

1. 공간정보공학 총론

서울대학교 건설환경공학부
공간정보공학

1.1. 소개 및 측량학 정의

1.1.1. 소개

지리정보시스템 (GIS : geographic information system)

- 지구와 우주공간에 있는 관찰 대상의 평면위치와 높이위치 결정
- 대상물의 정보를 계획을 세우거나 판단하는데 이용
- 효율성의 극대화 실현

측량학 (測量學, surveying)

- 어원 : **측천량지**(測天量地) - 하늘을 가늠하고 땅의 크기를 잴다
survey - '살피다' 또는 '조사하다'라는 뜻
- 의미 : 땅(지형 : 地形)과 관련된 모든 정보를
조사하고 관측하여 여기서 얻어진 정보를
인간의 활동에 활용하기 위해 사용하는 학문

1. 공간정보공학 총론

1.1. 소개 및 정의

1.1. 소개 및 측량학 정의

1.1.2. 공간정보공학 정의

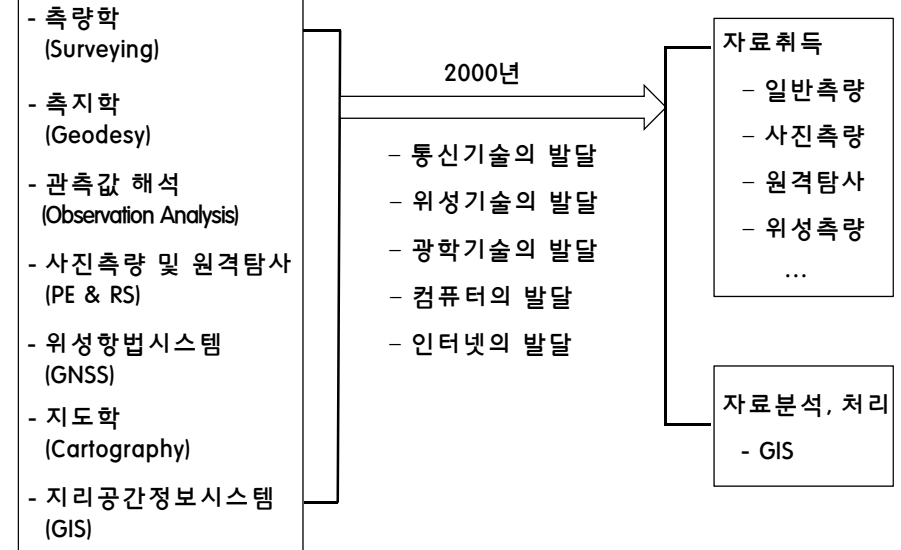
측량의 정의

- | | |
|--------|---|
| - 영역 | 지표 → 지표, 지하, 수중, 해양, 해안, 우주공간
인류의 활동이 미치는 모든 영역 |
| - 위치결정 | 우리가 알고자 하는 대상이 어디에 위치하는지,
그 크기는 얼마나 되는지 조사하는 것
평면위치(2차원) + 수직위치(1차원) = 3차원
위치결정, 도형해석, 도면화
정량적 해석 |
| - 특성해석 | 대상물의 특성해석 ← 항공사진, 위성사진
정성적 해석 |
| - 분석 | GIS 활용 |

측량관련 학문

- 측량학 (Surveying)	영역, 위치결정, 특성해석
- 측지학 (Geodesy)	각종 지구의 기준을 측량자에게 제공, 지구물리
- 관측값 해석 (Observation Analysis)	관측값의 균질성과 정확성 분석
- 사진측량 및 원격탐측 (PE & RS)	항공사진이나 위성사진 활용, 정성적 해석
- 위성항법시스템 (GNSS)	위성의 신호를 통해 실시간 3차원 위치결정
- 지도학 (Cartography)	정해진 도식과 축척으로 지도 제작
- 지리공간정보시스템 (GIS)	모든 자료를 정보화하여 극대화된 효과 창출

측량관련 학문



1. 공간정보공학 총론

1.2. 측량의 역사

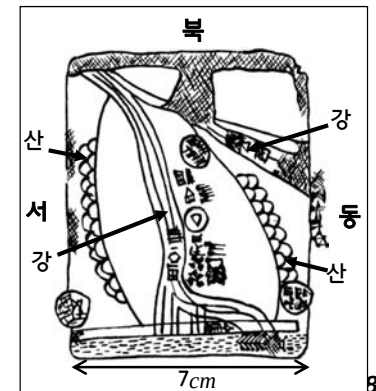
외국 측량의 역사

1. 고대의 기록

성경 : 네 선조의 세운 옛 지계석(地界石, landmark)을 옮기지 말지니라

이집트 : 나일강 범람 후 사라진 농지 경계 측량, 피라미드 측량

바빌로니아 : 가솔(Ga Sur)의 점토 지도



외국 측량의 역사

2. 그리스 로마

각종 측량기구 제작



디오트라



아스트롤라베

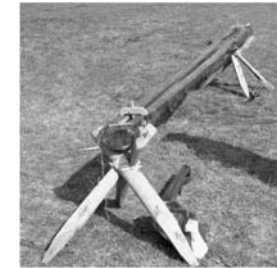
외국 측량의 역사

2. 그리스 로마

각종 측량기구 제작



호도미터



코로베이트



그로마

외국 측량의 역사

3. 중국

나침반 발명 : 220년경



나침반의 기원인 사남의 국자

외국 측량의 역사

4. 중세시대

레오나르도 다빈치에 의해 제작된 Imola 사의 지도

페르...

프리...

프레...

메르...



량

외국 측량의 역사

4. 중세시대

에르네스트 레베르의 세계지도

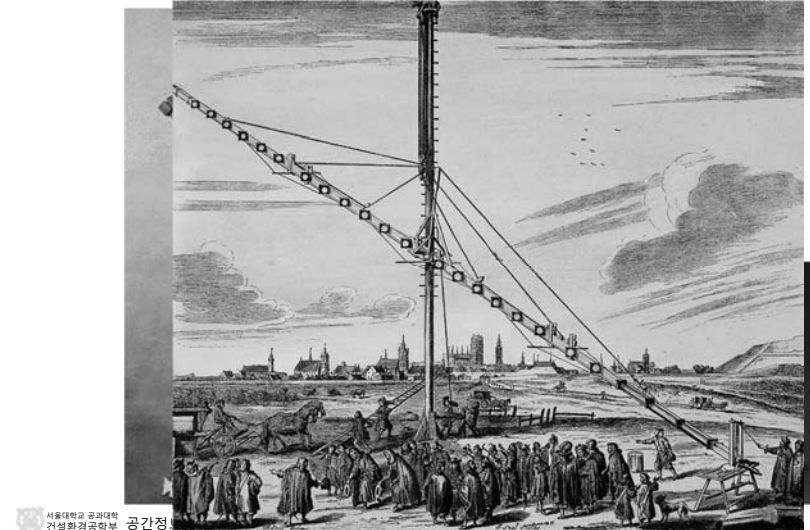


-13-

외국 측량의 역사

4. 중세시대 : 망원경 발명

초점 약 45m 케플러 천체 망원경



-14-

외국 측량의 역사

4. 중세시대

스넬 (1617) : 근대적 삼각측량 실제 측량에 적용

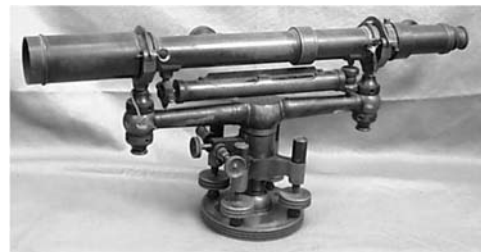
워너 (1631) : 버니어 개발로 미세 크기 측정

테베노 (1662) : 기포관 레벨 수준기 발명

시손 (1740) : Y-레벨



버니어



초기 Y-레벨

-15-

외국 측량의 역사

5. 근대

가우스 (1795) : 최소제곱이론 정립

뵈셀라 (1923) : 빛의 간섭을 이용한 정밀거리측량 이론 발표

1945년 이후 전자기파거리측정기 개발



초기 텔로미터(전자기파거리측정기) MA-100

-16-

외국 측량의 역사

6. 사진측량

아리스토텔레스(BC.350) : 광학적 상 투사법 발견

갈릴레오 : 광학적 사진을 이용하는 방법 소개

테일러(1715) : 광학이론 '사선원근화법' 소개

램버트(1715) : 광학적 방법에 의한 지도제작의 가능성 주장

다게르, 탈보트(1839) : 흑백사진 유제에 관한 감광 제조기술 개발

최초로 사진촬영 수행(다게르)

아라고(1840) : 지형을 관측하기 위해 사진을 이용할 것을 제안

로세다(1849) : 최초의 사진측량 수행

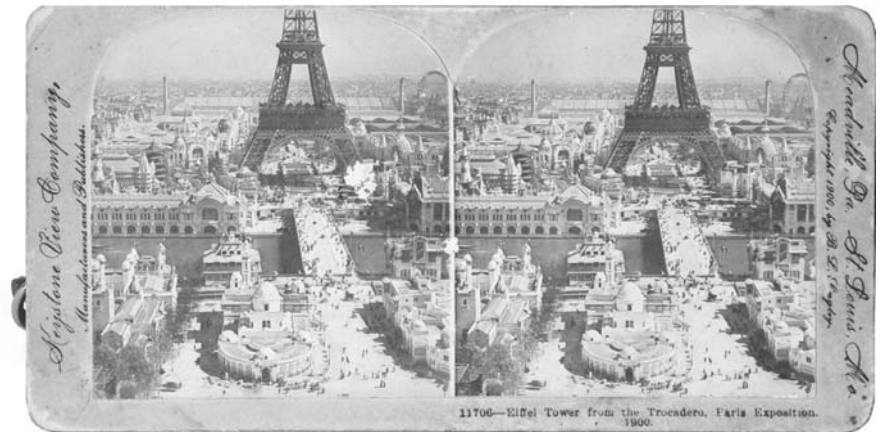
폴프리히(1909) : 입체도화기에 의한 정밀좌표관측기 발명

최초의 항공사진측량 수행(1913)

외국 측량의 역사

6. 사진측량

초기 사진측량 입체사진



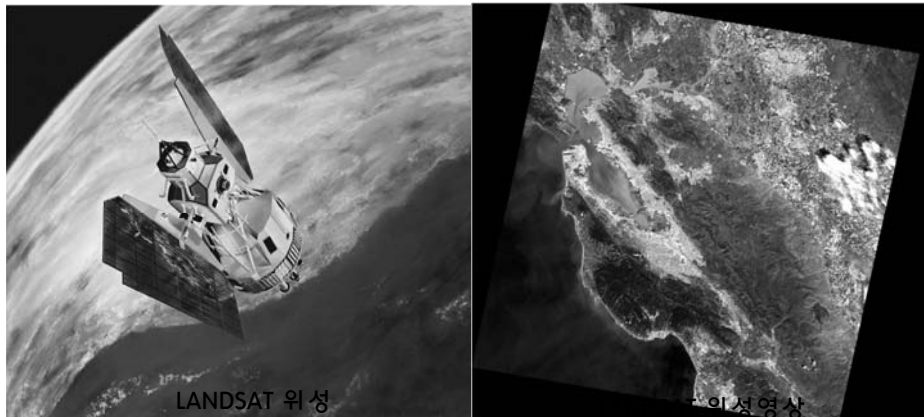
폴프리히의 입체도화기

외국 측량의 역사

7. 원격탐측 위성

지구관측위성 : LANDSAT, SPOT, NOAA, IKONOS, QuickBird, GeoEye

아리랑(다목적실용위성, KOMPSAT) 2, 3호



LANDSAT 위성

위성영상

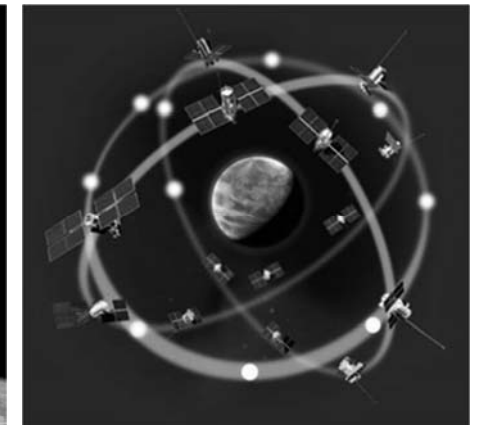
외국 측량의 역사

8. 위성항법시스템(GNSS)

GPS, GLONASS, Galileo, Compass



GPS Block III-A 위성



GLONASS 위성 궤도

한국 측량의 역사

1. 고시대의 측량

고조선 : 정전제(井田制)를 이용하여 토지를 구획

고구려 : 봉역도(영류왕)

통일신라 : 신라구주군현총도(경덕왕)

백제 : 천문지리서 제작하여 일본에 소개

井

2. 고려시대

목종 : 고려지리도

현종 : 오도양계주현총도

인종 : 삼국사기지리지

한국 측량의 역사

3. 조선시대

태종 : 혼일강리역대국도지도(1402)

세종 : 양계지도, 조선도도, 팔도각도, 황극치평도

동국지도(1463) - 실측 자료를 종합한 최초의 실측도



혼일강리역대국도지도



동국지도

한국 측량의 역사

4. 김정호의 지도

청구도(1834) : 채색필사본, 흑백필사본

2책 또는 4책으로 구성하여 상하를 연결하면 전국지도



청구도

한국 측량의 역사

4. 김정호의 지도

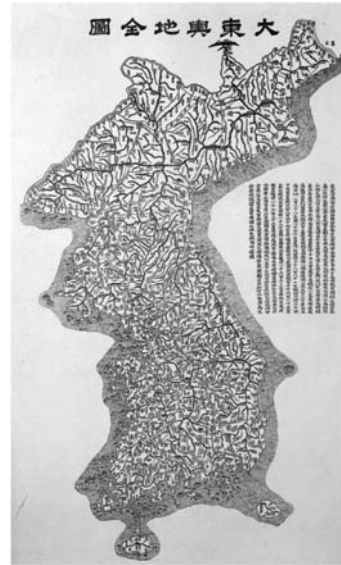


대동여지도 목판본

대동여지도(축척 1/162,000)



대동여지전도(축척 1/920,000)



한국 측량의 역사

5. 근대측량

- 1910 일제강점기 토지조사사업으로 지적도 제작 (축척 1/50,000)
- 1945 미군에 의해 UTM/UPS 좌표계 도입
- 1957 국방부 산하 지리연구소 창설로 측지사업 시작
- 1961 국방부 지리연구소에서 내무부 국립건설연구소로 이관
- 1962 제1차 경제개발5개년 사업, 네덜란드와 항공사진지도 제작 (축척 1/37,500)
- 1974 국립건설연구소에서 항측에 의해 축척 1/25,000의 762도엽 완성
1등, 2등 수준점 새로 설치
- 1974 국립지리원 창설

한국 측량의 역사

6. 우리나라 측량의 현황

- 1975 정밀 1차 기준점 측량 실시 (1등 2등 삼각점 성과 제작)
- 1986 정밀 2차 기준점 측량 실시 (3등 4등 삼각점 성과 제작)
- 1995 NGIS 1차 계획 수립 (국토지리정보원)
수치지도 제작 (1/1,000 도심, 1/5,000 소도시, 1/25,000 산악지)
- 2001 NGIS 2차 사업 실시 (수치지도 표준화, 수치지도 활용방안)
영상지도 제작
- 2003 세계측지계로 전환 시도
- 2006 NGIS 3차 사업 (질적향상, U-city, 유통망 정비)
지능형 국토정보 R&D 사업
- 2011 NGIS 4차 사업 (녹색성장을 위한 그린 정보사회의 실현)
GR(Green growth)+EE(Everywhere, Everybody)+N(New deal)

1. 공간정보공학 총론

1.3. 측량의 분류

대지측량 (측지측량)

- 지구의 곡률을 고려하여 정확히 관측하기 위한 측량

소지측량 (평면측량)

- 지구의 곡률을 고려하지 않고 평면으로 간주하는 측량

구분

- 정확도 10^{-6} (1/1,000,000)
- 반지름 11km
- 면적 400km²

< 대지측량

> 소지측량

직선과 곡선의 한계

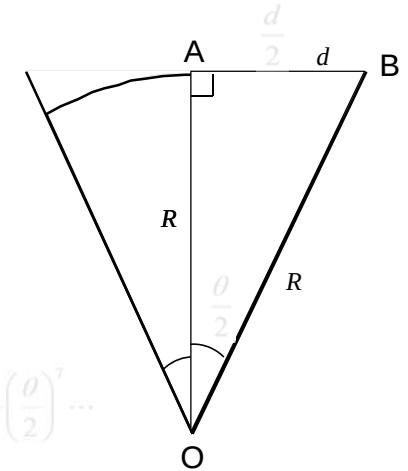
 d : 직선 D : 곡선 R : 지구반지름

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{d}{R} \rightarrow d = 2R \tan \frac{\theta}{2}$$

$\tan \frac{\theta}{2}$ 를 Macaulin 급수전개하면,

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2} + \frac{1}{3} \left(\frac{\theta}{2} \right)^3 + \frac{2}{15} \left(\frac{\theta}{2} \right)^5 + \frac{17}{315} \left(\frac{\theta}{2} \right)^7 \dots$$

$$\therefore \tan \frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2} + \frac{1}{3} \left(\frac{\theta}{2} \right)^3$$



직선과 곡선의 한계

$$d = 2R \tan \frac{\theta}{2}$$

$$= 2R \left\{ \frac{\theta}{2} + \frac{1}{3} \left(\frac{\theta}{2} \right)^3 \right\} = R\theta + \frac{R}{12} \theta^3$$

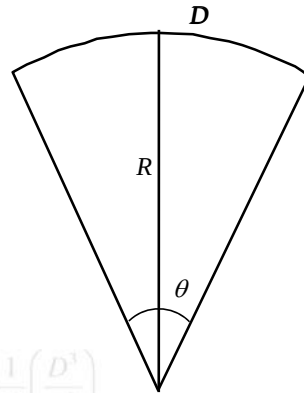
호도법 원리로부터

$$R\theta = D \rightarrow \theta = \frac{D}{R}$$

위식에 대입하면,

$$d = R\theta + \frac{R}{12} \theta^3 = R \left(\frac{D}{R} \right) + \frac{R}{12} \left(\frac{D}{R} \right)^3 = D + \frac{1}{12} \left(\frac{D^3}{R^2} \right)$$

$$\therefore d - D = \frac{1}{12} \left(\frac{D^3}{R^2} \right)$$



직선과 곡선의 한계

양변을 모두 D 로 나누면,

$$\frac{d-D}{D} = \frac{1}{12} \left(\frac{D}{R} \right)^2$$

P.740 문제 4-9

여기서 $\frac{d-D}{D}$ 는 정확도의 개념이므로,만일 정확도가 $\frac{1}{1,000,000}$, 지구반지름이 6370km 이면,

$$\frac{1}{1,000,000} = \frac{1}{12} \left(\frac{D}{6370} \right)^2 \Rightarrow \text{반지름 } D = 11.033\text{km}$$

반지름이 11.033km 일 때 이 원의 면적은 382.417km² 로 약 400km²

기본측량

- 모든 측량의 기초가 되는 측량
- 국토해양부장관의 명을 받아 국립지리원장이 실시하는 것
(개정 2008.2.29)
- 천문측량, 중력측량, 지자기측량, 삼각측량, 수준측량, 검조 등

공공측량

- 공공의 이해에 관계가 있는 측량
- 기본측량 외의 측량 중 국가, 지방자치 단체, 정부투자기관과 대통령령이 정하는 기관이 실시하는 측량

일반측량

- 기본측량 및 공공측량 외의 측량
- 법인 또는 개인이 계획하고 실시하는 측량
- 관계법령의 규정에 의하여 허가, 인가, 면허, 등록, 승인 등에 필요한 첨부서류를 작성하기 위한 측량이 포함

골조측량(skeleton surveying)	세부측량(detailed surveying)
- 기준점측량	- 골조측량에 비해 낮은 정확도
- 국가의 기준이 되는 모든 기준점을 결정하는 높은 정확도의 측량	- 소규모 지역에서 신속히 측량을 수행할 수 있고 점검 측량으로 활용
- 골조측량을 통해 원점, 삼각점 및 수준점에 대한 관측을 수행하고 이 값들을 이용하여 세부측량 수행	- 비교적 간단하고 간편한 측량
- 천문측량, 삼각 및 삼변측량, 다각측량, 수준측량 등	- 평판측량, 스타디아(시거측량) 등

1차원 측량(z 또는 h)

- 거리, 높이, 각 등과 같이 하나의 차원을 갖는 관측값을 얻기 위한 측량
- 3차원 공간좌표값으로 환산하였을 때 높이나 깊이에 대한 측량
- 수준측량(고저측량, 레벨측량), 수심측량
- 평판이나 트랜싯, 기압수준측량 및 간접수준측량 활용

2차원 측량(x, y 또는 λ, ϕ)

- 2차원 평면좌표로 나타나는 위치를 얻기 위한 측량
- 경위도 원점, 평면직교좌표계의 원점, 1등~4등 삼각점 등

3차원 측량(x, y, z 또는 λ, ϕ, h)

- 2차원 좌표(평면위치)와 1차원 좌표(높이위치)를 동시에 구하는 측량
- 항공사진측량, 토털스테이션, 레이저측량, GNSS 등
- 현대에 와서 가능해진 방법

4차원 측량(x, y, z, t)

- 실시간측량, 즉 시간의 변화에 따른 변위 측량
- x, y, z, t 동시에 결정
- 모바일 매핑 시스템, 실시간 사진측량 등

측지측량

- 과거 건설교통부가 주관한 측량
- 주로 육지에서 진행되는 측량을 의미
- 일반적으로 측량이라 할 때 측지측량을 의미
- 관측할 때 지구의 곡률을 고려하여 정확한 값을 결정하는 대지측량

평면측량

- 과거 행정자치부에서 주관하던 측량
- 지적측량과 같이 관측대상을 평면으로 간주하는 측량
- 주로 평면직각좌표계를 주요 좌표계로 활용하는 측량

하해측량

- 과거 해양수산부에서 담당하였던 측량
- 하해측량 또는 수로측량
- 주로 하천과 바다에 대한 측량

$$\text{축척} = \frac{\text{도상거리}}{\text{실제거리}}$$

대축척

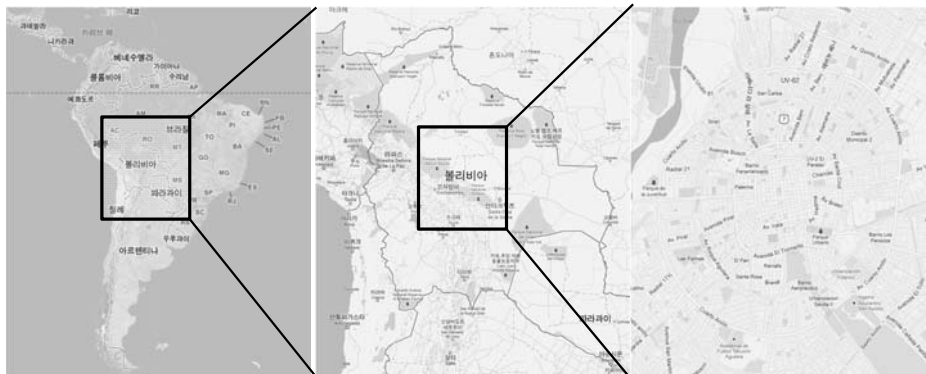
- 큰 축척으로 자세하게 표현하기 위한 측량
- 국토지리정보원의 고시에 따라 일반적으로 1/10,000 이상의 축척

중축척

- 대축척보다 정확도는 떨어지지만 소축척 보다는 높은 정확도의 축척
- 국토지리정보원의 고시에 따라 일반적으로 1/10,000~1/100,000

소축척

- 전체적인 형상을 한 번에 확인하기 위해 정확도는 배제하고 대상물을 작게 표현한 축척
- 국토지리정보원의 고시에 따라 일반적으로 1/100,000 이하의 축척

**소축척****대축척**

종래측량	현대측량
평면측량/높이측량 분리	3차원 동시측량
거리측량 보다 각측량 우선	각측량 보다 거리측량 우선
낮은 정확도 (정확도 10^{-6} 이하)	높은 정확도 (정확도 10^{-6} 이상)
기상의 영향	기상에 무관
장애물의 영향	장애물에 무관
야간관측 불가능	야간관측 가능
정적측량	동적측량
도해법에 의한 측량	수치 측량

트랜싯 측량(데오돌라이트 측량)

- 트랜싯이나 데오돌라이트를 이용하여 주로 각을 재는 측량
- 응용에 따라 거리나 높이를 개략적으로 재는 경우도 있음

레벨측량

- 레벨을 이용하여 직접 대상물의 높이차를 재는 측량

항공사진측량

- 항공기에서 촬영한 사진을 이용하여 지상 및 대상물의 3차원 좌표를 구하는 측량
- 주로 평면직각좌표계를 주요 좌표계로 활용하는 측량

GNSS 측량

- GPS, GLONASS, Galileo, Compass 등의 위성으로부터 신호를 받아 안테나의 3차원 위치를 결정하는 측량
- 세계좌표계를 주요 좌표계로 활용하는 측량

위성측량

- 인공위성의 영상을 이용하여 대상물의 정량적이고 정성적인 해석을 수행하는 측량

레이저 측량

- 레이저 스캐너를 이용하여 지상이나 구조물을 스캔하고 각 점에 대해 3차원 좌표를 얻는 측량

거리측량

- 2점간의 경사거리, 수평거리 측량
- 간략법, 엄밀법, 줄자, EDM 등

각측량

- 2점간의 평면각, 곡면각, 공간각 관측
- 평면상의 수평각, 수직각 관측
- 트랜싯, 데오돌라이트 등

수평위치 결정

- 삼각측량 : 삼각점에서 한 변과 2개의 교각을 관측하여 삼각형의 모든 각과 거리 결정. 삼각망
- 삼변측량 : 전자파거리측량기에 의해 각 대신 거리 관측
- 다각측량 : 기지점으로부터 다음 점의 각과 거리를 관측하여 다각형의 각 점의 위치 결정(교각, 편각, 방위각 관측)
- 트랜싯 측량 : 트랜싯(데오돌라이트)를 이용하여 수평각, 수직각 관측
- 육분의 측량 : 육분의를 이용하여 각 관측(천문측량, 수준측량)

수직위치 결정

- 수준측량 직접 · 간접 수준측량, 레벨 이용, 2점의 고저측량, 표고 · 비고
 - 직접수준측량: 도로변에 표식 매설 후 기지점에서 각 점의 비고 관측
 - 간접수준측량: 트랜싯에 의한 고저각과 거리에 의해 표고 계산 등

사진측량

- 사진을 이용하여 대상물의 3차원 좌표 취득
- 항공사진측량, 지상사진측량, 원격탐측

지형도 제작을 위한 측량

- 평판측량, 시거측량, 지형측량

1. 공간정보공학 총론

서울