} + \delta_{B_i}^2)$$

- R : Strength of Figure
- D : 망내의 총 방향각수
- C : 총 조건식수

- + R은 관측정확도와 무관함 (조건식수, 관측식수, 도형의 기하학적 성질에 관계)
- + R값 작을 수록 기하학적인 강도가 커짐

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류 →

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-3 삼각측량의 실시과정

| 국가기준점 사용하는 경우

| 독립삼각측량 경우

(1) 계획과 준비

현지답사, 지형도,
항공사진, 삼각적성과표
→ 도상계획 → 도상선점(삼각점배치)

(2) 답사

삼각점, 기선 (Base Line), 검기선 (Check Line)

(3) 선점 (Construction of Target) : 측량 및 관측대를 세우는 작업

→ 삼각점 표석 (station Mark)을 매설 : post와 plate로 구성

(4) 삼각점 성과표의 및 좌표계산 → 기선산정 또는 기선측량 (Base Line Measurement) → 기선장선정 → 기선측정

(5) 각관측

- 수평각 관측방법 : 단측법, 반복법 (배각법), 방향관측법 등
- 중심표정이 안되는 경우 → 편위관측 및 편위수정 (Eccentric Reduction)

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정 →

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

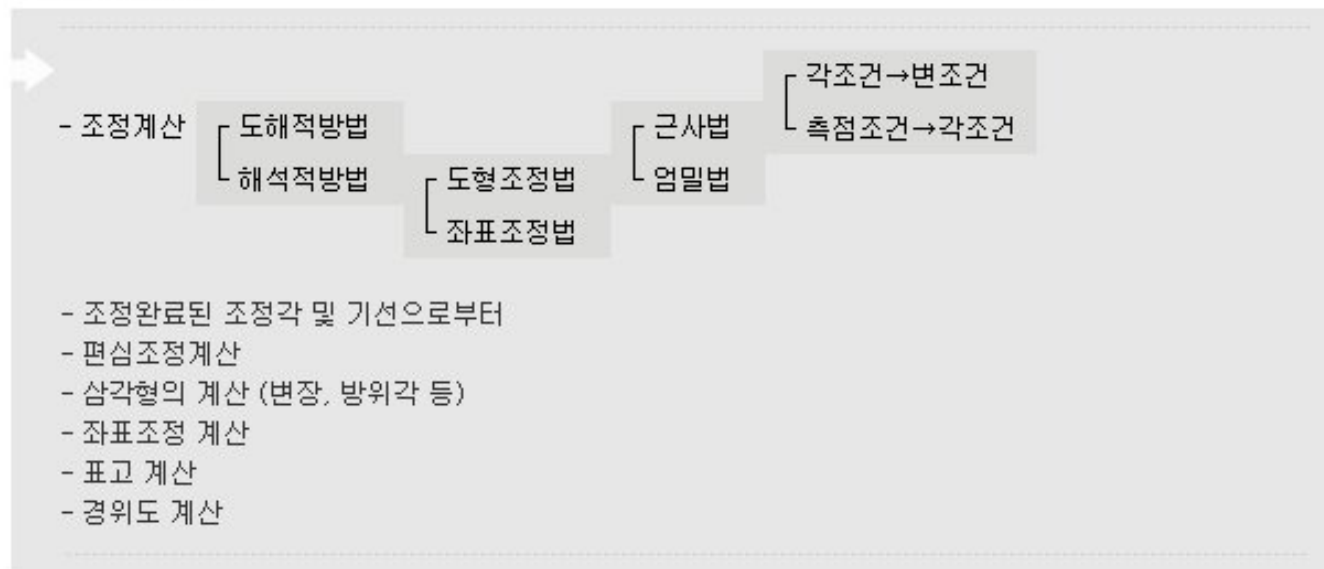
8-7 삼각점 성과표

목차보기

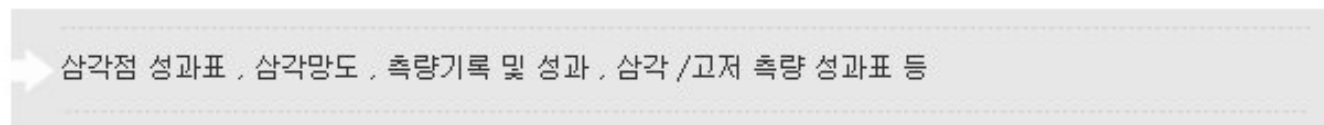
질문하기

8-3 삼각측량의 실시과정

(6) 계산 및 조정



(7) 결과의 정리



학습목표

학습내용

- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정 →
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-4 각관측

| 각측정기구

: 삼각측량에서는 정밀한 측각이 요구되므로 측미경이 부착된 정밀 디오달라이트를 사용, 최근 정밀도가 높고 측각이 쉬운 전자 디오달라이트의 사용이 보편화
1,2 등 삼각 측량과 같은 고정밀도 삼각측량에서는 0.2 ~ 1' 이상, 3,4 등 삼각 측량에서는 1 ~ 2' 정도의 정밀 디오달라이트 사용

| 각 측정법

: 삼각 측량에서는 방향관측법이나 각관측법을 주로 사용
정밀한 측각을 위해서 측각 시간을 고려, 공기의 굴절이 없으며 대기가 가장 안정한 야간이 이상적

- - 정밀도 유지를 위한 주의 사항
- ① 디오달라이트 또는 측표의 중심을 삼각점의 중심과 정확히 연직선 위에 있도록 함.
 - ② 시표는 디오달라이트의 십자 중선으로 정확히 2등분될 수 있어야 한다.
 - ③ 기계는 햇빛이나 진동이 없는 곳에 설치함
 - ④ 고정밀 삼각측량에서는 콘크리트 등으로 제작된 받침대 위에 기계를 설치.

학습목표

학습내용

- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측 →
- 8-5 관측각의 조정
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표

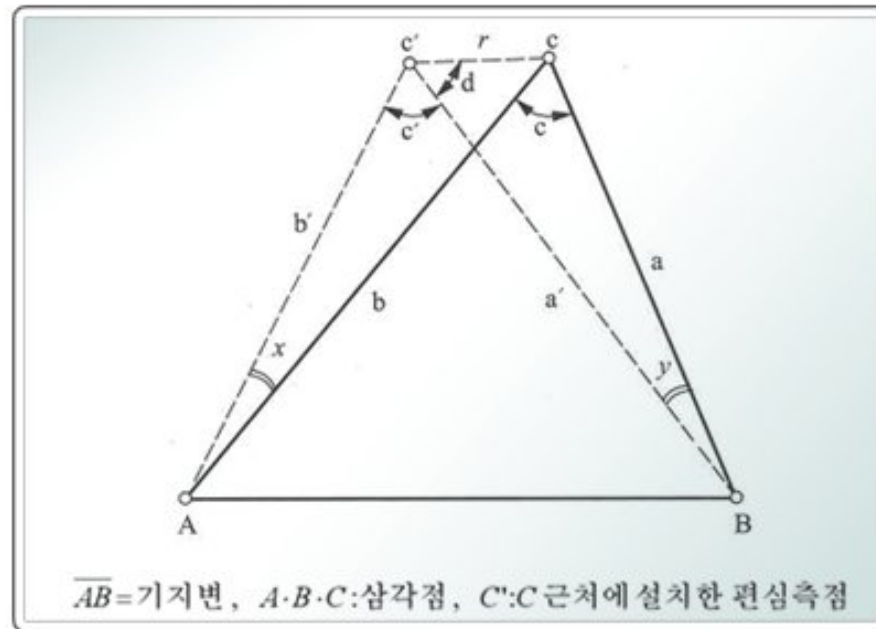
목차보기

질문하기

8-4 각관측

편심관측

: 높은 건물의 꼭대기, 높은 굴뚝의 피뢰침 등을 삼각점으로 택한 경우 기계를 세울 수 없거나 시준이 불가능하기 때문에 삼각점에서 조금 떨어진 곳에 기계를 세우고 관측하는 방법



[8-3] 편심관측

변의 길이 a, b 는 A와 B에서 관측한 각과 AB의 길이에 의하여 계산하고 각 c' 와 d , 길이 r 를 실측하여 c 를 구함. 얻어진 c' 의 단위는 '라디안'이다.

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-4 각관측

편심관측

: 높은 건물의 꼭대기, 높은 굴뚝의 피뢰침 등을 삼각점으로 택한 경우 기계를 세울 수 없거나 시준이 불가능하기 때문에 삼각점에서 조금 떨어진 곳에 기계를 세우고 관측하는 방법

$$c + y = c' + x$$

$$\therefore c = c' + (x - y)$$

sine 법칙적용

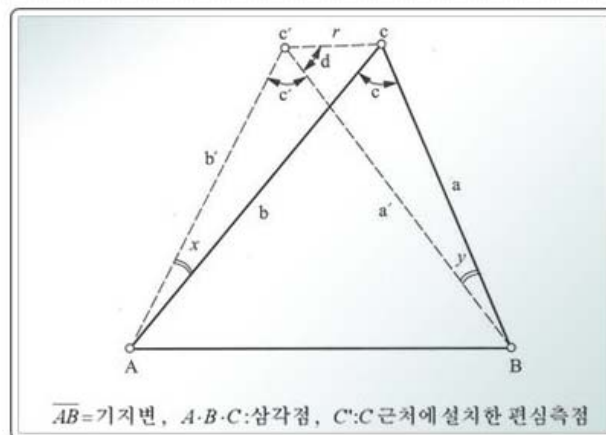
$$\sin x = \frac{r \sin(c' + d)}{b}, \quad \sin y = \frac{r \sin d}{a}$$

x, y 는 미소각이므로

$$\sin x \approx x, \quad \sin y \approx y$$

$$x = \frac{r \sin(c' + d)}{b}, \quad y = \frac{r \sin d}{a}$$

$$\therefore c = c' + r \left\{ \frac{\sin(c' + d)}{b} - \frac{\sin d}{a} \right\}$$



학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-5 관측각의 조정

| 조정의 필요성

:측정된 각에는 언제나 오차가 포함되어 있으므로 계산에 앞서 반드시 조정되어야 함

| 조정에 필요한 조건

① 측점조건(station conditions)

어느 한 측점 주위에 형성된 모든 각의 합은 반드시 360° 이어야 한다

② 각조건(angle conditions)

다각형(삼각형 포함)의 내각의 합은 $180^\circ(n-2)$ 이어야 한다

③ 변조건(side conditions)

한 개 이상의 독립된 다른 경로에 따라 계산된 삼각형의 어느 한 변의 길이는 그 계산 경로에 관계없이 항상 일정하여야 한다.

④ 측척과 위치조건

어느 기지점의 좌표가 다른 기지점의 좌표로부터 순차적으로 계산되었을 때 계산에 의하여 얻어진 좌표는 주어진 좌표와 같아야 한다.

⑤ 어느 기지변의 방위각은 다른 기지변의 방위각으로부터 순차적으로 계산되었을 때 계산에 의하여 얻어진 방위각은 주어진 기지변의 방위각과 같아야 한다

위에서 말한 ①, ②, ③, ④, ⑤ 조건을 각각 측점방정식, 다각방정식, 변방정식, 좌표조건식, 방위각조건식이라 하고, ①, ② 방정식을 총칭하여 각방정식이라 한다.
단순한 각조정의 경우 ① ~ ③의 조건만 만족하면 되지만 각조정과 동시에 좌표의 조정까지 하고자 할 경우, 즉 고정요소(제약조건)가 존재하고 이를 조정의 조건으로하는 고정망조정의 경우 ④, ⑤의 두가지 조건이 추가로 필요

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정 →

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-5 관측각의 조정

| 조건식의 수

S: 삼각망에 포함된 변의 총 수

S': 변의 한 쪽 끝에서만 측각이 이루어진 변의 수

P: 삼각점의 총 수

P': 측각이 이루어지지 않은 삼각점의 수

C_P: 측점 주위의 모든 각이 측정된 측점 (중심점)의 수.

(1) 각 방정식의 수

$$N_A = (S - S') - (P - P') + C_P + 1$$

[표 1] 삼각점과 변의 수에 따른 각조건식의 수

각조건식 수	1	2	3	4	...
필요변 수	3	5(+2)	7(+2)	9(+2)	...
필요삼각점 수	3	4(+1)	5(+1)	6(+1)	...

※ 삼각형을 폐합시키는 경우이므로 S' = P' = 0

(2) 변 방정식의 수

$$N_B = S - 2P + 2 + B$$

- 기선 (B)이 2개 이상일 경우 1개씩 조건식 수 증가

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정 →

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

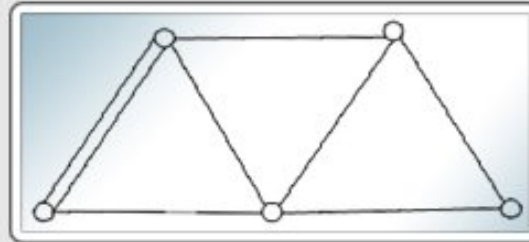
질문하기

8-5 관측각의 조정

(3) 조건식의 총 수

$$N_T = 2S - S' - 3P + P' + C_P + 4$$

EXAMPLE



[8-4] 조건식 계산 예

$$P = 5, B = 1$$

$$\text{삼각점 총수} : 5 = P$$

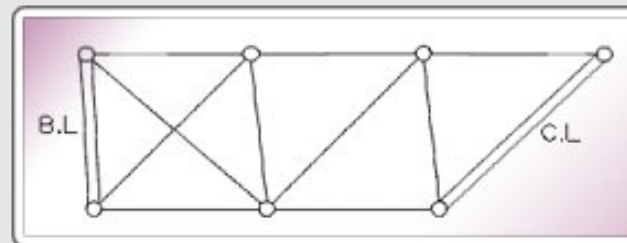
$$\text{미지삼각점수} : 3 = P - 2$$

$$\text{필요 각수} : 6 = 2(P - 2)$$

(4) 측점조건식의 수

$$N_{STA} = N_T - (N_A + N_B)$$

EXAMPLE



[8-5] 측점조건식 계산 예 (1)

$$N_T = 17 - 14 + 3 + 2 = 8$$

$$N_A = 12 - 7 + 1 = 6$$

$$N_B = 12 - 14 + 2 + 2 = 2$$

$$N_{STA} = 0$$

학습목표

학습내용

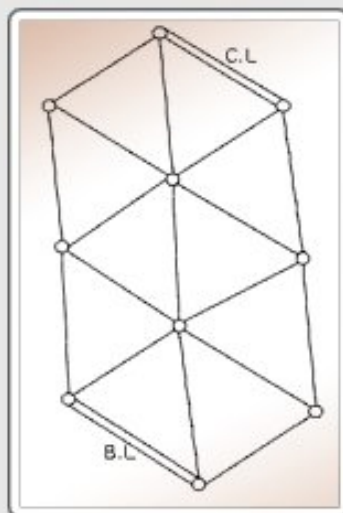
- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정 →
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-5 관측각의 조정

EXAMPLE



$$N_T = 15$$

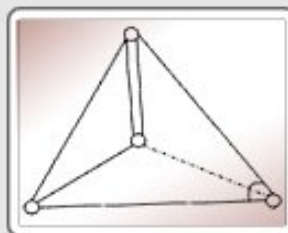
$$N_A = 10$$

$$N_B = 3$$

$$N_{STA} = 2$$

[8-6] 측점조건식 계산 예 (2)

EXAMPLE



$$N_T = 4$$

$$N_A = 2$$

$$N_B = 1$$

$$N_{STA} = 1$$

[8-7] 측점조건식 계산 예 (3)

학습목표

학습내용

8-1 삼각측량의 정의

8-2 삼각망의 종류

8-3 삼각측량의 실시과정

8-4 각관측

8-5 관측각의 조정

8-6 삼각측량의 계산

8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-5 관측각의 조정

| 조정 방법

- 엄밀조정법

: 각 조건과 변 조건을 동시에 고려 → 최소 제곱법 이용
계산이 복잡하고 많은 노력필요
1,2등 삼각 측량과 같이 고정밀 삼각 측량의 조정에 사용
맨 처음 측정된 삼측각 이용

- 간이조정법

: 기하학적 조건들을 순서에 따라 독립적으로 택하여 계산
일차적으로 조정된 각은 다른 조건들을 조정하는데 사용
조정 순서에 따라 결과가 달라질 수 있으므로 반드시 앞 단계에서 조정된 각을 사용하여 다음 단계의 조정을 실시
모든 측정이 같은 중량으로 이루어 졌다고 가정하여 조정량을 모든 각에 등분배
4등 삼각 측량 이하의 저등급 삼각 측량의 조정에 이용

학습목표

학습내용

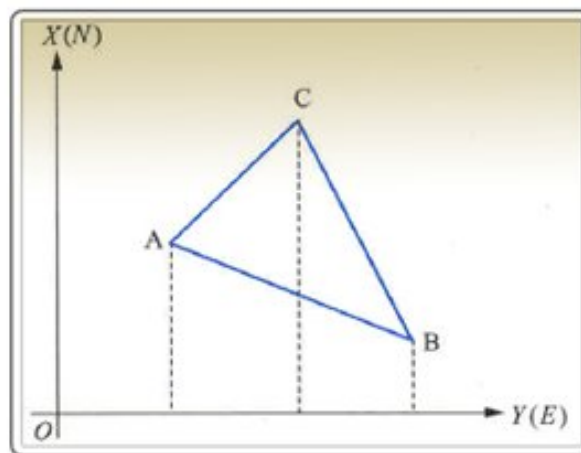
- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정 →
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-6 삼각측량의 계산

- 삼각형의 변장계산** : 삼각망을 형성하고 있는 모든 삼각형의 각 변의 길이를 구함
어느 한 기지변을 출발변으로 하여 sine 법칙에 의하여 계산
- 방위각의 계산** : 한변의 방위각을 알고 있으면 삼각형의 각 각에 의하여 각변의 방위각을 구함
역방위각은 방위각에 180° 를 더해 줌.
역방위각이 360° 보다 클 경우 360° 를 빼줌
- 좌표 계산**



[8-8] 삼각형의 좌표 계산

$$x_C = x_A + \overline{AC} \cos(AC)$$

$$y_C = y_A + \overline{AC} \sin(AC)$$

A점의 좌표를 알고 C점의 좌표를 구하는 식
- 실제 계산에서는 두 가지의 계산을 한 후 평균을 취하는 동시에 계산 결과 검사

$$x_C = x_B + \overline{BC} \cos(BC)$$

$$y_C = y_B + \overline{BC} \sin(BC)$$

B점의 좌표를 알고 C점의 좌표를 구하는 식
- 실제 계산에서는 두 가지의 계산을 한 후 평균을 취하는 동시에 계산 결과 검사

학습목표

학습내용

- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정
- 8-6 삼각측량의 계산 →
- 8-7 삼각점 성과표

목차보기

질문하기

8-7 삼각점 성과표

| 삼각점 성과표

: 삼각 측량의 최종 결과를 정리해 놓은 것

- ▶ 우리 나라의 경우 1등, 2등, 3등, 4등 삼각점이 측지학적 삼각 측량에 의해 이루어졌으며 삼각점 성과표라 함은 주로 이들에 대한 성과표를 말함
- 삼각 측량 결과에서 매우 중요한 최종 성과만을 정리하여 표 형태로 기록, 보관한 것
- 삼각망도 및 관측기록철과 더불어 중요한 자료
- 삼각형 성과표를 사용하면 시간과 경비를 절감할 수 있음
- 최근 기존의 모든 국가 삼각점들에 대하여 정밀 전자파 거리측정기에 의해 재관측이 이루어져 삼변측량방법으로 재계산되고 있으며, 현재 삼각점 성과표 대신 사용하고 있는 기준점 성과표라 함은 이들 결과에 의한 것
- 건설교통부 국토지리정보원에서 삼각 및 수준 측량 성과표 보관 및 관리



학습목표

학습내용

- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표 →

목차보기

질문하기

8-7 삼각점 성과표

| 기준점 성과표 기록 사항

- (1) 삼각점의 등급 및 점의 종류, 부호 및 명칭
- (2) 경도, 위도
 - 측지학적 경위도, 위도는 B, 경도는 L로 표시
- (3) 평면직각좌표
 - 자오선 방향의 좌표를 X, 이에 직각인 방향으로의 좌표를 Y로 표시, 평면상의 값
 - 동부, 중부, 서부 3개의 원점,
 - 원점에서 동서 방향으로 멀어짐에 따라 현장에서 실측한 값보다 더 커짐,
- (4) 삼각점의 표고
 - 중요한 몇 개의 점에 대하여 1등 또는 2등 수준점으로부터 표고를 구함,
 - 대부분의 삼각점은 연직각과 삼각형의 변장을 사용하여 표고를 구함,
- (5) 방향각
 - 평면 직각 좌표계의 원점을 통과하는 자오선 또는 이에 평행한 방향을 기준으로 하여 삼각점의 방향을 시계 방향으로 잴 각,
- (6) 진북 방향각
 - 삼각점을 통과하는 자오선과 그 삼각점을 통과하고 직각 좌표의 원점을 통과하는 자오선과 평행한 자오선과 만들어지는 각을 진북 방향각 또는 자오선수차라 함,



학습목표

학습내용

- 8-1 삼각측량의 정의
- 8-2 삼각망의 종류
- 8-3 삼각측량의 실시과정
- 8-4 각관측
- 8-5 관측각의 조정
- 8-6 삼각측량의 계산
- 8-7 삼각점 성과표 →

목차보기

질문하기