

..... • 학습 목표

일정한 토지를 둘러싼 경계선의 면적은 지적측량과 같이 소유권을 표시하는데 필요한 토지의 크기를 제공하거나 저수지의 저수용량의 계산, 토목공사에 필요한 토공량의 계산 등에 사용한다. 토지측량에서의 토지의 면적은 지표면의 면적을 일정한 기준면 위에 정사투영한 면적을 말하며 단순한 표면적과는 다르다. 토지의 면적을 구할 때 토지의 경계선이 트래버스 선과 일치하면 이 경계선을 따라 트래버스 망을 구성하며 경계선이 불규칙한 곡선으로 되어 있거나 직접측량이 불가능할 때는 적절한 각과 측선을 사용하여 트래버스를 형성한다. 직선으로 형성된 경계선들의 거리와 각은 직접 측정 또는 계산에 의하여 구할 수 있으나 불규칙한 경계선으로 형성된 토지의 면적은 적절한 간격의 지거(offset)를 사용하여 트래버스를 형성하고 동시에 원형 경계선의 반경과 중심각을 측정하여 면적을 구한다.

이 장에서는 면적을 측정하는 두 가지 방법인 현장측정에 의한 직접측정과 지도상에서 계산하는 간접측장 방법에 대해 학습한다. 직접측정 방법에는 ① 삼각형, 사각형, 사다리꼴 등으로 구분하는 방법, ② 지거에 의한 방법, ③ 좌표에 의한 방법, ④ 배월거에 의한 방법 등이 있으며 간접측정 방법에는 ① 방안에 의한 방법, ② 좌표 독취기에 의한 방법, ③ 구적기에 의한 방법 등이 있다.



▶ 학습목표

▶ 학습내용

▶ 목차보기

▶ 질문하기



11-1 삼각형에 의한 면적계산

면적을 구하고자 하는 토지를 삼각형, 사각형, 사다리꼴 등과 같은 간단한 기하학적 도형으로 구분하고 이들의 각과 변을 측정하여 토지의 면적을 구하는 방법

| 삼각형의 면적 (a, b, c는 세 변의 길이, C는 끼인 각, h는 높이)

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2}ab \sin C \\
 &= \frac{1}{2}ah \\
 &= \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}, \quad s = \frac{1}{2}(a+b+c)
 \end{aligned}$$

학습목표

학습내용

11-1 삼각형에 의한 면적계산 →

11-2 사다리꼴에 의한 면적계산

11-3 좌표에 의한 면적계산

11-4 방안에 의한 면적계산

11-5 면적 분할법

11-6 구적법에 의한 면적계산

11-7 체적계산

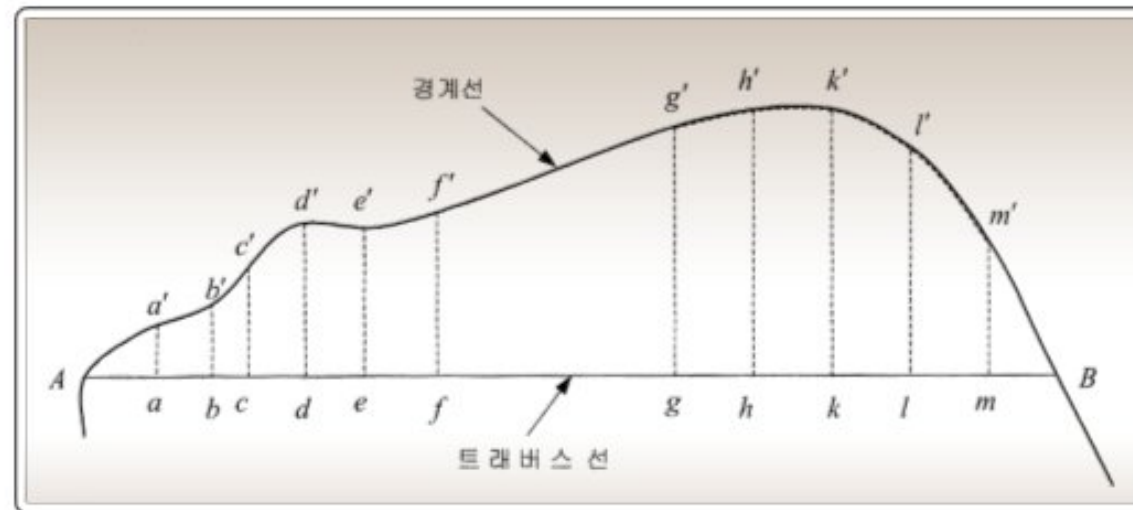
목차보기

질문하기

11-2 지거에 의한 면적계산

| 지거에 의한 면적 계산

하천이나 도로와 같이 경계가 불규칙한 토지의 면적을 구하고자 할 때 토지의 경계선 부근에 적절한 트래버스 망을 형성하고 트래버스의 한 축선으로부터 지거를 측정하여 면적을 계산



[11-1] 불규칙한 경계선

| 지거 추출

- 경계선이 불규칙한 경우(a'~ f') : 선의 방향이 변하는 곳에서 지거 추출
- 경계선이 직선인 경우(f'~ g') : 경계 양 끝에서만 지거 추출
- 경계선이 점진적인 곡선인 경우(g'~ m') : 일정한 간격의 지거 추출



학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 지거에 의한 면적계산 →
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적기에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

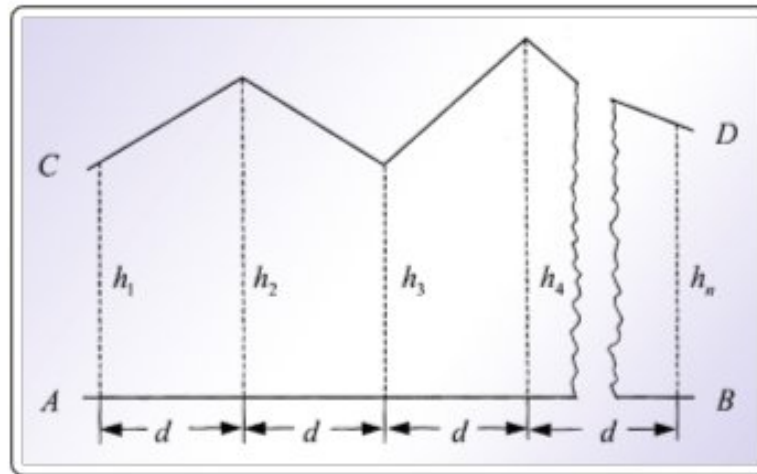
목차보기

질문하기

11-2 지거에 의한 면적계산

| 사다리꼴 법칙

: 지거의 간격이 충분히 짧은 경우 그 구간을 직선으로 보아 전체 면적을 사다리꼴 형태로 분할하여 측정



[11-2] 사다리꼴 법칙

학습목표

학습내용

11-1 삼각형에 의한 면적계산

11-2 지거에 의한 면적계산

11-3 좌표에 의한 면적계산

11-4 방안에 의한 면적계산

11-5 면적 분할법

11-6 구적기에 의한 면적계산

11-7 체적계산

목차보기

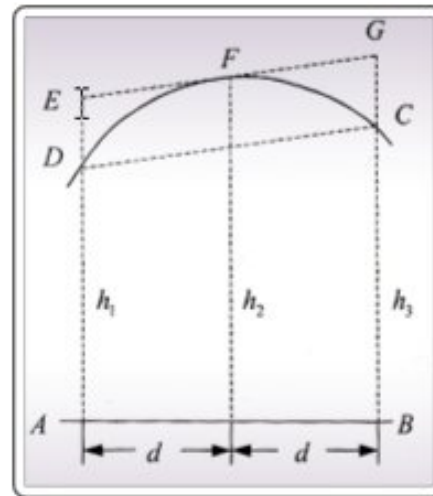
질문하기

$$A = \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)d + \left(\frac{h_2 + h_3}{2}\right)d + \dots + \left(\frac{h_{n-1} + h_n}{2}\right)d$$

$$= d\left(\frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + \dots + h_{n-1}\right)$$

11-2 지거에 의한 면적계산

- | **심슨 1/3 법칙** - 경계선이 특정한 곡선 형태이어서 직선보다 포물선으로 가정하는 것이 더 적절한 경우
- 포물선의 성질로부터 <그림 11-3>의 부채꼴 CDFC의 면적은 사변형 CDEG 면적의 2/3



[11-3] 심슨 법칙

$$A_{1,2} = \left(\frac{h_1 + h_3}{2}\right)2d + \left(h_2 - \frac{h_1 + h_3}{2}\right)2d\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{d}{3}(h_1 + 4h_2 + h_3)$$

- 같은 방법으로 구간 (n-1)까지 합한 전체 면적

$$A = \frac{d}{3}[h_1 + h_n + 2(h_3 + h_5 + h_7 + \dots + h_{(n-2)}) + 4(h_2 + h_4 + h_6 + \dots + h_{(n-1)})]$$

학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 지거에 의한 면적계산 →
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적기에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

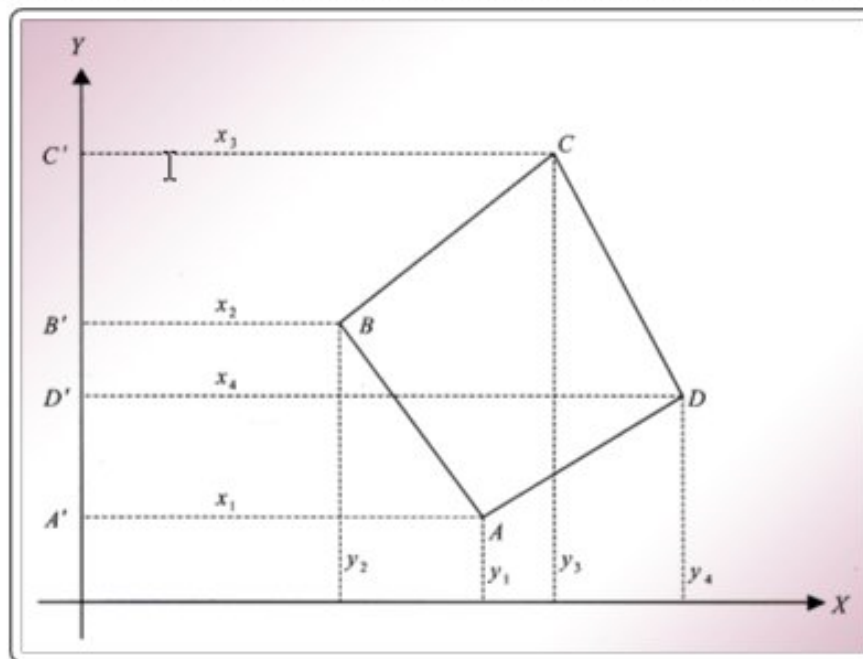
목차보기

질문하기

11-3 좌표에 의한 면적계산

▶ **패합트레버스의 배면적**

: 각 축점의 x좌표와 바로 인접된 축점의 y 좌표의 차를 곱한 것들의 대수의 합



[11-4] 좌표에 의한 면적 계산

$$\rightarrow 2A = x_2y_1 + x_3y_2 + x_4y_3 + \dots + x_ny_{n-1} + x_1y_n - (x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_4 + \dots + x_{n-1}y_n + x_ny_1)$$

- 계산된 면적은 계산 순서에 따라 (+) 또는 (-)가 나올 수 있으며 (-)의 경우 그 절대값을 취하면 된다.



학습목표

학습내용

11-1 삼각형에 의한 면적계산

11-2 사각형에 의한 면적계산

11-3 좌표에 의한 면적계산 →

11-4 방위각에 의한 면적계산

11-5 면적 분할법

11-6 구적기에 의한 면적계산

11-7 체적계산

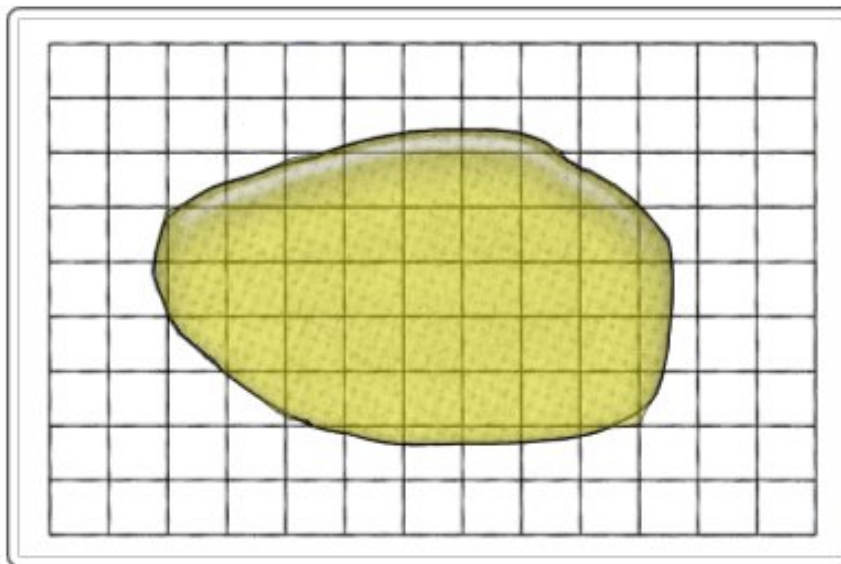
목차보기

질문하기

11-4 방안지에 의한 면적계산

방안지법

: 간접측정 방법으로 <그림 11-5>와 같이 원도 위에 일정한 간격으로 종횡 격자선을 긋거나 투사방안지를 덮어놓고 방안의 수를 세는 방법



[11-5] 방안지법

학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안지에 의한 면적계산 →
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기

11-5 면적 분할법

| 한 점을 통과하고 주어진 방향으로 분할하는 법

< 그림 11-6(a) >

- 트래버스 ABCDEFGA에서 각 축점의 좌표와 각 변의 길이가 주어졌을 때, 트래버스로 둘러 싸인 면적을

D점을 통과하고 주어진 방향(\overrightarrow{DH})으로 분할

① 먼저 점 H의 좌표를 계산한 후 \overrightarrow{DH} 이 길이를 계산

② 점 H는 직선 \overrightarrow{DH} 와 \overrightarrow{AG} 가 교차하는 점이므로 이들 두 직선의 방정식으로부터 계산

③ 면적 (ABCDHA)와 (HDEFGH)는 면적 계산법으로 계산



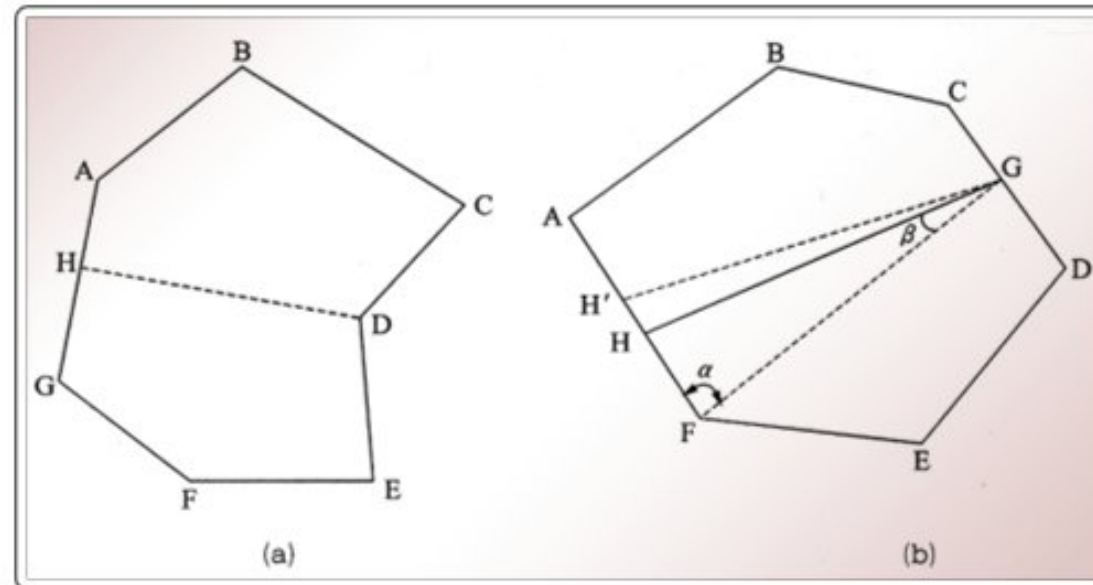
학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법 →
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기



[11-6] 면적 분할법 (1)

11-5 면적 분할법

| 한 점을 통과하고 주어진 방향으로 분할하는 법

- 트래버스 ABCDEF는 각 축선의 길이와 축점의 좌표가 주어지며 점 G는 면적 분할선이 토지경계선(CD)을 관통하는 점

- ① 트래버스에서 주어진 점 G를 통과하고 분할선에 가장 근접하다고 예상되는 선을 임의로 정하고 이 선에서 가장 가까운 축점(F)을 선택하여 G와 연결
- ② \overline{GF} 에 의하여 분할된 면적 (ABCGFA)를 계산하면 분할하고자 하는 면적과의 차가 계산되는데 이 때 \overline{GH} 가 정확한 분할선과 일치하고 (FABCG)의 면적이 주어진 분할면적보다 더 크다고 가정하면 삼각형 GFH의 면적은 초과되는 면적을 나타냄
- ③ 각 α 는 주어진 방향들로부터 계산 되므로 삼각형 GFH는 한 각과 한 변 그리고 면적이 주어지므로

$$\overline{HF} = \frac{2 \cdot \Delta GFH}{FG \sin \alpha} \text{ 가 됨}$$

- ④ 삼각형으로부터 각 β 와 거리 \overline{GH} 를 계산하고 \overline{GH} 방향과 β 로부터 \overline{GH} 의 방위각을 계산
- ⑤ 최종적으로 \overline{FH} , \overline{GH} , \overline{HA} 의 경계 및 위거와 점 H 좌표 계산



학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방위각에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법 →
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기

11-5 면적 분할법

| 한 방향에 평행한 선분으로 분할하는 법

- 다각형에서 변의 크기와 면적, 축선의 경계 및 위치, 축점의 좌표가 주어지고 다각형의 도형은 계략적으로 축척에 맞도록 그려졌다고 가정했을 때, 주어진 방향(\overline{HJ})에 평행한 선분으로 면적을 분할

① 먼저 분할선으로 예상되는 선을 눈짐작으로 정하고 이 선으로부터 가장 가까운 축점을 택한 후 이 축을 통과하면서 분할 방향에 평행한 선을 긋는다(\overline{DG})

② DG와 GB의 길이는 직선 \overline{DG} 와 \overline{AB} 의 방정식으로부터 G의 좌표를 구한 후 각 점의 좌표를 사용하여 거리를 구하거나 $\sum(L_{ax}) = 0$, $\sum(D_{ay}) = 0$ 의 관계식으로부터 구한다.

③ \overline{DG} 에 의해 분할된 면적과 주어진 분할 면적과의 대수차가 사다리꼴 DGJH의 면적이 되며 각 ϕ 와 θ 는 인접된 축선을 방향으로부터 구할 수 있으므로 DGJH 면적 A는

$$A = (\overline{DG})x + \frac{x^2}{2} (\tan \theta + \tan \phi)$$

④ \overline{DG} , $\tan \theta$, $\tan \phi$ 의 값을 위 식에 대입하면 x에 관한 2차 방정식이 성립되며 이를 풀어 사다리꼴 높이 x를 구한다.



학습목표

학습내용

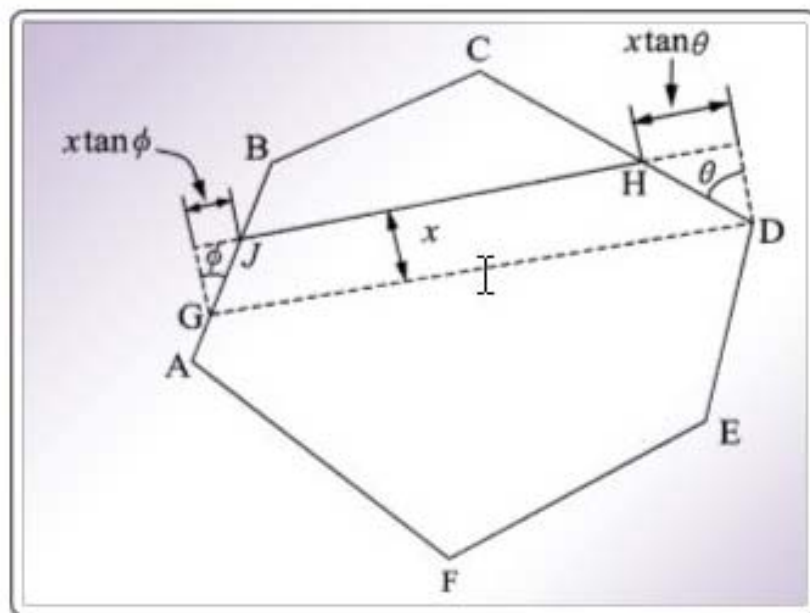
- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법 →
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기

11-5 면적 분할법

| 한 방향에 평행한 선분으로 분할하는 법



[그림 11-7] 면적 분할법 (2)



학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법 →
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기

11-6 구적기에 의한 면적계산

▶ 구적기 (planimeter)는 경계가 불규칙한 토지의 면적을 자동으로 측정하는 기구로 기계식과 디지털 구적기가 있다

| 기계식 구적기

- 극봉(pole arm)과 측봉(tracing arm)이 하나의 접점(pivot)에 연결되어 극봉이 극점을 중심으로 회전할 수 있도록 설계
- 극봉 끝에는 무거운 극추(pole block)가 있어 구적기를 고정시키며 측봉에는 회전판이 부착되어 측침의 움직임에 따라 회전판이 회전하며 회전수에 의해 면적이 계산
- 기계식 구적기는 극식(fixed tracing arm instrument)과 무극식(movable arm instrument) 두 가지가 있으며 극식 구적기에서는 mm² 단위의 구적 면적을 직접 읽어 이에 도면의 축척계수를 곱하여 토지 면적을 구하고, 무극식 구적기에서는 구적기의 읽음 값이 실제 면적이 되도록 도면의 축척에 맞추어 측봉의 길이를 설정

| 디지털 구적기

- 원리는 기계식 구적기와 동일하며 대부분의 기능이 전자화되고 측정과정도 자동화 됨
- 기계식에서는 회전판을 읽어 면적을 계산하나 디지털 구적기에서는 액정화면에 수치로 면적이 표시되며 프린터와 계산기, 내부기억장치 등이 부착되어 있기도 하고 RS232를 통해 컴퓨터와의 연결 가능



학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적기에 의한 면적계산 →
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기

11-6 구적기에 의한 면적계산



[11-8] USHIKATA X-PLAN 디지털 구적기

학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적기에 의한 면적계산 →
- 11-7 체적계산

목차보기

질문하기

면적 측정 방법

- ① 도면을 구김 없이 잘 편 다음 측정에 편리한 위치에 극추(고정추)를 고정
- ② 축침(추적침)의 지표를 토지 경계선 위의 임의의 한 점에 고정하고 이 점을 출발점으로 설정.
이 때, 출발점에서의 회전판의 회전수를 읽어 초독으로 함
- ③ 축침을 출발점으로부터 도형의 경계선을 따라 한 바퀴 돌려서 출발한 원점으로 되돌아오도록 한 후 회전판의 회전수를 읽고 이를 종독으로 함
- ④ 극점이 도형의 외부에 고정되었을 경우 도형의 면적 $A = Cn$ (C 는 상수, n 은 회전수), C 의 값은 축봉 혹은 기계 상자에 기록되어 있으나 모를 경우 면적을 알고 있는 도형의 면적을 측정한 후 역추적하여 계산
- ⑤ 극점이 도형 내부에 고정되었을 경우에는 계산된 면적에 0원(zero circle)의 면적을 더함. 0원이란 회전판을 축방향으로 이동시켜 회전판의 눈금이 움직이지 않도록 유지하면서 축침을 고정점을 중심으로 한 바퀴 회전했을 때 형성되는 원으로 기준원(reference circle)이라고도 함. 디지털 구적기의 경우 내부 전자 회로에 의해 자동 계산

11-7 체적계산

양단평균법

- 양단평균법은 도로공사에서 단면도를 이용하여 토공량을 계산할 때 많이 사용하는 가장 간단한 방법
- 두 단면 사이의 지형을 등경사 지형으로 가정하고 두 단면의 평균과 두 단면 사이의 거리를 곱하여 체적을 계산
- 두 단면의 면적을 각각 A_1, A_2 , 두 단면 사이 길이를 l 이라 하면 체적 V 는

$$V = l \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

- 각 단면 사이 길이가 일정하고, 몇 개의 단면이 연속적으로 있다면

$$V = l \left(\frac{A_1 + A_2}{2} + \frac{A_2 + A_3}{2} + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} \right)$$

$$= \frac{l}{2} (A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{n-1} + A_n)$$



학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산 →

목차보기

질문하기

11-7 체적계산

각주공식

- 각주공식(prismoidal formula)에 의한 방법은 체적에 대한 심프슨 1/3법칙이라고도 하며 면적측량에 사용했던 공식을 체적측량에 그대로 적용(단, 높이 h 대신 단면적 A 사용)
- 두 단면 사이 길이를 l, 양 끝 단면 사이의 길이를 L이라 할 때 체적 V는

$$V = \frac{l}{3} A_1 + 4A_m + A_2 = \frac{L}{6} A_1 + 4A_m + A_2$$

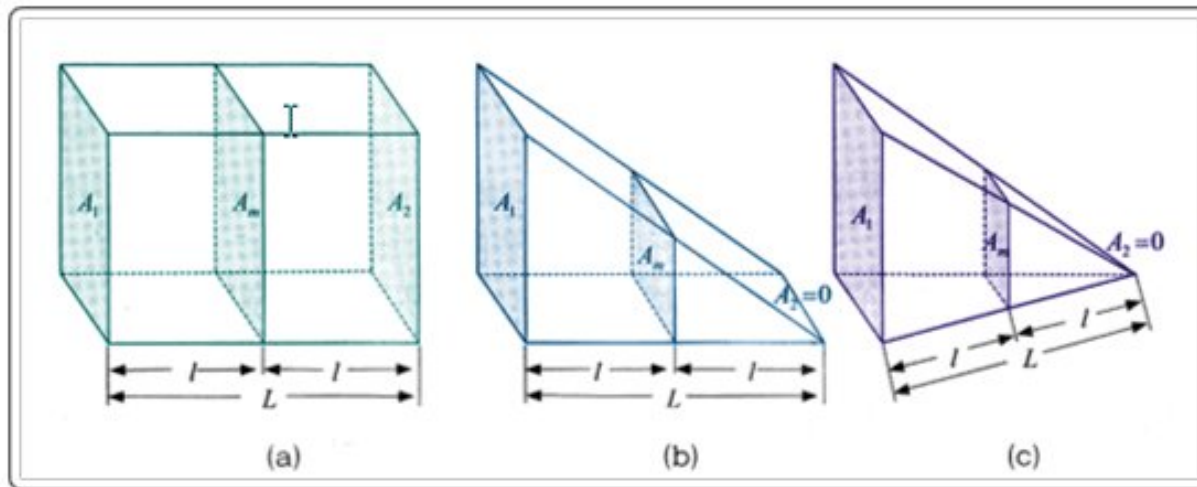
학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방안에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적기에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산 →

목차보기

질문하기

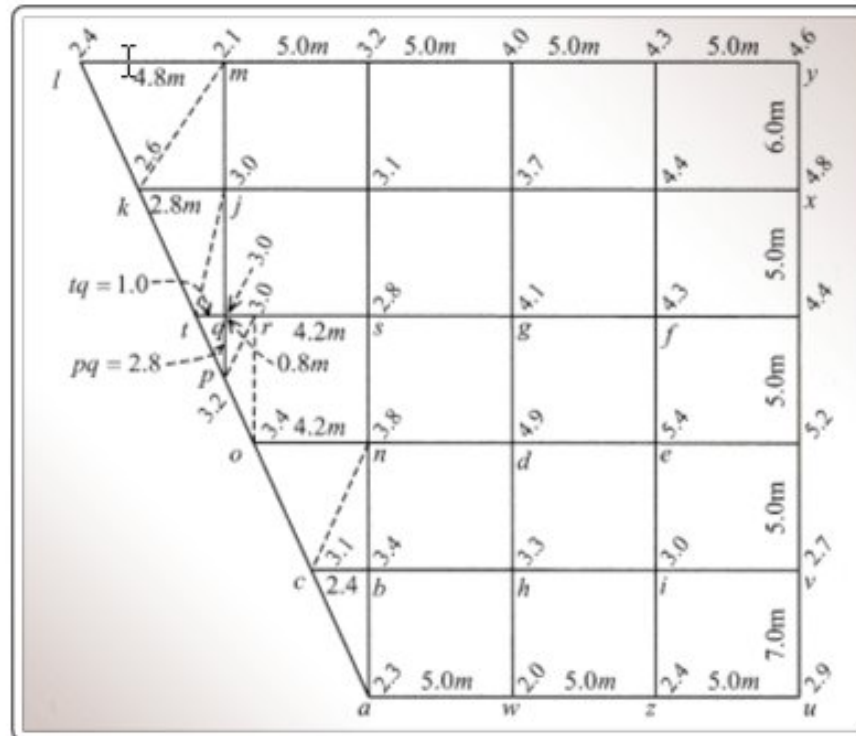


[11-9] 각주공식

11-7 체적계산

점고법

- 점고법(volume from the spot height)은 도로, 공항, 댐과 같은 토목공사에서 수반되는 절토와 성토량을 계산하거나 야적된 물체의 체적을 결정할 때 많이 사용하는 방법
- 체적을 결정하고자 하는 지역에 일정한 간격의 격자망을 형성한 후 격자점들의 표고를 측정하여 체적을 계산
- 표고측정은 지역이 좁은 경우 측각기, 줄자, 레벨을 사용하고 넓은 지역에 대해서는 토탈스테이션, GPS, 항공사진측량, 지형도 등을 사용
- <그림 11-10>과 같은 DTM(Digital Terrain Model) 격자망에서 체적을 구하기 위해서는 (abc)와 같은 삼각형 각주와 (ivuz)와 같은 사각형 각주의 두 가지 형태로 나뉜



[11-10] 점고법

학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방위각에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산 →

목차보기

질문하기

11-7 체적계산

- 삼각형 각주 체적 $V_{\Delta} = \frac{A}{3}(h_1 + h_2 + h_3)$

- 사각형 각주 체적 $V_{\square} = A\left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}\right)$

- 정규격자형 DTM과 같이 사각형 각주의 밑면적이 모두 같은 경우의 모든 각주들의 체적

$$V = \frac{A}{4}(\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4)$$

이 때, h1 = 계산시 한 번만 사용한 표고들의 합(각주 i, v, z에서 u)

h2 = 계산시 두 번 사용한 표고들의 합(v, z)

h3 = 계산시 세 번 사용한 표고들의 합

h4 = 계산시 네 번 사용한 표고들의 합(i)

학습목표

학습내용

- 11-1 삼각형에 의한 면적계산
- 11-2 사각형에 의한 면적계산
- 11-3 좌표에 의한 면적계산
- 11-4 방위각에 의한 면적계산
- 11-5 면적 분할법
- 11-6 구적법에 의한 면적계산
- 11-7 체적계산 →

목차보기

질문하기