

• 학습 목표

측량의 기본 목적은 지구 위에 있는 모든 점들의 위치를 결정하는 것이며 이와 같이 어떤 점의 기하학적 위치를 결정하기 위해서는 각과 거리가 필요하게 된다. 각은 두 축선의 방향의 차에 의하여 정의되며 각을 재는 기준면이 수평면인가 연직면인가에 따라 수평각과 연직각으로 구분된다.

이 장에서는 측량의 목적인 위치를 결정하기 위해 필수적으로 측정해야 하는 각을 얻는 방법과 활용법에 대해 학습하게 된다.



▶ 학습목표

▶ 학습내용

▶ 목차보기

▶ 질문하기



6-1 각의 측정단위

각의 측정단위

평면각의 측정은 원의 원주(圓周)위에 표시된 눈금에 의해 이루어짐

각 측정 단위 : 도 (degree), 그레이드 (grade), 라디안 (radian), 밀 (mil)

- **도 (degree)** : 원주를 360눈금으로 등분할 때 눈금 하나가 만드는 중심각을 1도라 함
대부분의 측량 현장에서 사용하는 단위
- **그레이드 (grade)** : 100 진법을 사용하는 것으로 원주를 400등분
눈금 하나가 만드는 중심각을 1 그레이드 (grade) 또는 곤 (gon)이라 함
- **라디안 (radian)** : 원의 반지름과 같은 길이의 원호가 만드는 원의 중심각
수학적인 계산에 주로 사용됨
- **밀 (mil)** : 원의 둘레를 6400눈금으로 등분하여 눈금 하나가 만드는 각
군사적인 작전, 특히 포병에서 많이 사용되는 단위

[표1] 각 측정단위의 상호관계

구분	도 (deg)	그레이드 (grade)	밀 (mils)	라디안 (rads)
1 도	1	1,11111	17,7778	0,017453
1 그레이드	0,9	1	16,0	0,015708
1 밀	0,05625	0,06250	1	0,00098175
1 라디안	57,29578	63,66198	1018,59164	1



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위 →

6-2 각 측정 기기

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

질문하기

6-2 각측정기

| 각측정 기기

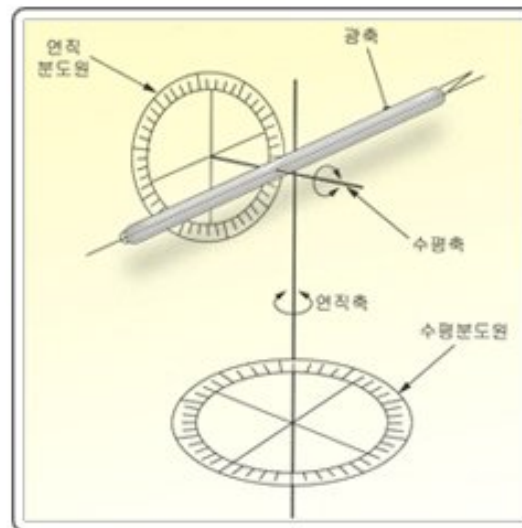
각을 측정하는 기기인 모든 측각기는 다음과 같은 5가지의 기본요소를 가지고 있음

- (1) 시준선
- (2) 시준선이 자전할 수 있는 수평축
- (3) 시준선이 회전할 수 있는 연직축
- (4) 연직각을 측정할 수 있는 연직 분도원
- (5) 수평각을 측정할 수 있는 수평 분도원

측각기가 완전하게 조정된 상태라 하면 다음과 같은 3가지 조건이 성립함

- (1) 시준선은 수평축과 나란하고 연직축과는 서로 직각을 이룬다.
- (2) 수평축은 연직 분도원과 직각이다.
- (3) 연직축은 수평 분도원과 직각이다.

각을 측정하는 기기인 측각기 종류 : 베니어형 트랜싯 (transit), 디오달라이트 (theodolite)



[6-1] 측각기의 기본 요소



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정기기 →

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

질문하기

6-2 각측정기기

[표2] 트랜싯과 디오달라이트 차이점

구분	트랜싯	디오달라이트
주사용처	미국	영국
정준 나사	4 개	3 개
분도원	얇은 금속판	유리판
구심	추	광학장치
망원경	길다	짧다
컴퍼스	있음	없음

- 트랜싯 또는 디오달라이트는 수평각과 연직각을 측정할 수 있음
- 직선을 연장하거나 수준측량 및 간접 거리측량 등 그 활용도가 매우 높음
- 최신의 디오달라이트는 전자파 거리측정기와 일체식으로 혼합하여 사용함으로써 각종 측량에 매우 효과적으로 이용이 가능



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정기기 →

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

질문하기

6-3 디오달라이트

배경

- 각을 정밀하게 측정할 때나 현장에 측설할 경우에는 많은 수의 반복측정 필요성으로 인해 더욱 정밀하고 신속하게 각을 읽을 수 있는 기계를 제작한 것이 디오달라이트임
- 현대에 들어와서 전자공학의 발전은 디오달라이트에서도 필연적인 변화를 가져옴

종류

- 측정된 각이 액정화면에 수치적으로 직접 표시되는 전자 디오달라이트
- 각과 거리를 동시에 측정할 수 있는 토탈스테이션

디오달라이트 특징

- ① 간편한 일체형으로 되어 있으며 가볍고 크기가 작다.
- ② 망원경은 길이가 짧고 구경이 큰 대물 렌즈를 가졌으며 상대적으로 매우 짧은 거리에서도 초준이 가능하며 명확한 상을 볼 수 있다.
- ③ 3개의 정준 나사가 있다.
- ④ 구심은 광학적 구심장치에 의한다.
- ⑤ 분도원의 눈금은 부식 인쇄법을 사용하여 유리판에 인쇄되었다.
- ⑥ 분도원 및 각종 광학 장치들은 방수 및 방진 구조물로 되었다.
- ⑦ 일반적으로 한 개의 원형 기포관과 관형 기포관이 있으며 정준 작업은 이들에 의하여 이루어진다.
- ⑧ 모든 읽음을 망원경의 대안 렌즈 근처에 움직이지 않고 한 번에 읽을 수 있다.
- ⑨ 트리브랙 (tribrach)이라는 정준장치가 있어 디오달라이트의 수평과 중심을 건드리지 않고 디오달라이트의 머리 부분을 이로부터 쉽게 분리 할 수 있다.
- ⑩ 여러 종류의 부수 장치들을 장착할 수 있어 측량의 효율성과 정밀성을 높일 수 있다.
- ⑪ 야간 작업이 가능하도록 십자선, 분도원, 기포관 등에 조명 장치가 설치되었다.
- ⑫ 토탈스테이션과 같이 EDM과 일체형으로의 사용이 가능하다.



학습목표

학습내용

- 6-1 각의 측정단위
- 6-2 각측정기기
- 6-3 디오달라이트 →
- 6-4 각의 측정법
- 6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차
- 6-6 기계적 오차의 제거방법

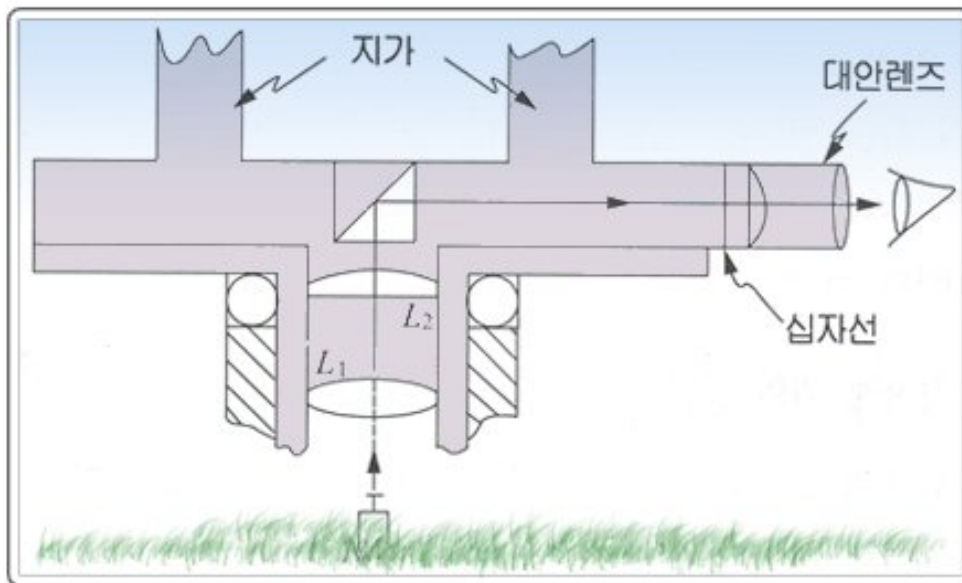
목차보기

질문하기

6-3 디오달라이트



자세히보기 - 광학적 구심장치의 원리



[6-3] 광학적 구심장치의 원리



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정 기기

6-3 디오달라이트 →

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

질문하기

6-3 디오달라이트

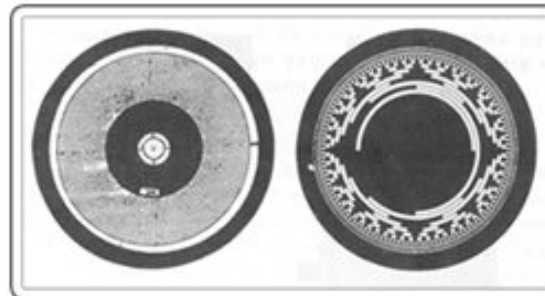
전자식 디오달라이트

- 각 측정이 전자식으로 이루어진 디오달라이트를 전자식 디오달라이트 (electronic digital theodolites)라 함
- 수평각과 연직각을 액정화면에 수치적으로 직접 나타냄



[6-4] Electronic Digital Theodolite, SOKKIA DT6

- 각 읽음 장치는 광전자부품으로 구성된 주사방식 (scanning system)을 사용
- 주사 방식으로는 보통 2진 코드 (binary code)방식과 증분방법 (incremental method) 등이 사용됨



[6-5] 증분디스크와 2진 코드디스크



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정기기

6-3 디오달라이트 →

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

질문하기

6-3 디오달라이트

토달스테이션

- 전자식 디오달라이트가 갖고 있는 측각기능과 EDM이 갖고 있는 거리 측정기능을 동시에 가지고 있음 .
- 컴퓨터 시스템과 간단한 소프트웨어가 내장되어 있음
- 각과 거리가 측정되는 즉시 측점에 대한 좌표계산 수행
- 입력자료를 포함한 모든 자료가 별도의 저장장치에 보관되어 주 컴퓨터에 의한 추가적인 계산에 활용 가능
- 공사측량과 같이 비교적 정밀하고 복잡하며 신속한 측량 등에 많이 활용됨



[6-6] SOKKIA Powerset 토달 스테이션 , SDR33 전자야장



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정 기기

6-3 디오달라이트 →

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

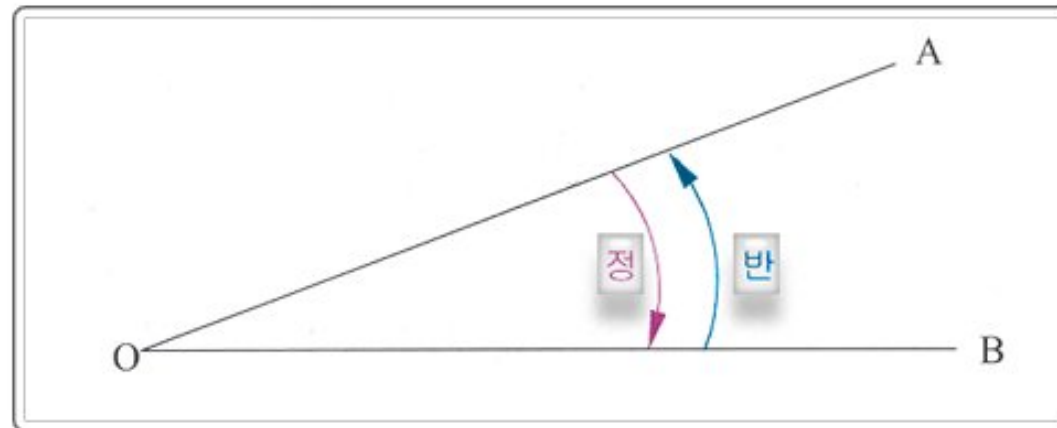
목차보기

질문하기

6-4 각의 측정법

단측법 (method of single measurement)

- ① $\angle AOB$ 를 측정하자면 기계를 먼저 O에 세우고 구심과 정준 작업을 정확하게 한다.
- ② 상부 고정 나사를 잠그고 하부 운동으로 왼쪽의 A점을 먼저 시준한다.
- ③ 망원경 안에 A점이 보이면 하부 고정 나사와 연직 고정 나사를 잠근다.
- ④ 하부 미동 나사로 십자 중선을, 연직 미동 나사로 십자 횡선을 각각 A점에 맞추어 십자선의 교점이 정확하게 A점을 시준했을 때 수평 분도원의 각을 읽는다. (초독 : initial reading)
- ⑤ 상부고정 나사를 풀고 상부 운동으로 망원경을 B에 향하게 한 후 앞에서 한 것과 같은 방법으로 정확하게 B점을 시준하고 이때의 각을 읽는다. (종독 : final reading)
- ⑥ 종독에서 초독을 뺀 값이 $\angle AOB$ 가 된다.



[6-7] 단측법



학습목표

학습내용

- 6-1 각의 측정단위
- 6-2 각측정 기기
- 6-3 디오달라이트
- 6-4 각의 측정법 →
- 6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차
- 6-6 기계적 오차의 제거방법

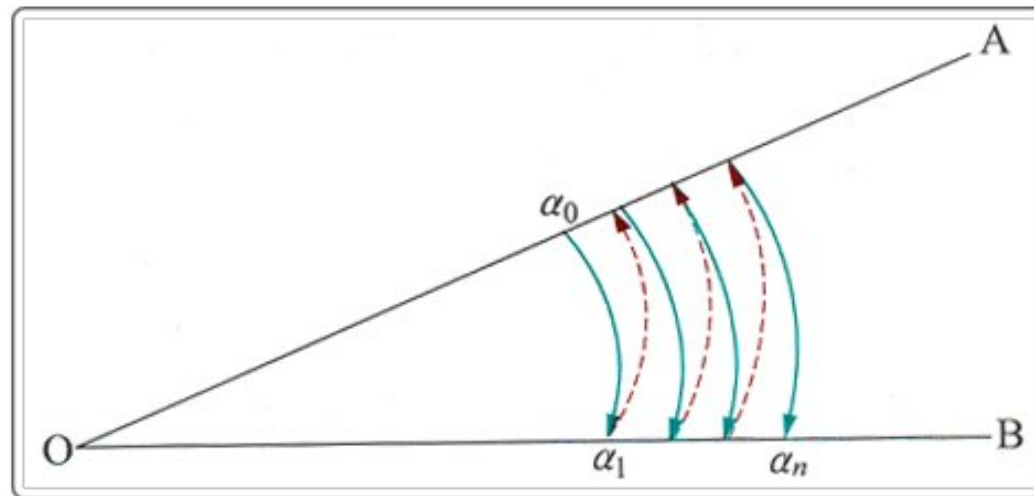
목차보기

질문하기

6-4 각의 측정법

반복법 (repeating method)

- ① 상부를 고정하고 하부 운동으로 A점을 시준하여 읽은 각을 a_0 라 하고 초독이라 한다.
- ② 하부를 고정하고 상부 운동으로 B점을 시준하고 읽은 각을 a_1 라 하고 종독이라 한다.
- ③ a_1 의 각을 가진 상태로 상부가 고정된 상태로 하부를 풀어 다시 A점을 시준한다.
- ④ 하부를 고정하고 상부 운동으로 B점을 시준해서 a_2 를 얻는다.
- ⑤ 이와 같이하여 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 을 얻으면 $\angle AOB = \frac{a_n - a_0}{n}$ 가 된다.



[6-8] 반복법



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정기

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법 →

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

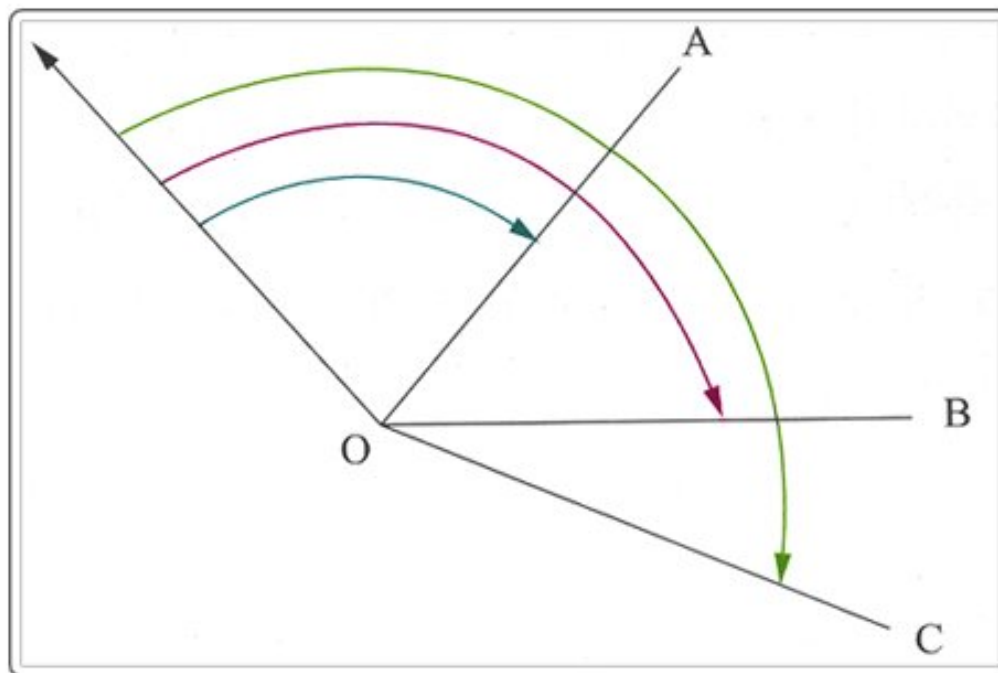
목차보기

질문하기

6-4 각의 측정법

방향 관측법 (method of direction)

한 측정 주위에 여러 개의 각이 있을 때 망원경의 상부 운동에 의하여 시계 방향의 순서에 따라 A,B,C...의 각 점을 시준하여 그때마다 각 측정의 각을 기록하고 그들의 차에 의하여 각 각(角)의 크기를 측정하는 방법



[6-9] 방향 관측법



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정 기기

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법 →

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

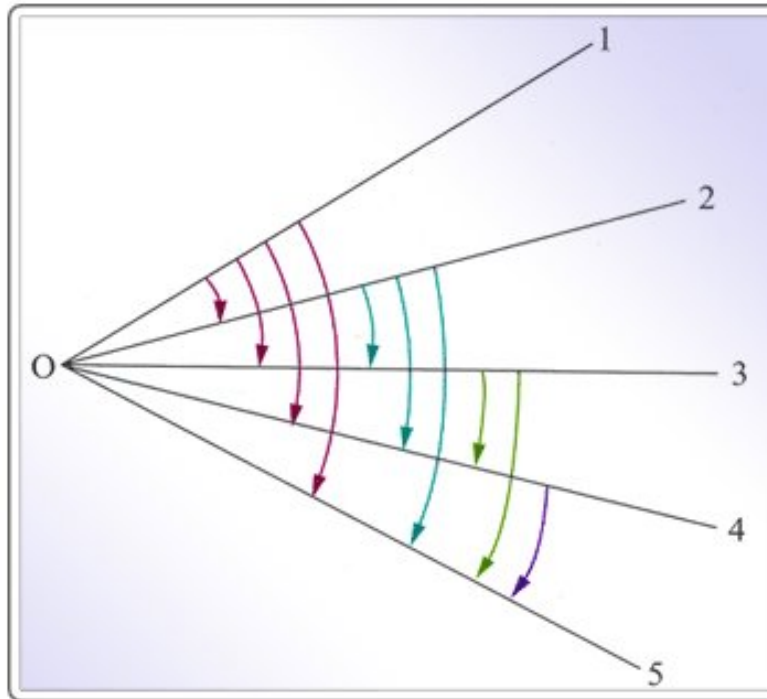
목차보기

질문하기

6-4 각의 측정법

| 각 관측법 (angle measurement in all combination)

→ 측정해야 할 방향이 여러 개 있을 때 각 방향의 측선들이 서로 만들 수 있는 각 모두를 각각 단측법으로 측정하고 각 상호간의 기하학적 조건을 서로 만족시키면서 최소 제곱법에 의하여 각 각의 최확값을 구하는 방법



[6-10] 각 관측법



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정 기기

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법 →

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

질문하기

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

기계오차

- ① 기계 구조상의 결함에 의하여 발생하는 오차 (조정이 불가능한 것)
- ② 불완전한 조정에 의하여 발생하는 오차

조작 부주의로 일어나는 오차

- ① 기계를 세울 때 편심에 의한 것 (구심오차)
- ② 평반이 정확하게 수평이 아니므로 발생한 오차
- ③ 삼각의 불안전고 삼각 고정 나사가 풀어져서 생기는 것

각 측정시 눈금을 읽을 때의 오차

시준오차

- ① 십자선의 중심이 시준표와 정확히 일치하지 않기 때문에 생기는 오차
- ② 시준표나 포울을 세울 때 연직으로 세우지 못해서 생기는 오차

자연현상에 의한 오차

바람, 햇빛, 온도 변화, 햇빛의 굴절에 의한 오차

착오

측각 중 나사 취급의 착오, 오독, 오기 등



학습목표

학습내용

- 6-1 각의 측정단위
- 6-2 각측정기기
- 6-3 디오달라이트
- 6-4 각의 측정법
- 6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차 →
- 6-6 기계적 오차의 제거방법

목차보기

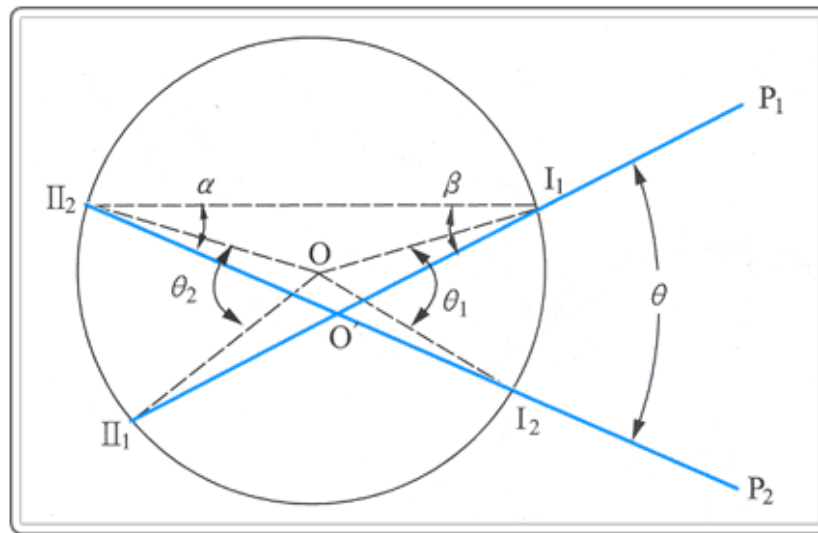
질문하기

6-6 각을 측정할 때 발생하는 오차

| 회전축의 편심으로 인하여 생긴 오차

- 분도원의 편심오차
- 분도원의 중심과 기계의 회전축은 일치해야 함

$$\alpha = \frac{\theta_1}{2}, \quad \beta = \frac{\theta_2}{2}, \quad \theta = \alpha + \beta = \frac{1}{2} (\theta_1 + \theta_2)$$



| 연직축 오차에 의한 오차

- 제 1조정이 불완전했을 때나 기계 제작상의 결함에 의해 생김



학습목표

학습내용

- 6-1 각의 측정단위
- 6-2 각측정기기
- 6-3 디오달라이트
- 6-4 각의 측정법
- 6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차
- 6-6 기계적 오차의 제거방법 →

목차보기

질문하기

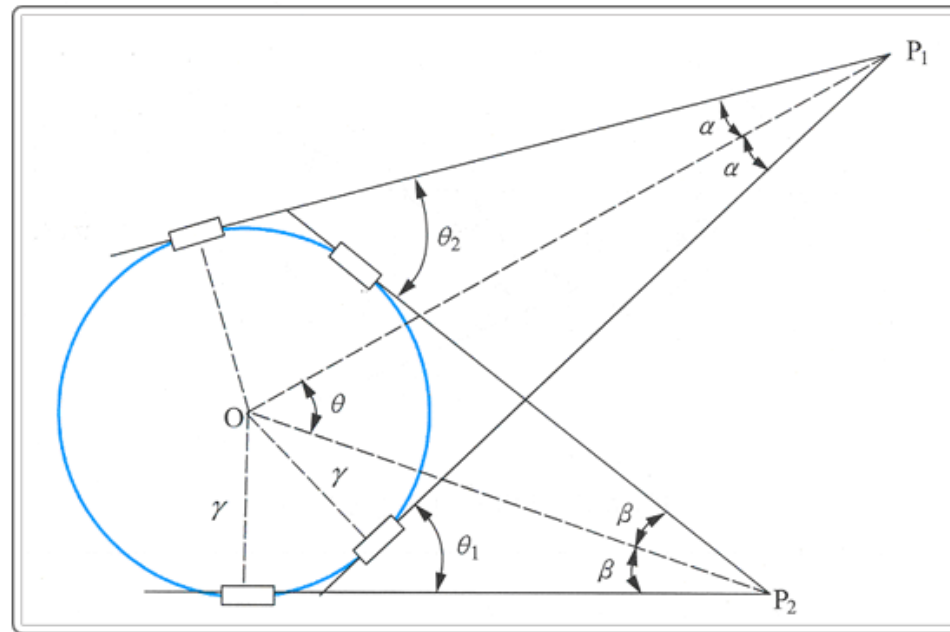
6-6 각을 측정할 때 발생하는 오차

시준축의 편심으로 인해서 일어나는 오차

- 망원경이 수평축의 주위로 회전해서 시준선이 만드는 평면은 수평 분도원의 중심을 통과해야 함

$$\left. \begin{aligned} \alpha + \theta &= \theta_1 + \beta \\ \beta + \theta &= \theta_2 + \alpha \end{aligned} \right\} 2\theta = \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta = \frac{1}{2}(\theta_1 + \theta_2)$$



학습목표

학습내용

- 6-1 각의 측정단위
- 6-2 각측정기기
- 6-3 디오달라이트
- 6-4 각의 측정법
- 6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차
- 6-6 기계적 오차의 제거방법 →

목차보기

질문하기

6-6 각을 측정할 때 발생하는 오차

시준축 오차에 의한 오차

- 제 2조정이 불완전해서 시준축이 수평축에 직교하지 않을 때 수평각에 미치는 영향

$$\epsilon = PQ = XD' = ZZ', DP = h, PZ = 90^\circ - h \text{ 이다.}$$

구면삼각형 ZPQ 와 ZDX 는 서로 닮은꼴이므로

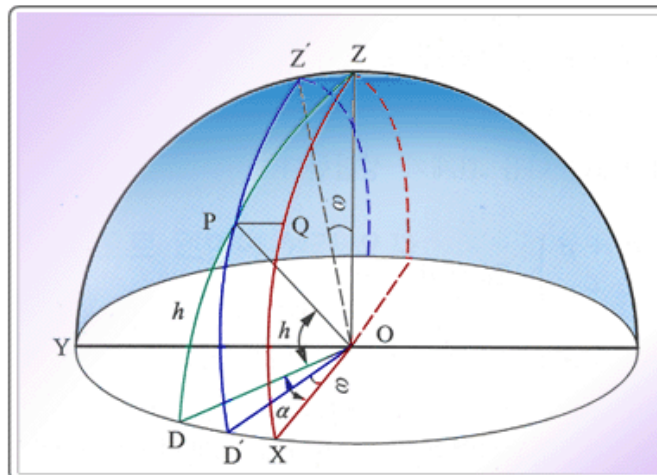
$$\frac{DX}{ZD} = \frac{PQ}{ZP}, \quad \frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin \epsilon}{\sin (90^\circ - h)}$$

$$\sin \alpha = \sin \epsilon \cdot \sec h$$

한편 α, ϵ 는 매우 작은 각이므로 $\sin \alpha \approx \alpha, \sin \epsilon \approx \epsilon$

$$\alpha = \epsilon \cdot \sec h$$

따라서, 수평면에는 $DD' = C = \alpha - \epsilon = \epsilon (\sec h - 1)$ 의 오차가 생긴다.



학습목표

학습내용

6-1 각의 측정단위

6-2 각측정기기

6-3 디오달라이트

6-4 각의 측정법

6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차

6-6 기계적 오차의 제거방법 →

목차보기

질문하기

6-6 각을 측정할 때 발생하는 오차

| 수준축 오차에 의한 오차

- 제 3조정이 불완전해서 수평축이 연직축에 직교하지 않는 경우의 오차

$\sin b = \tan \eta \tan h$, 한편 b 및 η 는 매우 작으므로

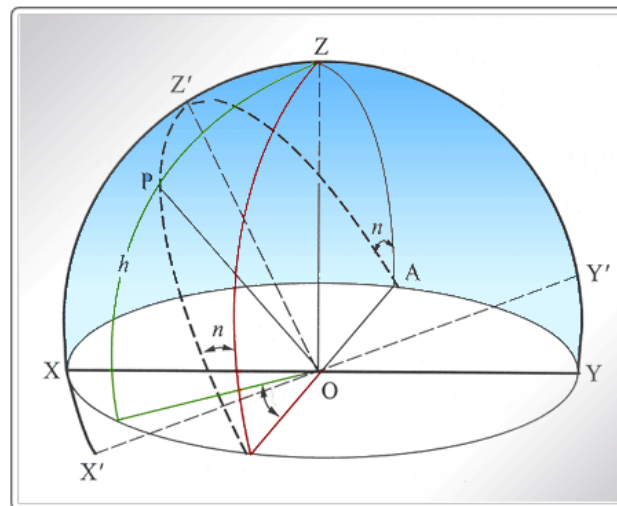
$\sin b \approx b$, $\tan \eta \approx \eta$ 라 할 수 있다.

$$b = \eta \tan h$$

수평각은 두 방향의 오차이므로 결국 수평각에 미치는 영향은

$$b_1 - b_2 = \eta (\tan h_1 - \tan h_2) \text{ 이므로}$$

두 시준점의 표고가 같을 경우에는 그 수평각의 수평축 오차에 의한 오차는 없고 또 망원경을 정 반위 두 위치에서 관측하면 그 오차의 부호가 서로 상반되므로 이 오차를 없앨 수가 있다.



학습목표

학습내용

- 6-1 각의 측정단위
- 6-2 각 측정기기
- 6-3 디오달라이트
- 6-4 각의 측정법
- 6-5 각을 측정할 때 발생하는 오차
- 6-6 기계적 오차의 제거방법 →

목차보기

질문하기