

사진측량 및 실습

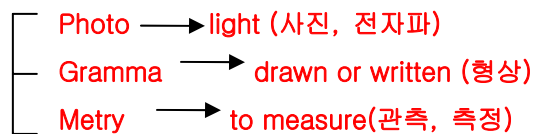
제 1 장 총 론

1.1 정의

영상(사진, digital image)을 이용하여 길이, 방향, 면적 및 체적 등의 위치 형상에 대한 해석과 차원 및 환경현상을 조사 분석하는 등의 특성을 해석하는 학문.

“ 전자파에 의한 영상을 이용하여 대상물에 대한 정량적(위치, 형상, 크기 등의 결정) 및 정성적(자원환경의 특성조사 및 분석)인 해석하는 학문”

Photogrammetry



- 관련 학문 : 물리학(광학), 화학(환경 조사, 환경 영향 평가)
전자공학(CCD 카메라, Digital Photogrammetry), 수학(수치 해석)
천문학(측지학, 우주공학), 환경공학, 지형학, 지질학, 지리학 등
- 기본 원리 : 사진측량 → 중심투영(central projection), 지도 → 정사투영(ortho projection)

1.2 사진 측량의 역사

- 단사진이용
- 1839 년 : Daguerre (프) 사진술 발명
 - 1840 년 : Laussedat(프) 지형도제작자에 사진 이용
 - 기구에 의한 항공사진 촬영 → 해석법에 의해 중복투시상을 정사투영으로 변환하여 지형도제작
 - 1892 년 : Pulfrich (독) (입체도화기의 기본이론) → 입체 사진측량의 시조 ;
부점 이론을 바탕으로 정확도 이내로 관측 및 도화
 - 1 차세계대전 → 항공기 발달, 고성능 광학기계의 제작
→ 항공사진의 이용도 급격히 증대.
 - 영,네덜란드 → 미개발지역 측정, 미국 → T.V.A.계획
 - 전자공학의 발전 → 촬영과정의 자동화, 필름의 해상력 증대, 초광각렌즈 및 자동도화기 발명으로 → 항공, 영상해석, 특수사진, 정사사진
 - 원격탐측 → 1972.7.23.(ERTS, LANDSAT)등 → 토지, 자원, 환경문제 해석

◎ 해석학적 사진측량의 역사

- 기계사진측량(analog photogrammetry) : 기계식 도화기와 comparator 이용
(장비에 의한 해석)
- 해석사진측량(analytical photogrammetry) : 컴퓨터의 출현으로 사진의 기하학적 원리를 컴퓨터로 해석(해석도화기 출현)
- 수치사진측량(digital photogrammetry) : 사진이나 필름을 수치영상으로 변환하여 digital photogrammetric workstation 으로 해석(정사영상, DEM 생성, GIS 의 DB 구축 활용)

⊗ 우리나라 (1945 년 미군주둔으로 소개) 역사

- 1910~1918 년간 얻은 기준점을 이용하여 북위 40°까지 항공사진을 촬영 1/50,000 의 군사지도 수정제작 (6.25 동란중)
- 1966 년 : 국내 기술진으로 항공 1/25,000(국립지리원) 1/5,000 기본도 제작
 - 2000 년부터 항공사진 DB 구축 추진

◆ 사진측량의 과정

[조사(Investigation)] : 대상물의 크기(size), 모양(pattern), 질감(texture), 형상(shape),



색조(tone or color), 음영(shadow), 현상(phenomenon), 소요정확도 및 기존 제반자료를 모집하고 살핍.

[관측(observation)] : 조사에 의한 대상물의 요소와 현상을 재고 추정



[정량화(quantification)] : ①계획 - 기능(function), 논리성(logic), 시간(time), 공간(space),



확률성(stochastics)에 의한 처리,

②설계 - 형상(shape), 실용성(pragmatic), 공간(space),

확정성(deterministic)에 의해 설계

[평가(assessment)] : 처리현상에 대한 현상평가(phenomena evaluation) 하여 악영향은 극소화 (minimize impact). 호영향은 극대화(maximizing profits)하는 대체안 제시.



[유지관리(management)] : 시간(time), 경비(cost), 품질(quality) 및 인력관리(personal management)를 최적으로 처리

1.3 사진측량의 특성

<장점>

1. 정성적 및 정량적 측정이 가능

- 정량적 : 크기, 형상, 지형, 지물의 위치
- 정성적 : 피사체특성해석, 환경 및 자원조사, 대기수질 오염조사, 재해 및 기상조사
지질 및 토지 이용조사, 산림조사 등 미세한 부분의 형태 분석, 의학적 고찰, 도시
의 발전조사

• 사진의 종류

1. 흑백 (Black & White)
2. 천연색 (color)
3. 열적외사진 (thermalinfraed) → 홍수피해
4. 위색사진 (false color) → 군사적 목적, 클로로필름 이용, 농산물 피해

2. 동체 측정에 의한 보존 이용

- 종래의 측량 → 정적인 것만 가능
- 사진 측량 → 움직이는 것 가능(구름의 이동, 구조물변형, 교통량조사, 탄환,
미사일의 측정, 홍수)

3. 정확도의 균일성

- 골조측량에서 세부 측량까지 균일한 정확도 → 1~2 회의 현장측정후 실내작업
(표고의 경우 : 1/10000~2/1000, 평면의 경우 : 촬영축척분모수 10~30μ)

<예제> 촬영축척을 1/10,000 이라 할 때 표점점의 평면오차 한계는?

$$\begin{aligned} \text{풀이) 평면오차} &= (10 \sim 30 \text{ m}) * \text{축척분모수} \\ &= 10/1000 \sim 30/1000 * 10000 = 100 \sim 300 \text{ mm} = 0.1 \sim 0.3\text{m} \end{aligned}$$

4. 접근하기 어려운 대상물의 측정

- 극한지역, 열대지방, (정치적, 군사적 이유로 입장 불허지역, 대도시의 중심부 등)

5. 분업화에 의한 능률화

- 촬영과 일부현장의 작업이외에는 전공정이 실내에서 분업화.

6. 축척변경의 용이성

- 최초로 정한 축척으로 촬영한 사진에 의하여 일정한 한도 내에서 소요축척에 따라 대상
물을 도화기로써 용이하게 처리.

7. 경제성

- 중축척이하는 → 50% 경비절감

- 항공사진 측량 → 80% 이상의 측량경비 절감
; 축척이 작을수록, 광역일수록 경제적이다. (축척이 작다는 의미는 축척의 분모가 크다는 것이다)

8. 4 차원 측정이 가능하다.

$(X, Y, Z, T) \rightarrow$ 낙석의 추적을 3 차원 (x, y, t) 에 투영하여 $P(x, y, z, t)$ 를 구함.

※ 보안유지 : 실제로 중요한 내용

<단점>

1. 시설비용이 많이 들고, 소축척 측정에 부적합
2. 피사대상에 대한 식별이 난해.

행정경계, 지물, 건물명, 음영에 의해 판별하기 힘든 곳이 있다. (사각지대)

1.4 사진측량학의 분류 사용자의 목적, 촬영위치 및 측정방법에 따라 분류

1.4.1 사용목적에 의한 분류

- ① 사진측량(photographic survey) → 정량적 의미.
- ② 사진판독(photographic interpretation) → 정성적 의미.
- ③ 응용사진측량(applied photogrammetry) → 토지, 지형이 아닌 피사체 측정
- ④ 원격탐측(Remote Sensing): 지상, 고공 및 우주에서 얻은 광역의 전자파를 해석하여 지구자원조사, 환경(도시 및 지역환경)문제의 분석 및 측정, 별의 위치 측정, 월면도 작성.

1.4.2 촬영위치에 의한 분류

- ① 지상사진 (terrestrial photography): 카메라 축이 수평면에 평행하고, 화면이 연직되게 촬영.
- ② 항공사진 (aerial photography): 지표면에 대한 항공카메라의 각도에 따라 수직사진(경사각 3° 이내), 경사사진(3° 이상).
- ③ 다중파장대사진 (multispectral photography): MSC 및 MSS 를 항공기나 인공위성에 탑재하여 얻은 사진

1.4.3 촬영방향에 따른 분류

- ① 수직사진 (vertical photography): 광축이 연직선과 일치하도록 공중에서 촬영한 사진 (경사각 3도 이내)
- ② 경사사진 (oblique photography): 광축이 연직선과 경사지도록 공중에서 촬영한 사진 (경사각 3도 이상)
- ③ 수평사진 (horizontal photography)
; 광축이 수평선과 일치되도록 지상에서 촬영한 사진

1.4.4 측량방법에 의한 분류

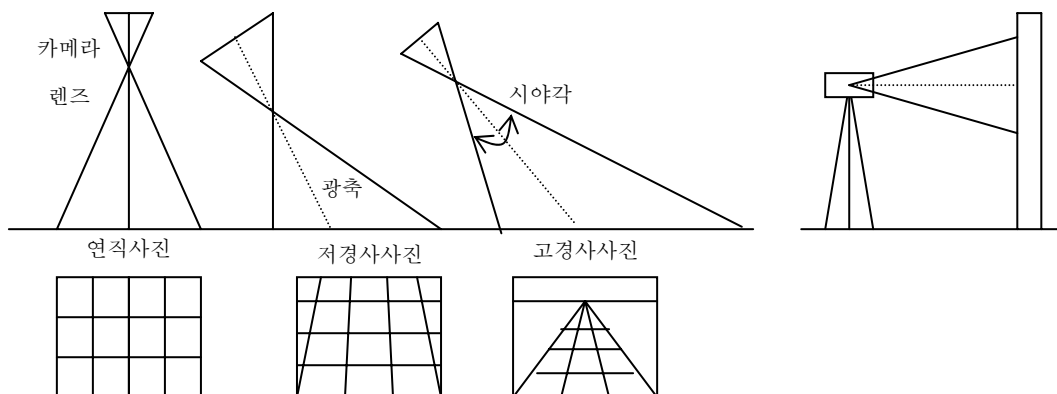
- ① 항공사진측량
 - 항공기에 탑재된 사진기로 연속중복하여 촬영한 사진으로 정성, 정량해석
- ② 지상사진측량
 - 지상의 두 점에 카메라를 고정시켜 촬영한 사진
 - 항공사진으로 불가능한 지형, 구조물변형, 문화재조사, 교통문제해석, 사진도화.
- ③ 수중사진측량
 - 해저사진측량, 수중카메라로 얻어진 영상 이용, 수중자원, 환경, 플랑크톤양 및 수질조사, 해저기복 수중식물 활력도.
- ④ 원격탐측
 - 가시영역($0.4\sim0.7\mu$) 및 적외, 지외선(광역파장 $0.1\sim14\mu$)의 특성을 기록하여 정량 및 정성해석.
- ⑤ 특수사진측량
 - 레이더사진, X 선사진, 위색사진, 적외선사진, 다중파장대사진, 흑백, 천연색사진을 이용. 지도작성 이외의 식생환경, 도시환경(열차단), 농산물실태(MSS), 지질조사, 자원조사, 군사적위험, 조기경보.

1.4.5 도화방법에 의한 분류

- ① 입체도화기,
- ② 사진도해법에 의한 간이도화
- ③ 사진집성에 의한 도화

1.4.6 항공촬영 축척에 의한 분류

- ① 대축척도화 : 저공촬영 (촬영고도 800m 이내)사진도화
- ② 중축척도화 : 중공촬영 (800~3000m)사진도화
- ③ 소축척도화 : 고공촬영 (촬영고도 3000m 이상)사진도화



1.5 사진측량학의 응용범위

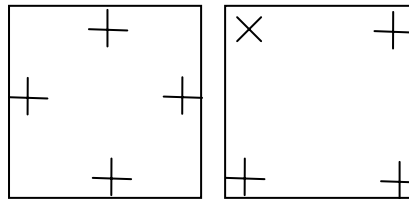
- ① 환경보존 및 조사 :대기오염(R.S), 수질오염(R.S), 자연환경 보호정비, 식물의 활력 조사, 인구분포 조사.
- ② 자원 탐사:광맥조사, 유맥조사, 지질의 단층, 해양자원 조사
- ③ 교통 조사:교통량조사 및 분석, 교통사고처리, 해안침식 및 표사의 이동조사
- ④ 해양 조사:대륙붕조사, 수온조사, 조류조사, 해안침식 및 표사의 이동조사
- ⑤ 방재대책:홍수피해조사, 피해도 작성.
- ⑥ 도시 계획:도시지표면 온도 조사, 도시 발달 상황 조사, 건축물 단속 및 재산세 조사.
- ⑦ 토지 이용:토지이용도작성, 사용토지확대, 국토기본도작성, 지적도 작성.
- ⑧ 농업:수확량조사, 관개효용조사, 병충해조사, 토양의 함수비, 토양도조사
- ⑨ 삼림:수목조사, 밀도조사, 산의 화재조사, 벌채
- ⑩ 기상조사:태풍 조사, 구름의 조사, 천기예보, 풍향 조사.
- ⑪ 고고학:고전발견, 고적발굴물 복원, 문화재 보존 및 복원
- ⑫ 토목설계:사진에 의한 토목구조물의 자동설계 (정밀도화기, CAD/CAM)
하천계획도의 자동설계, 도로설계, 토지조성
- ⑬ 토목설계
사진에 의한 토목구조물의 자동설계(정밀도화기, CAD/CAM)
하천계획도의 자동설계, 도로설계, 토지조성
- ⑭ 의상 및 인간공학 → 인체의 동적상태 측정
- ⑮ 의학,우주개발 및 군사적 이용

제 2 장 측량용사진의 일반성

2-1 촬영(撮影 : Photographing)

• 사진기

- 측량용카메라 : 지표 有, 내부표정요소(f, x_0, y_0)알, (4~12 개의 렌즈구성)
- 비 측량용 카메라 : 지표 無, 내부표정요소(f, x_0, y_0)모름.



Wild 형

zeiss 형

2.1.1 촬영용 카메라

; 초광각 : 100° 이상 , 광각 : 75~100° , 보통 : 60~75° , 협각 : 60°이하

1. 항공사진 측량용 카메라

	회 각	초 점 거 리	화면의 크기	필름의 길이	
보 통 각	60°	210mm	18×18cm	120m	삼립조사용
광 각	90°	152~153mm	23×23cm	120m	일반도화, 관독용
초 광 각	120°	88mm	23×23cm	60m	소축척도화용

※ 측량용(metric)카메라와 비측량용(nonmetric)사진기의 비교

- ① 초점거리가 길다. (측량용 88~210mm, 비측량용 35mm~50mm)
- ② 렌즈의 지름이 크다.
- ③ 렌즈수치가 적으며 수치가 있어도 보정가능
- ④ 해상력과 선명도가 좋다.(중심부 : 50 본/mm, 주변부 : 30 본/mm)
- ⑤ 회각이 크다 (N.A : 60° , W.A : 90° , S.W.A = 120°)
- ⑥ 주변부라도 임사하는 광량의 감소가 거의 없다.
- ⑦ 크고, 중량이 크다. (ex : 80kg 짜리도 있다.)
- ⑧ 셔터 스피드는 1/100~1/1000 초이다
- ⑨ 필름은 폭 24cm (또는 19cm) 길이는 60m, 90m, 120m 의 것을 이용
- ⑩ finder 로 사진의 중복도를 조절한다.

2. 지상사진 측량용 카메라(Terrestrial camera)

3. 입체사진 측량용 카메라(Stereo Camera)

4. 다중파장대 측량용 카메라(Multispectral Camera)

2.1.2 촬영용필름

습도와 온도의 영향으로 신축되기 쉬으므로 초고도 촬영에 있어서 온도저하의 경우 현상처리를 할 때 신중한 처리필요

- ① 감광도가 좋은 것 이어야 하며, 보통 ASA 100 이상
- ② 감광유제(emulsion)의 은입자가 미세하고 해상력이 클 것
- ③ 온도·습도에 변질되지 않을 것
- ④ 제조후 감광도가 변화되지 않을 것
- ⑤ 현상, 정착, 수세, 건조등의 처리기간중 상위치 변화가 없을 것
- ⑥ 경년변화가 없을 것

2.1.3 항공기 및 촬영의 보조기구

일반항공기, 비행선, 기구 및 인공위성 등 공중을 비행하는 일체

※ 촬영용 항공기의 요구조건

- ① 안정성이 좋을 것
- ② 조종성이 좋을 것
- ③ 시계가 좋을 것
- ④ 비행속도가 적당하고 요구되는 속도를 얻을 것
- ⑤ 상승속도가 클 것, 상승한계가 높을 것

※ 지상사진 측량용 사진기

단사진기 : 사진기와 테오돌라이트 결합된 포토레오드라이트, 단사진기

입체사진기 : 기선봉 부착, 동시노출가능, 움직이는 물체촬영가능

2. 촬영보조기구

(1) 수평선 사진기(Horizontal camera)

; 주 카메라의 광축에 직각방향으로 광축이 향하도록 부착시킨 소형카메라

- 주카메라와 동시노출
- 수평선 카메라의 광축방향 : 주카메라의 비행방향에 직각 또는 평행
(이유: 태양의 위치에 따라 역광선 방지)

(2) 고도차계 (Statoscope) : U 자관원리를 이용, 촬영점간의 기압차 기록

(3) APR(Airborne Profile Recorder) : 비행고도 자기기록계, 비행중 대지촬영고도 기록

(4) 자동평형기 (Gyroscope)

- ① 카메라 전체를 자이로로 안정
- ② 자이로 축에 의해 연직방향의 사진상에 촬영과 동시에 찍히도록 경사를 구하여 보정

(5) 항법망원경 : 예정코스에 항공기 진입

전방 95°, 후방 5° 관측

접안격자판 : 비행방향, 횡중복도(30%, sidelap) 경우의 유효폭, 인접코스, 연직점 위치

2.1.4 촬영계획 (Flight design)

가장 능률적이고 경제적이며, 정확도 고려 하여 계획

- (1) 촬영기선 길이 : 촬영종기선길이, 횡기선길이, 주점기선길이 계획
- (2) 촬영고도 및 C 계수 : 촬영기준면을 설정, 저지면기준, 비고가 클 때:평균표고
- (3) 촬영코스

·도로, 철도(선형물)→직선코스 조합

·넓은 지역 ; 동서방향(역광방지)→음영상하변위치 (비고감을 쉽게얻음)

※ 일반적인 코스길이 : 30 Km

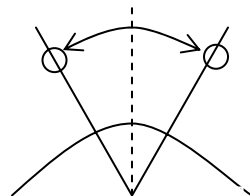
(4) 중복도

- 중복도 : 동일코스내의 중복 (endlap) : 60% (최소 50% 이상)
- 횡중복 : 인접코스사이의 중복 (sidelap) : 30% (최소 5% 이상)

(5) 촬영점(撮定点)배치 : 지상기준점, 2 점의 삼각점, 3 점의 수준점이 최소기준점
기준삼각점이나 수준점이용, 필요시 대공표식

(6) 사진매수 및 지상기준점측량 작업량 산정 : 사진매수는 대상지역의 면적과 안전
율을 고려

(7) 촬영일시 : 구름이 없는 쾌청일의 오전 10 시~오후 2 시사이(태양각 45. 이상)



대축척 : 30. 이상도 가능. 구름다소
연평균쾌청일 80 일

(8) 촬영사진기 선정 : 소요목적과 경제성고려, 협각, 보통각, 광각, 초광각

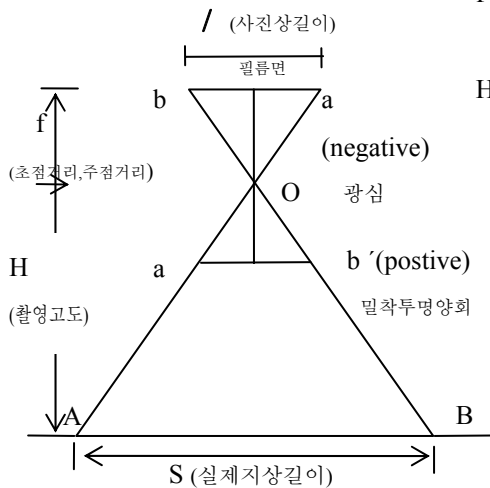
(9) 촬영계획도 작성 : 1/5 만 지형도상에 촬영코스 간격표시

(10) 지도의 사용목적

(11) 소요 사진축척

- (12) 정확도 : 도화기 기준점성과 안전을 최상
- (13) 현지지형(비고고려)
- (14) 토지이용도, 사용도화기, 항공기선정

1. 사진 측척 (Photo Scale) 수학적 정의



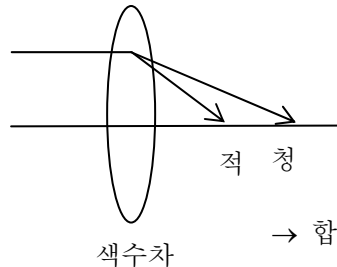
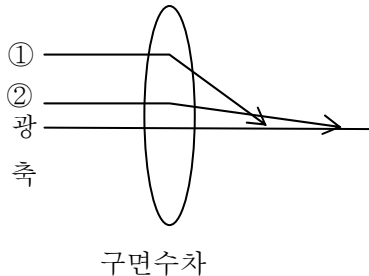
f : 화면거리, 주점거리(principal point)
 카메라의 초점거리와 일치 (광학적 정의)

H : 촬영고도
 $\triangle OAB \sim \triangle oab$ 이므로 사진측척은
 $\therefore M = 1/m = f/H = l/S = f/H \pm h$
 (비고가 있을 때)
 (m =측척분모수, $s=l$ 에 대한 지상거리
 지형도상에서 $s=l/mt$)

→ 초점거리와 주점거리는 반드시 일치하지 않는다.

(구면수차 : 렌즈주변부의 광선이 중심부의 광선보다 굴절률이 크다.→초점흐려짐)

(색 수차 : 초점의 조절에 따라 여러 색상 형성)



→ 합성렌즈, 광학렌즈
 이용소거

(예제 1) p383 10

화면거리 15 cm 의 카메라로 평지를 지면에서 3000m 의 촬영고도로 찍은 사진의 측척은 ?

(풀이) $M = 1/m = f/H = 0.15/3,000 = 1/20,000$

(예제 2) p383 12

$f = 200\text{mm}$ 의 카메라로 평지로부터 8,000m 의 높이에서 찍은 수직사진의 경우, 사진상에 기준면 아래 비고 500m 의 사진측척은 ?

(풀이) $M = 1/m = f/H = f / H \pm h = 0.2/8,000+500 = 0.2/8,500 = 1/42,500$

(예제 3) p383 14

촬영고도 3,000m 의 비행기에서 $f = 150\text{mm}$ 의 사진기로 촬영한 수직사진에서 길이 50m 의 교량은 몇 cm 에 찍히는가?

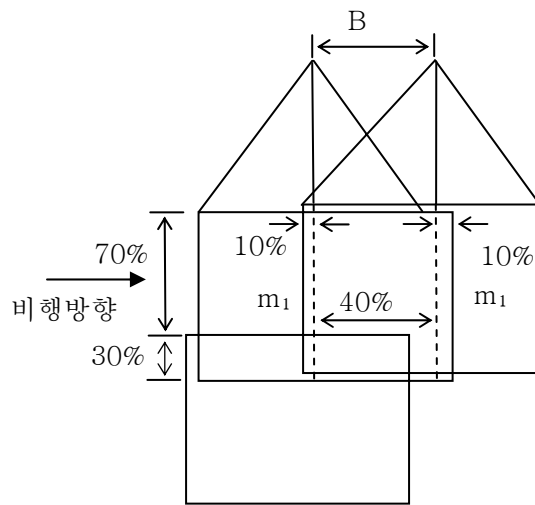
(풀이) $M = 1/m = f/H = 0.15/3,000 = 1/20,000$

$$1/20,000 = \text{도상거리}/50$$

$$\text{도상거리} = 50/20,000 = 0.0025\text{m}$$

$$= 0.25\text{cm}$$

2. 촬영기선 길이 (airbase)



; 60% 의 중중복과 30%의 황중복의 계획된 중복된 중
복사진에서 임의의 촬영점에서 다음 촬영점까지의
실제거리

모델(Model) ; 중복된 한쌍의 사진으로 입체시 되는
부분(stereo model)

스트립(Strip) ; 단코스

코스(Course) ; 비행방향

<중복도>

$$B = \text{화면크기의 실거리} \times (1 - P/100)$$

$P = 60\%$ 일때

$$B = ma(1 - 60/100) = 0.4ma$$

→ 촬영중기선 길이

◎ 코스사이의 간격 C_o (촬영횡기선 길이)

$$C_o = \text{화면크기의 실거리} \times (1 - q/100)$$

$q = 30\%$ 일때

$$C_o = 0.7 ma \quad \diamond m = \text{사진축척 분모수}, a = \text{화면거리}$$

* 주점기선길이 : 임의의 사진주점과 다음사진의 주점사이의 거리

(예제 1) 평탄지 축척 1/10000 로 촬영한 연직사진에서 P382 문제 9 촬영에 사용한 카메라
의 $f = 150\text{mm}$, 화면의 크기 $23 \times 23\text{cm}$, 중중복도 60% 일때 기선고도비는?

(풀이) 기선고도비 = B/H

$$B = ma(1 - p/100) = 10000 \times 0.23 \times (1 - 60/100) \\ = 920 \text{ m}$$

$$M = 1/m = f/H$$

$$H = mf = 10,000 \times 0.15 = 1,500\text{m}$$

$$\therefore \text{기선고도비} = B / H = 920/1,500 = 0.613$$

(예제 2) $f = 150\text{mm}$, 비행고도 $3,000\text{m}$, 화면크기 $23 \times 23\text{cm}$ 일 때 중중복이 65%라면 이때의 기선장은 몇 m 인가?

(풀이) $M = 1/m = f/H = 0.15/3,000 = 1/20,000$

$$B = ma(1 - p/100) = 20,000 \times 0.23 \times (1 - 65/100) \\ = 1,610 \text{ m}$$

(예제 3) 중중복 70%, 횡중복 20%일 때 촬영중기선 길이와 촬영횡기선 길이와의 비는?

(풀이) $ma(1 - p/100) : ma(1 - q/100) = 0.3 : 0.8 = 3:8$

3. 촬영고도(撮影高度) 및 C 계수 (C factor)

; 촬영기준면을 기준으로 설정, 저지대 기준

○ 촬영기준면 : 계획지역의 저지대를 기준으로 설정

- 비고가 클 때 → 평균고도 결정 후 촬영고도결정

- 20% 이상시 → 2 단 촬영(코스단위로 촬영고도를 다르게, 코오스 단위로 촬영축척에 맞게 도화 가능 범위)

※ 등고선 간격과 사용도화기 성질에 따른 촬영고도 $H = C \cdot \Delta h$

(예제) Stereophotter A8 로 $1/10,000$ 지형도를 그릴 때 촬영고도는 ?

(단, A8 의 $C = 1,600$, $\Delta h:1.0\text{m}$)

(풀이) $H = C \cdot \Delta h = 1600 \times 1 = 1600\text{m}$

(예제) $f=150\text{mm}$ 이고, 축척이 $1/50000$ 일때 $C = 1200$ 이면 등고선 간격은?

(풀이) $M = 1/m = f/H$ $H = mf = 50,000 \times 0.15 = 6.25\text{m}$

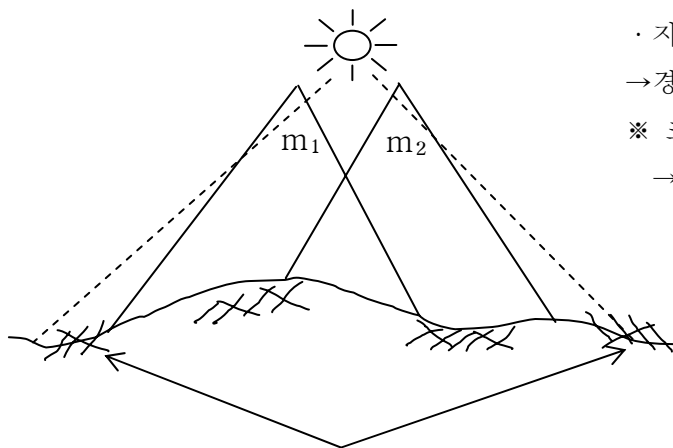
4. 촬영 코오스

; 촬영지역을 완전히 덮고 코오스사이의 중복도를 고려 결정

· 도로, 하천(선형물) → 선형물에 따른 직선코오스 조합

· 넓은 지역 → 동서방향으로 직선코오스 (역광방지)

; <이유> 입체시때 비교감을 크게하기 위해서(도화작업)



· 지역이 남북으로 긴 경우

→ 경제성을 고려 남북방향

※ 코오스 길이

→ 30km 를 한도로 함

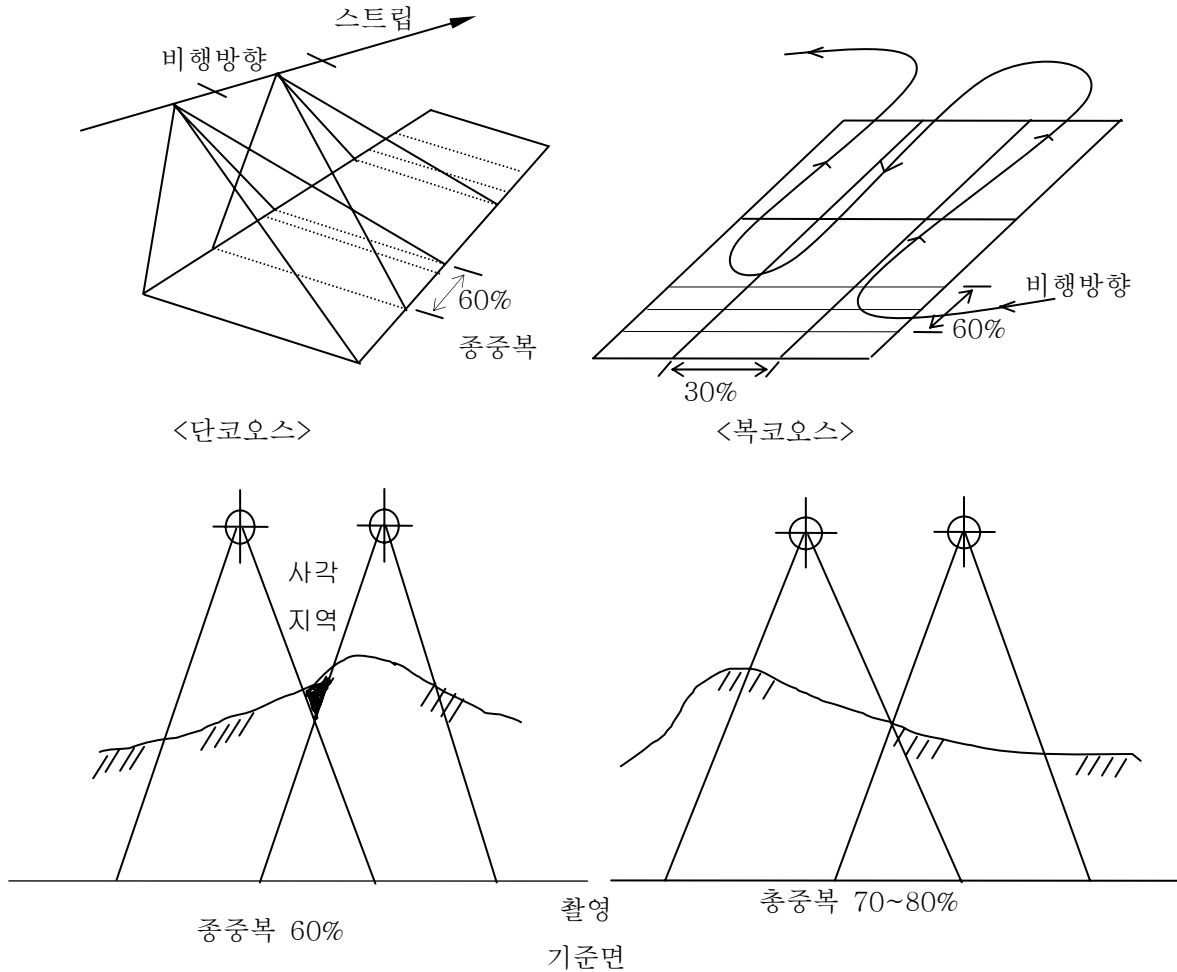
5. 중 복 도 (Overlap)

◎ 넓은지역→횡중복(코오스 사이의 중복) - 평탄지:20~30%, 산악지:30~40%

중중복(인접사진 사이의 중복) :60%를 기준 (예외:지상기준점이 사진상의 양호한 지역에 오기위해 90% 고려)

◎ 산악지역(한모델, 한사진의 고저차가 촬영고도의 10%이상지역)

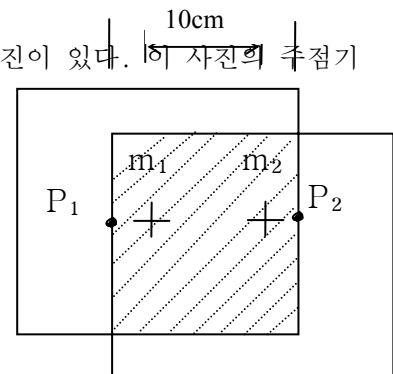
고층건물이 밀집된 시가지→20% 또는 10% 이상 중복도가 증가



◎ 일반적으로 같은 코오스에서 비교의 양이→촬영고도의 20%(2 단 촬영), 횡중복의 30%(사각방지) 넘지 않도록 계획

(예 제) 평지를 화면크기 23X23cm 의 카메라로 촬영한 항공사진이 있다. 이 사진의 주점기 전장은 밀착사진상에서 10cm 였다. 인접사진과의 중복도는 ?

$$\begin{aligned}
 (\text{풀이}) \quad p_1 m_1 &= a/2 - m_1 m_2 \\
 &= 11.5 - 10 \\
 &= 1.5 \\
 &\text{중복도(중중복)}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= pm_1 + m_1m_2 + p_2 m_2 / a \\
 &= 1.5+10+1.5/23 \\
 &= 13/23 \\
 &= 0.565 \qquad \therefore p = 57\%
 \end{aligned}$$

(예제 2) 두변의 길이가 동서 20km, 남북 15km 인 장방형의 종중복 60%, 횡중복 30%로 촬영하였다. 이 작업에 필요한 삼각점수는 최소 몇 점이 있어야 하는가?

(단, 사진의 크기 23X23cm, f=150mm, H=3,000m)

(풀이)삼각점수=모델수 X 2

$$\textcircled{1} M = 1/m = f/H \qquad m = H/f = 3000/0.15 = 20,000$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{3} \text{ 종모델수} &= \text{코오스의 길이}(s_1)/\text{종기선길이}(B) \\
 &= 20000/ma(1 - p/100) = 10.87 = 11\text{model}
 \end{aligned}$$

6. 표정점(標定点)의 배치

- 대지표정에 필요한 것→삼각점(x,y) 2 점, 수준점(z) 3 점
- 기준점(삼각점, 수준점→기준설치)만으로 불충분시 대공표식후 각 표정점에 표시→중복도 고려후 균등 등분포 배치
- 스트립 항공삼각측량→각 코오스의 최초모델에 4 점(최소 3 점)
 최후모델 2 점
 중간 4~5 모델마다 1 점

7. 촬영(撮影)일시

구름이 없는 쾌청일의 오전 10~오후 2 시 사이(태양각 45° 이상(역광방지))

- 대축척 사진 측량시 : 태양각 30° 이상, 어느정도 구름이 있어도 가능
- 연평균 쾌청일 : 80 일

8. 촬영카메라 선정

- 지형이나 소요목적에 따라 선정
- 동일촬영고도인 경우→광각사진기의 축척은 작지만 촬영면적이 넓고 코오스의 사진매수가 적어 경제적

9. 촬영(撮影)계획도 작성

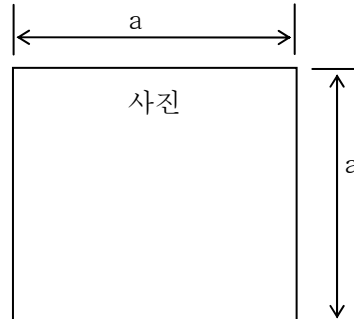
기존의 소축척 (1/5 만 지형도)이용, 촬영코오스간격표시 → 촬영축척위 1/2 정도로 선택

10. 사진의 매수(枚數)및 지상기준점 작업량

- 1) 실제면적 A

$$A = (a \times m) (a \times m) = a^2 m^2 = a^2 (H/f)^2 = a^2 H^2 / f^2$$

A: 사진의 길이, f: 화면거리, m: 축척분모수



2) 중중복 P%, 횡중복 g% 일때 모델 A₀의 면적(촬영유효면적)

※ 단 코오스인 경우 $A_0 = A (1 - P/100) = a^2 m^2 (1 - P/100)$

※ 복 코오스(block) 인 경우 $A_0 = A (1 - P/100) (1 - g/100)$
 $= a^2 m^2 (1 - P/100) (1 - g/100)$

◎ 촬영대상지역의 전체면적을 고려한 사진매수(F/A₀)

① 대상지역 사진매수 = F / A₀ (F:촬영도화지역면적)

$$= F / A (1 - P/100) (1 - q/100)$$

$$= F / a^2 m^2 (1 - P/100) (1 - q/100)$$

② 안전율 고려 ; 사진매수 산출시 30%

대상지역 사진매수 = F / A₀ X (1+안전율)

◎ 촬영 총 코오스 길이를 고려한 사진매수 (D)

· 총모델수 D = (스트립 길이 / B) + 1 → 단 코오스 사진매수(N)

· 횡모델수 D' = (스트립의 직각 방향길이 / B') 일 경우 → B'은 횡중복의 주정산 길이

$$\text{총 모델 } N = D' D, \quad \text{총사진매수} = (D+1) \times D'$$

(예제 1) 실제면적 (A)

촬영고도 3,000m 에서 f=1500mm 의 사진기로 평지를 촬영한 밀착사진의 크기가 23 X 23cm 이고 중중복 52% 횡중복 30%일 때 연속사진의 유효면적은?

(풀이) $M = 1/m = f/H$ $m = H/f = 3000/0.15 = 20,000$

$$A_0 = a^2 m^2 (1 - P/100) (1 - q/100) = (2000 \times 0.23)^2 \times (1 - 52/100) (1 - 30/100)$$

$$= 7,109,760 \text{ m}^2 = 7,109 \text{ km}^2$$

(예제 2) 가로 30km, 세로 20km 인 장방형의 토지를 축척 1/50,000 의 항공사진으로 중중복 60%, 횡중복 20% 인 경우 사진매수는 ? (단, 화면의 크기는 23 X 23cm)

(풀이) 사진매수 = F / A₀ X (1+안전율)

$$\text{사진매수} = F / A_0$$

$$\begin{aligned}
 A_0 &= a^2 m^2 (1 - P/100) (1 - q/100) \\
 &= (50000 \times 0.23)^2 \times (1 - 60/100) (1 - 20/100) = 42,320,000 m^2 \\
 \therefore \text{매수} &= F / A_0 = 30 \times 100 \times 20 \times 1000 / 42,320,000 = 14.18 = 15 \text{ 매}
 \end{aligned}$$

(예제 3) 가로 50km, 세로 25km 인 장방형 토지를 축척 1/20,000 의 항공사진으로 p=60%, g=30% 일 경우 사진매수는 ? (단, 사진의 크기는 18 X 23cm, 안전율 40%)

(풀이) 사진매수 = $F / A_0 \times (1 + \text{안전율})$

$$\begin{aligned}
 A_0 &= a^2 m^2 (1 - P/100) (1 - g/100) \\
 &= (20000 \times 0.18)^2 (1 - 60/100) (1 - 30/100) = 4,635,800 m^2 \\
 \therefore \text{사진매수} &= F / A_0 \times (1 + \text{안전율}) = \\
 &= (150 \times 1000 \times 25 \times 1000 / 4635800) \times (1 + 0.4) \\
 &= 377.41546 = 378 \text{ 매}
 \end{aligned}$$

◎ 총코오스 길이 (S)가 주어진 노선촬영시 사진매수

$$\begin{aligned}
 \text{노선촬영매수} &= (\text{촬영 총 코오스 길이(km)} / \text{촬영 기선장}) \times (1 - \text{안전율}) \\
 &= S / B \times 1.3 \text{ (안전율:0.3 인 경우)}
 \end{aligned}$$

3) 지상기준점 측량의 작업량

; 삼각점의 수와 수준측량의 거리 (km)산출

- 삼각점수 = 모델의 수 x 2 <항공삼각측량시 별도계산>
- 수준측량 = [촬영코오스의 종방향길이 x (2 x 코오스수+1) + 촬영코오스의 횡방향길이 x 2] km

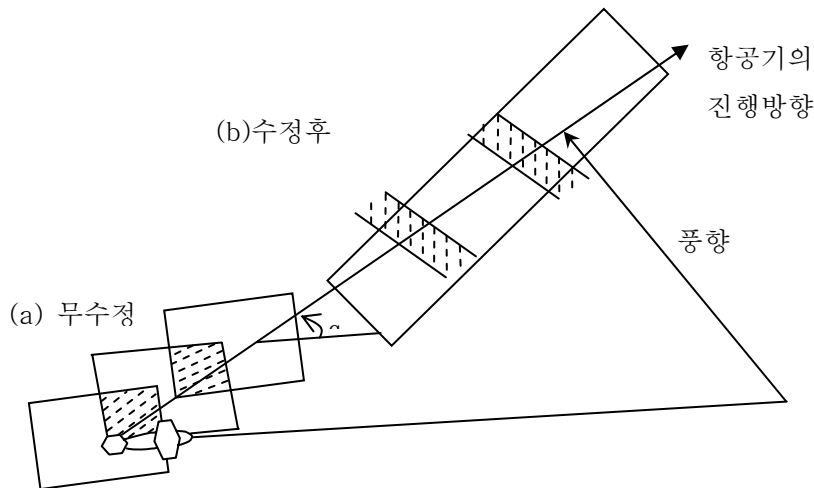
11. 촬영

항공기에 촬영사 동승 (카메라의 조각 및 촬영)

· 촬영 : 코오스 (10%)→코오스 간격

고 도 (5% 이상 낮게, 10%이상 높게)진동하지 않도록 촬영

· 편류(偏流): 카메라를 편류의 각도 α 만큼 회전 (편류각 5° 이내)



· 앞뒤사진 회전각 5° 이내, 카메라의 경사는 3° 이내

· Photo spot (halation)→낮에 연못이나 수면에서 3° 이내

· 계절은 낙엽이 진 가을에서 이른 봄 까지 (적설지는 겨울을 피함)

12. 노출시간(露出時間 ; Exposure time)

; 촬영시(노출시간, 조리개의 결정)에 중요함

감광도 필터의 성질, 반사공의 spectral 분포에 관계

◎ 최장, 최소 노출시간

$$T_l = \Delta S m / V, \quad T_s = B / V$$

(T_l : 최장노출시간, T_s : 최소노출시간, ΔS : 흔들리는 양, V : 항공기속도,

$B = 0.23 \times (1-p/100) \times m$ (p :중중복도), m :축척분모수)

(예제) 항공사진에서 $M=1/15000$ 일때 허용흔들림 0.01mm 최장노출시간 $1/100$ 초로 하기위한 항공기속도는?

$$(\text{풀이}) T_l = \Delta S \cdot m / V$$

$$\therefore V = \Delta S \cdot m / T_l = \{0.01 \times 10^{-6} \times 15000 / (1/100)\} \times 3600 = 54\text{km/h}$$

(예제) H=4000m 에서 16cm 주점거리의 광각사진기로 시속 180km 로 항공사진기를 촬영사진을 촬영할 때 사진노출간의 최소노출시간은? (단, a=23×23cm p=60%)

(풀이) $m=H/f$, $B=m-a(1-p/100)=4000/0.16 \times 0.23(1-60/100)=2300$

$$T_s=B/V=2,300/180 \times 10^3 \times (1/3600)=46(\text{초})$$

13. 촬영된 사진상의 계기와 지표

1) 초점거리 (focal length) : 사진축척의 결정, 도화

: 1/100mm 까지 정확하게 결정

2) 촬영고도 및 고도차 : 촬영시의 촬영고도나 앞고도와의 차를 기록

3) 사진번호 : Zeiss : 촬영지역마다 NO.1 에서 시작

Wild : 고유의 일련번호 (중복된 번호가 없다.)

4) 수준기

: 5 개의 동심원

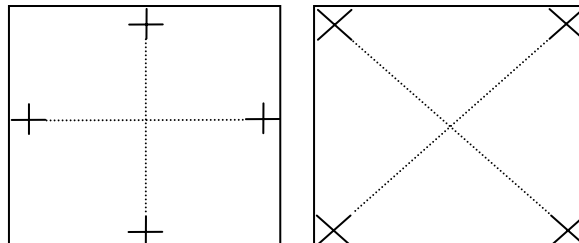
$$1g=90g/100=0.9^\circ=54'$$

$$\therefore 5g=4^\circ 30'$$

5) 촬영시간 : 교통사고, 홍수, 유속측량에서는 1/10 초까지 기록

6) 지표

; 지표간의 거리를 엄밀히 측정하였으므로, 필름시축이 있으면 지표거리를 재어 신축신청



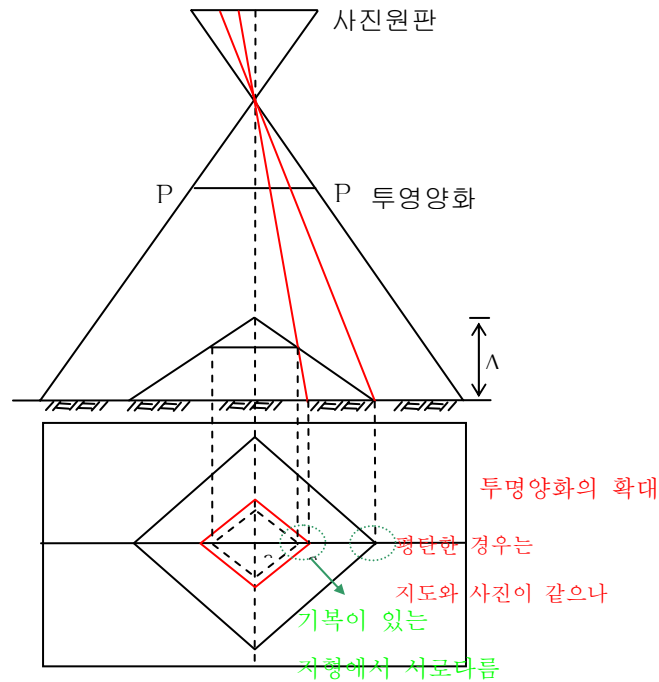
7) 필름의 주기 (註記): 촬영 연, 월, 일 지구명 등을 메모하는 판

2.5 사진의 특성

○ 중심투영(central projection)

사진의상은 피사체로부터 반사된 광이 렌즈중심을 직진하여 평면인 필름면에 투영된 투영 사진음화면(원판) → 도립실상

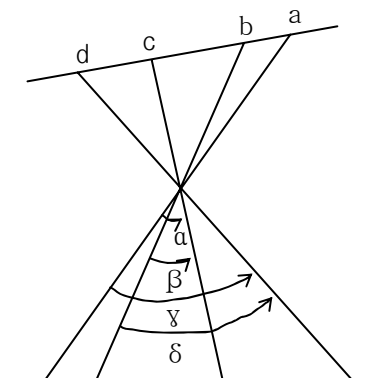
; 지형도상에서 a로 나타나있는 A 점의 중심투영상이 a'로 나타남.



2. 중심투영의 기하학적 성질

◎비조화비(교차비, 복비, unhamonic ratio, cross ratio) 직선의 대응관계

; 평면상의 도형을 다른 평면상에 중심투영으로 촬영한 경우 각 점들이 만들어진 比. 경 사진사진기로 촬영한 사진을 연직으로 만드는 편위수정 작업에 이용



$$\begin{aligned} AC/\sin \alpha &= OA/\sin C \\ BC/\sin \beta &= OB/\sin C \\ AD/\sin \gamma &= OA/\sin D \\ BD/\sin \delta &= OB/\sin D \\ \therefore (ABCD) &= (AC/BC)/(AD/BD) = \\ &= (\sin \alpha / \sin \beta) / (\sin \gamma / \sin \delta) \\ (ABCD) &= (abcd) \end{aligned}$$

◎사영변환

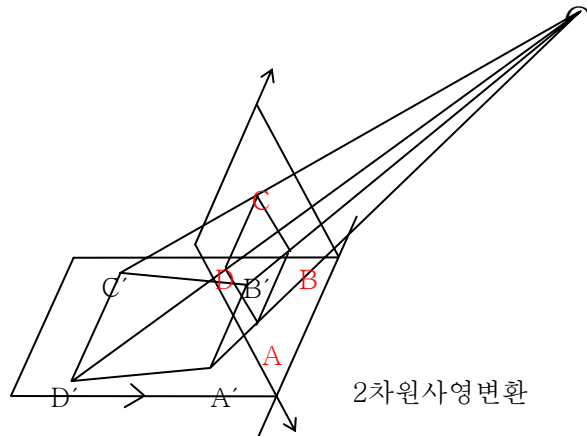
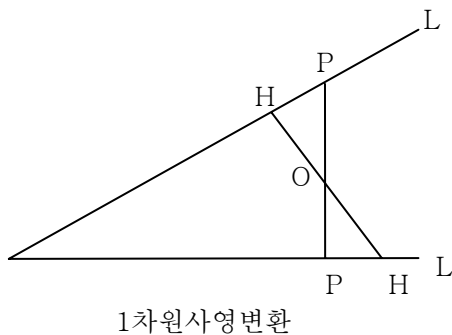
각도에 따라 형태가 변하면 평면위의 점이 투영중심에 대해 다른 평면으로 투영된 것과 같은 변환

(x, y) : 경사져 있지 않은 사진좌표

(x', y') : 경사져 있는 사진좌표

; 2차원 사영변환은 평탄한 토지, 수면, 건물의 벽등 평면을 찍었을 때 대상물면과 사진간의 좌표변환에 이용

a1~a8의 미지수는 4 점의 기지점만 있으면 결정



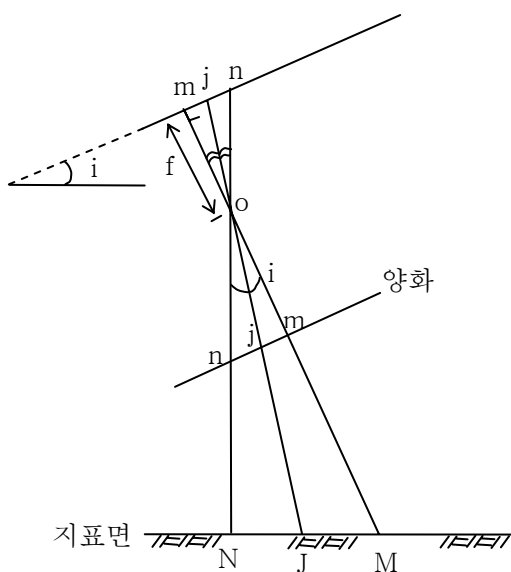
◎ 항공사진의 특수 3 점

; 주점, 연직점, 등각점

연직사진 : 주점

고저차가 큰 지형의 수직 및 경사사진 : 연직점

평탄한 지역의 경사사진 : 등각점



(3) 등각점 (isocenter)

(1) 주점 (principal point) : M

사진의 중심점 (렌즈 중심으로부터 사진면에 내린 수선의 발)

일반적으로 지표(fiducial mark)의 대각선이 서로 만나는 점이 주점의 위치

(2) 연직점 (nadir point) : N

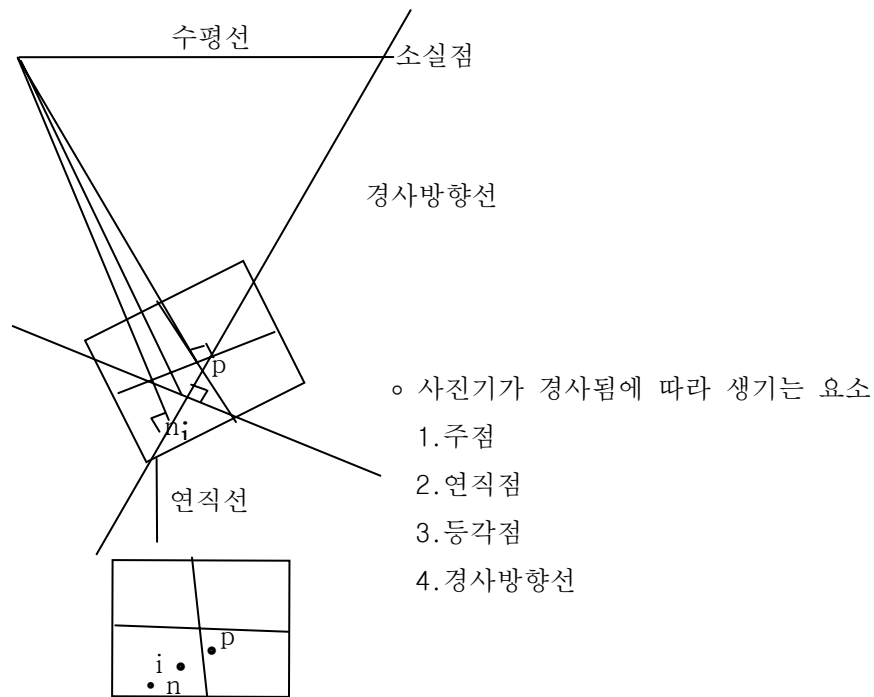
렌즈중심으로부터 지표면에 내린 수선의 발 N을 지상연직점이라하며 그선을 연장하여 사진면과 만나는 n 점(렌즈중심을 통한 연직축과 사진면과의 교점을 연직점)

· 위치 : 주점으로부터 최대경사선상에 $mn=ftani$ 만큼 떨어져 있다.

사진면과 직교하는 광선과 연직선이 이루는 각을 2 등분하는 광선이 교차하는 점
 $m_j = \tan i/2$ 등각점의 위치는 주점으로부터 최대경사 방향선상

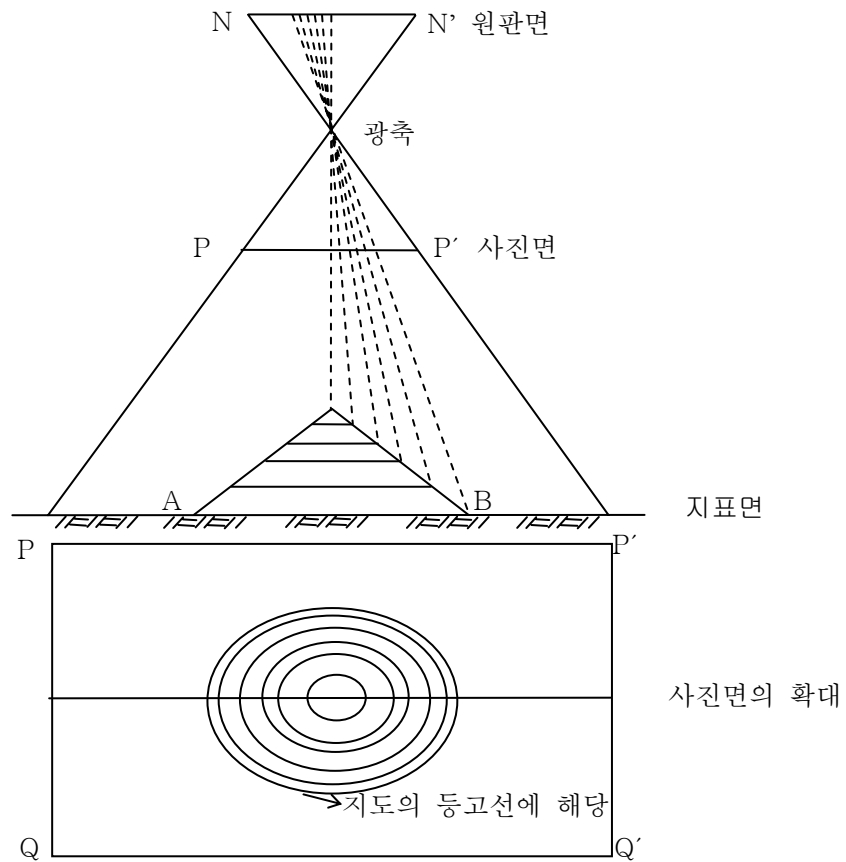
• 특수 3 점 사이의 관계

- ① 주점만이 사진상에 고정된 점이며, 등각점과 연직점을 결정짓는 기준
- ② 경사가 적을시 → 주점을 연직점, 등각점 대용으로 사용
- ③ 경사각이 0 → 주점, 등각점, 연직점이 동일
- ④ 사진상에서 특수 3 점을 찾는 난이도 → 등각점 → 연직점 → 주점
- ⑤ 토지기복에 의한 사선방향 왜곡수차량 → 연직점에서 0 주점(크다) → 등각점 → 연직점
- ⑥ 사진기의 경사에 의한 사선방향 변위 → 등각점(0)이고 다른점에서 미소
- ⑦ 방향변위량 → 방향에 따라다르며, 사진의 경사원인에서는 최대명사선과 직각방향에서 0
- ⑧ 주점의 고저에 의한 변위 → 최대경사방향에서 0 직각방향에서 극대.



◎ 中心投影(central projection)

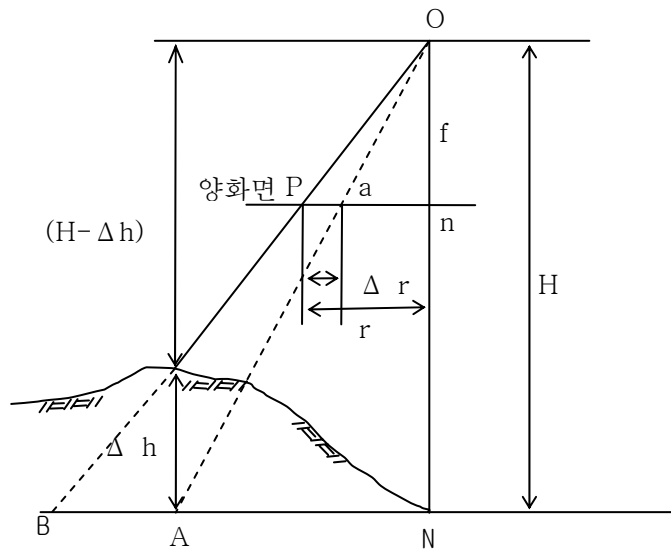
- 음화 (필름상태) → 실제와 역상
- 양화 (인화지상태) → 실제와 동일
- 투명양화 → diapositive (인화를 필름면에)
 ↳ 도화기에 도화시



2.6 단사진의 위치결정

2.6.1 기복 변위 (relief displacement)

지표면에 기복이 있을 경우, 연직촬영이라도 축척이 같지않아 사진면에서 연직점을 중심으로 방사상으로 생기는 변위



정사촬영지도라면 $P=A$ 이나 Δh 라는 기복 때문에 사진에는 Δr 만큼의 변위가 생긴. 즉, a 이 어야 할 점이 p 로 밀림.

$$\Delta opn \propto \Delta PBA$$

$$\Delta R / \Delta h = r / f \quad \therefore \Delta R = r / f \Delta h$$

$$\Delta opa \propto \Delta OBA$$

$$\Delta r / \Delta R = OP / OB = f / H \quad \therefore \Delta r = f / H \Delta R$$

$$\therefore \Delta r = (f / H) \cdot (r / f) \Delta h = r / H \Delta h$$

$$= (\Delta h / H) \cdot r$$

$$R = \Delta r / \Delta h \cdot H$$

비고 Δh 가(+)

Δr (-)

즉, 사진의 변위는 비고와 비례

또한, { $\Delta r \propto r$ (변위는 연직점에서 거리에 비례)}

{ $\Delta r \propto 1/H$ (변위를 적게하려면 촬영고도를 높임)}

↳ 초점거리와 관계없음

2.6.2 평면위치의 결정

· 기복변위량 결정

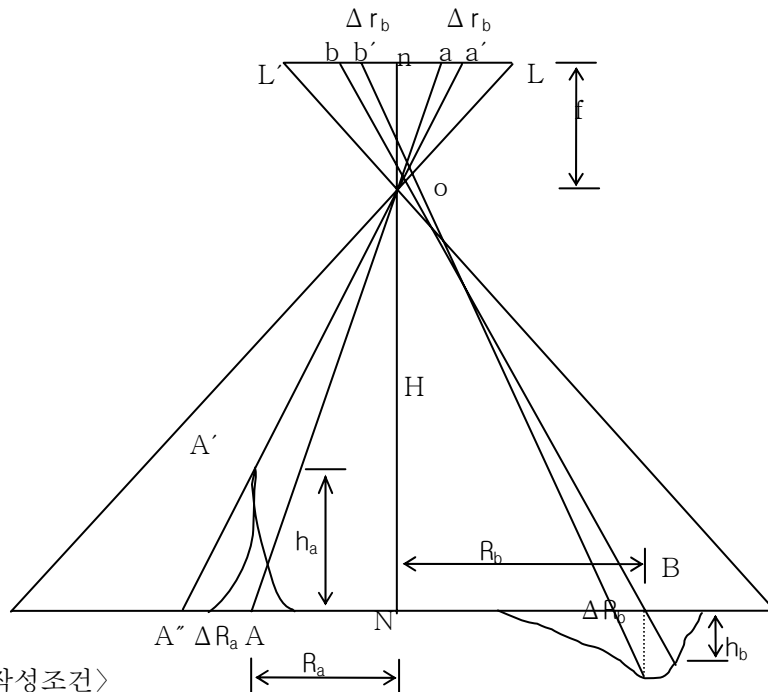
$$\Delta O n a \sim \Delta A' A A'', \Delta O a a' \sim \Delta O A A'$$

$$\Delta r_a = (f/H) \times \Delta R_a$$

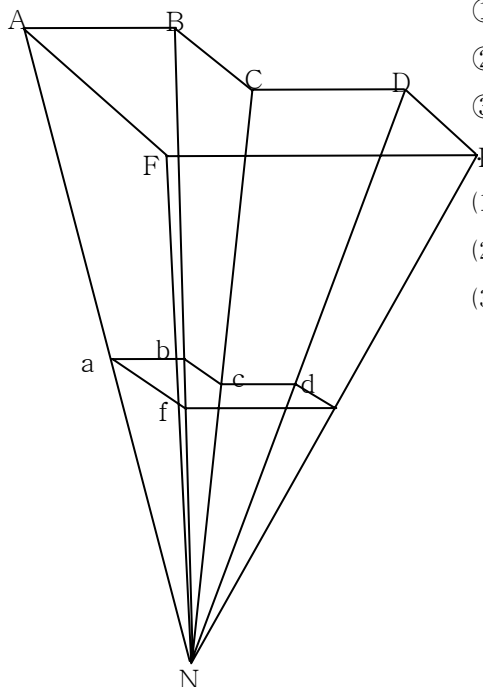
$$\Delta r_a = (f/H) \times (r_a/f) \Delta h_a = (\Delta h_a/H) \times r_a$$

$$\Delta r_b = (\Delta h_b/H) \times r_b$$

$$\therefore \Delta r = (\Delta h/H) \times r$$



〈평면도 작성조건〉



① 연직사진 (연직점위치 기지)

② 대상지역이 평지

③ 대상지역의 기복시 기복변위를 알 수 있을 것

Eb, c, d의 위치결정

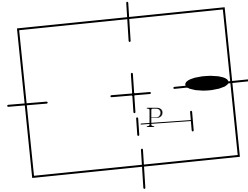
(1) 연직점의 변위를 결정 → r_a , Δr_c , Δr_d

(2) N과 B, C, D를 직성으로 연결

(3) 평행으로 연결

2.6.3 높이의 결정

· 연직사진시 가능

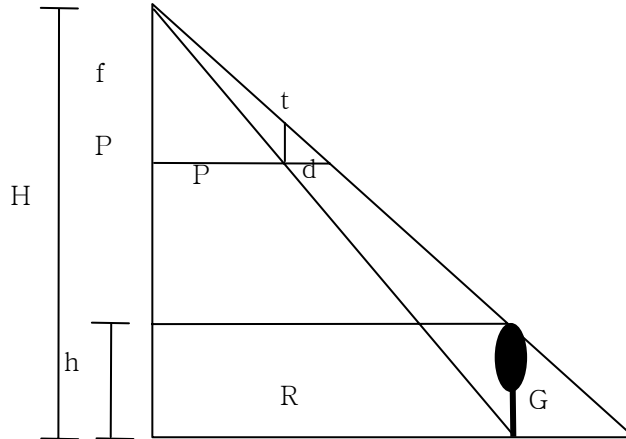


$$f/H = t/h = P/R$$

$$d/t = (P+d)/f = R/(H-h)$$

$$\therefore h = (d \times H) / (P+d)$$

($\therefore P$: 나 주점에서 나무밑까지의 사진상 길이,
 d : 기복변위량)



$\Delta r = 0.2\text{mm}$ (보통무시) 화면크기 $18\text{cm} \times 18\text{cm}$, $r = 10\text{cm}$ 이라면,

$r \times (\Delta h/H) = \Delta r < 0.2/100 = 1/500$ 즉, 비고가 촬영고도의 $1/500$ 이내이면 지표면 수평과 별로 큰 차이가 없음.

<예제 1> 촬영고도 $3,000\text{m}$, 비고 200m 인 사진주점에서 투영점까지의 거리가 9.6m 지점에서 사진상의 기복변위량은?

$$\Delta r = (\Delta h/H) \times r = (200/3,000) \times 0.096 = 0.0064\text{m} = 6.4\text{mm}$$

<예제 2> 평탄한 지역을 초점거리 15cm 의 카메라로 촬영한 $1/2$ 만의 연직사진이 있다. 사진상에 높이 30m 의 철탑이 주점기선의 철탑꼭지가 그 근원에 대하여 변위하고 있는 양은? 단, 밀착사진의 크기는 $23 \times 23\text{cm}$ 이며 중복도는 60% 이다.

(풀이) 연직사진에서 주점과 화면연직점과는 일치한다.

따라서, 연직점에서 철탑까지의 거리 r 은 주점기선의 중점에 있으므로,

$$r = 23 \times (1 - 0.6) \times 1/2 = 4.6\text{mm}$$

$$H = mf = 20,000 \times 0.15 = 3,000\text{m}$$

$$\therefore \Delta r = (\Delta h/H) \times r = (30/3,000) \times 4.6 = 0.46\text{mm}$$

<예제 3> 평탄한 토지를 $f = 150\text{mm}$ 의 카메라로 $H = 3,000\text{m}$ 로부터 촬영한 축척 $1/20,000$ 의 공중사진이 있다. 이 사진의 연직점으로부터 10cm 떨어진 위치에 굴뚝이 있다. 이 굴뚝상의 길이를 측정한 결과 2mm 였다면 굴뚝의 높이는?

$$(풀이) \Delta r = (\Delta h/H) \times r \quad \Delta h = (H/r) \times \Delta r \quad H = mf = 2,000 \times 0.15 = 300\text{m}$$

$$\therefore \Delta h = (3,000/100) \times 2 = 60\text{m}$$

제 3 장 입체사진측량

3.1 입체시

- └ 단안시 : 물체의 원근감을 얻을 수 없다.
- └ 쌍안시
 - └ 정입체시 → 원근감이 얻어진다.
 - └ 역입체시

3.2 역입체시(pseudoscopic vision)

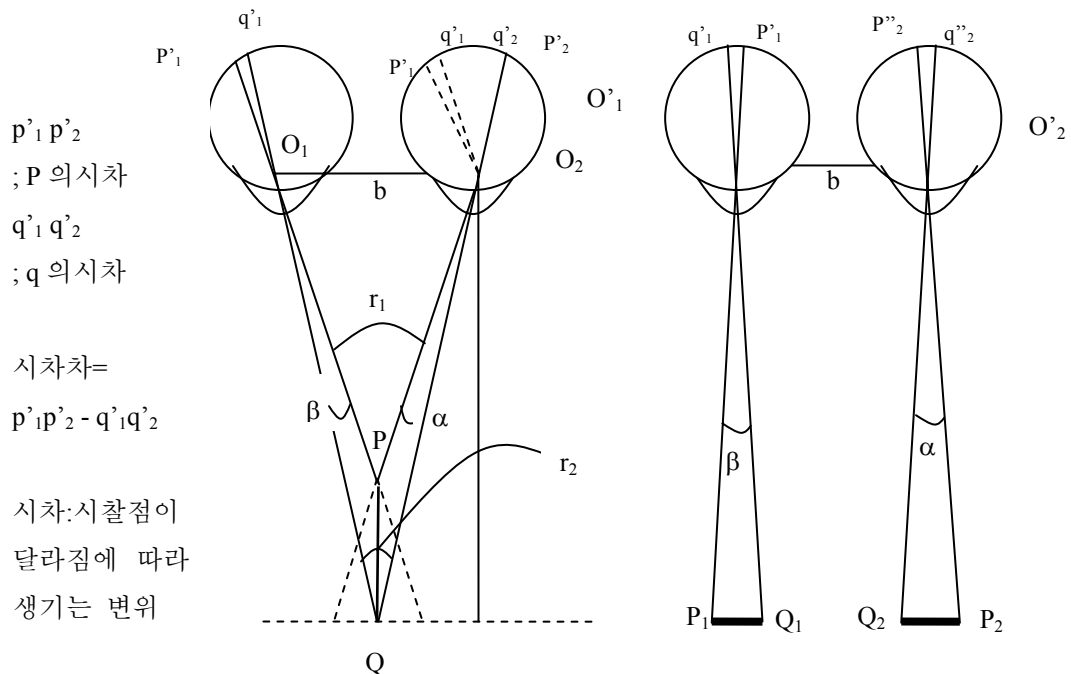
; 고저가 바뀌는 입체시(높은 것→낮게, 낮은것→높게)

- ① 한쌍의 입체사진을 180° 회전할 경우
- ② 정상적인 여색입체시 과정에서 색안경의 적·청을 좌우로 바꾸어 볼 경우

3.3 입체사진의 조건 : 입체감을 주기위해 2 매의 사진이 만족할 조건

- 1) 한 쌍의 사진을 촬영한 사진기의 광축이 거의 동일평면상에 있어야 한다.
- 2) B/H 가 적당한 값 약 0.25 정도이다.
- 3) 2 매의 사진축척은 거의 같아야 한다.

- └ 축척차가 15%까지는 입체시 가능
- └ 장시간 입체시할 경우 5% 이상은 안 좋음



3.4 입체시의 조건

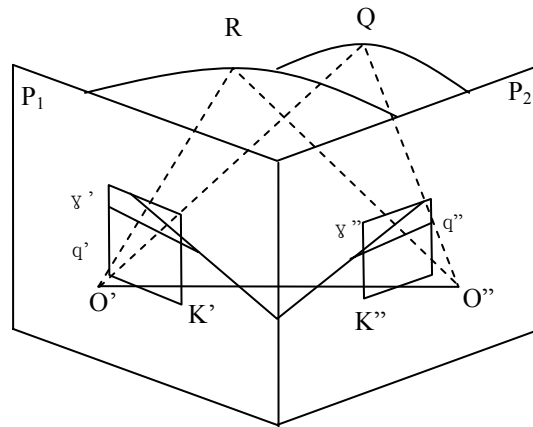


그림 3.2 입체시의 재현

- 1) 핵축(epipolar axis) ; 좌우 투영중심 O', O'' 을 연결한선
- 2) 핵점(epipolar point) ; 핵축과 사진면의 교점(K', K'')
 P_1, P_2 가 평행이면 핵점은 무한차원에 위치
- 3) 핵면(epipolar plane) ; 핵축과 피사체가 만드는 면, 주점을 포함한 핵면을 주핵면
- 4) 핵선(epipolar line) ; 핵면과 피사체의 교선

※ 입체시의 재현방법

- ① 1 쌍의 사진을 촬영할 때와 같은 상태로 눈을 투영중심에 갖다놓음
- ② 2 매의 사진을 책상과 같은 평평한면에 놓고 입체시 하여야 할 경우
 $\Rightarrow$ 입체시할 피사체의 핵선을 일직선상으로 벌려놓고, 그것과 평행하게 안기선을 둔다.
 ◎입체경 : 렌즈식입체경
 반사식입체경

- 1) 판독할 때 한번에 넓은 범위를 볼 경우, 사진을 확대하여 세밀한 부분을 볼 경우
- 2) 평지의 간단한 평면도를 그릴 경우
- 3) 여러목적의 측침을 할 경우(점이사)
- 4) 비고를 시준선에 의해 측정하여, 개략의 등고선도를 그릴 경우
- 5) 기존지도의 수정

- ※ 여색입체시 (anaglyph) { 여색인쇄법 = 중복사진에서 오른쪽은 적색, 왼쪽은 청색으로 형상하여 중첩으로 인쇄
 투영광법

5. 입체상의 변화

1)기선의 변화에 의한 변화

- └ 기선길이 긴경우 → 높게
- └ 기선길이 짧은경우 → 낮게

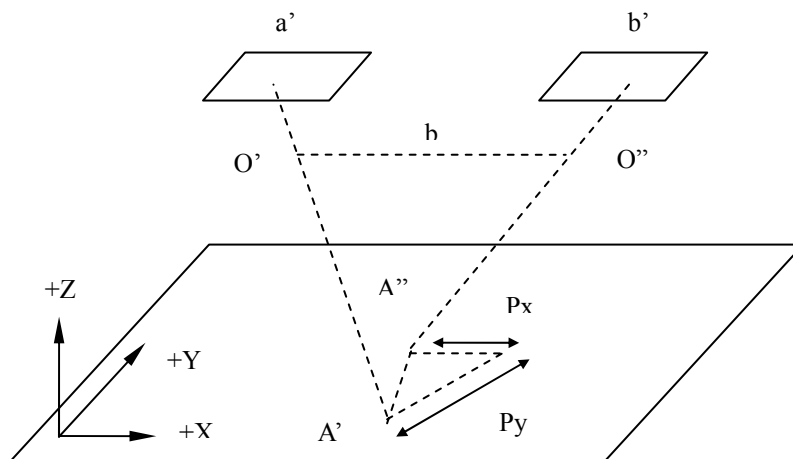
2) 초점거리의 변화에 의한 변화 : 긴 경우가 더 높게

3) 촬영고도차에 의한 변화 : 낮은 촬영고도가 더 높게

4) 눈의 높이에 의한 변화: 눈의 높이가 약간 높아짐에 따라 더 높게

5) 눈을 옆으로 돌렸을때의 변화:눈에 따라 비스듬이 기울어짐

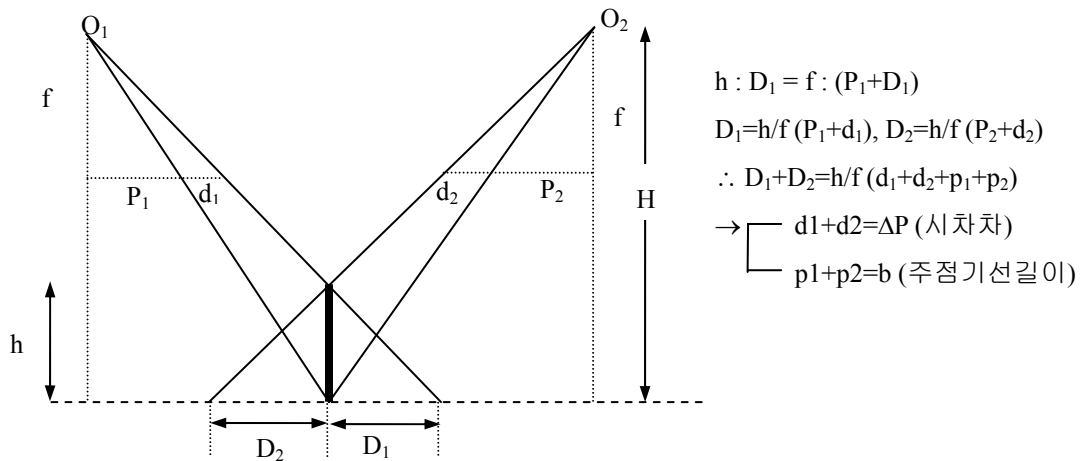
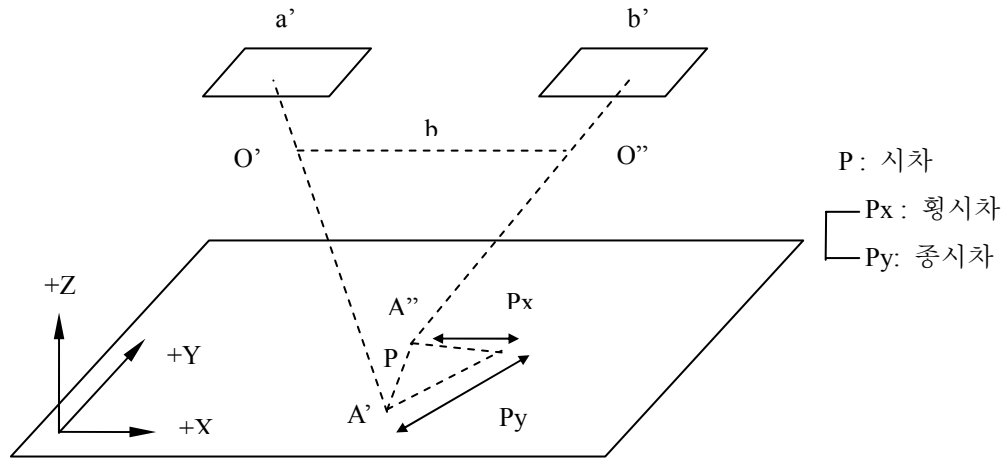
3.2 시차(parallax): 관측점이 달라짐에 따라 생기는 변위



여기서, r 상의 벡터 $\overline{A'A''} \rightarrow$ 시차 P

$P_x = X_1 - X_2$ (횡시차), $P_y = Y_1 - Y_2$ (종시차)

● 시차와 시차공식



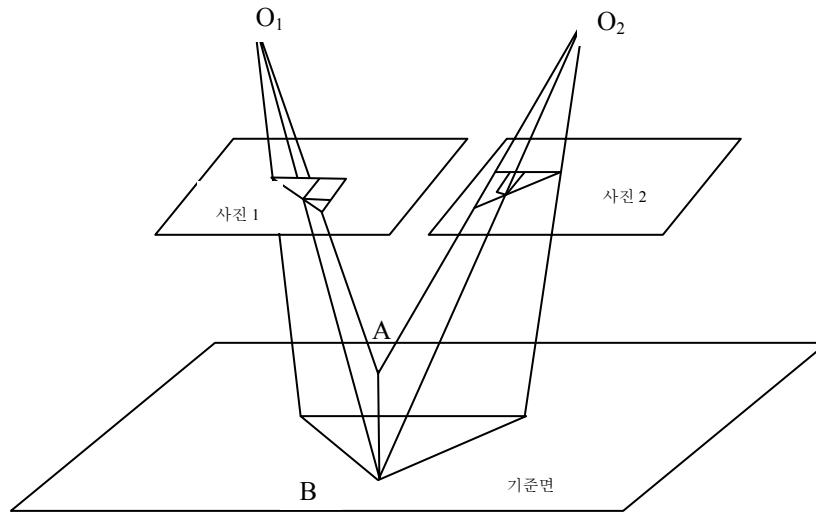
$$\text{시차공식} : n = f(D_1+D_2) / (\Delta P+b) = f / (\Delta P+b) \cdot h/f(d_1+d_2) = \Delta P / (\Delta P+b) \cdot H$$

또한, ΔP 가 b 에 비해 무시할 정도로 작을 경우

$$h \approx \Delta P/b \cdot H$$

<예제> 촬영고도 6000m, 사진 I 을 기준으로 입체모형화한 주점기선길이가 80mm, 사진 II 를 6000m, 81mm 일때, 시차차 1.0mm 의 그림자의 고저차는 얼마인가?

$$\text{Sol)} h = \Delta P/b \cdot H = 1.0/\{(80+81)/2\} \cdot 6000 = 74.5 \text{ (m)}$$



- 비행방향(x 방향)
→ b_1c_1, b_2c_2 는 x 시차
- 비행방향에 직각방향 (y 방향)
→ a_1c_1, a_2c_2 는 y 시차

그림 3.14 연직사진의 기하학적 관계

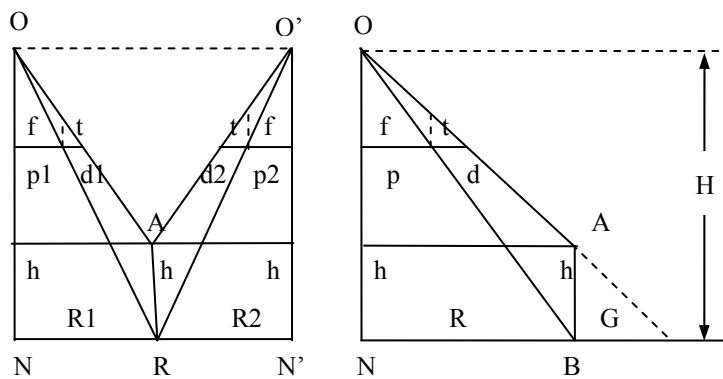


그림 3.15 연직사진의 기하학적 관계

그림 3.15 에서

$$P1 = R1 \cdot f/h$$

$$P2 = R2 \cdot f/h$$

$$\begin{aligned} f/h &= t/h = P/R, \\ d/t &= (p+d)/f = R/(H-h) \\ \therefore h &= dH / (p+d) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\begin{array}{c} b \quad B: \text{기선길이} \\ \uparrow \quad \uparrow \\ \therefore (P1+P2) = (R1+R2) \cdot f/h \end{array} \\ &d_1 = R_1 \cdot t/(H-h) \\ &d_2 = R_2 \cdot t/(H-h) \\ &\begin{array}{c} \therefore \underline{d_1+d_2} \quad \nearrow \text{시차} \Delta P \\ = (R1+R2) \cdot t/(H-h) \end{array} \\ &d = hP/(H-h) \\ &\Delta P = b \cdot h/(H-h) \\ &h = \Delta P / (\Delta P + b) \cdot H \end{aligned}$$

<예제> $H=6000m$, $B_1=$ 주점기선장=80m, 사진 2 의 주점기선장=82m, $\Delta P=1.6mm$ 의 그림자의
고저차?

Sol) $h = H/P_k \bullet \Delta P = 6000/\{(80+82)/2\} \cdot 1.6 = 118.5$

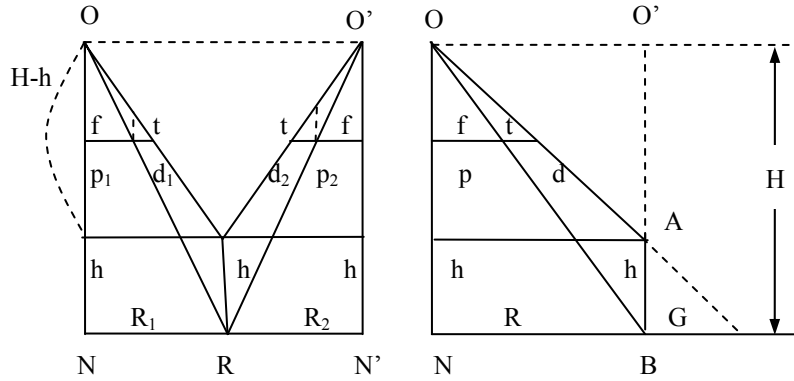


그림 3.15 연직사진의 기하학적 관계

이때 다음 관계가 성립하는 것은 그림 3.15 에서 쉽게 알 수 있다.

$$P_1 = R_1 \bullet f/H$$

$$P_2 = R_2 \bullet f/H$$

$$\text{이것에서 } P_1+P_2 = (R_1+R_2) \bullet f/h$$

$$\text{식(2.20) } d/t = R/(H-h) \rightarrow d = R \bullet t/(H-h) \text{ 에서}$$

$$d_1 = R_1 \bullet t/(H-h)$$

$$d_2 = R_2 \bullet t/(H-h)$$

$$\text{그러므로 } d_1+d_2 = (R_1+R_2) \bullet t/(H-h)$$

봉의 높이 h 가 변하지 않도록 그 위치를 이동할 경우 H, f, R_1+R_2 는 일정하므로 식($P_1+P_2 = (R_1+R_2) \bullet f/h$)의 좌변 (p_1+p_2)는 변하지 않는다. 또한 이때 식(2.19)에서 t 도 변하지 않으므로 식(3.7)에서 d_1+d_2 도 일정함을 알 수 있다.

$$\text{여기서 } p_1+p_2 = b$$

$$d_1+d_2=\Delta P$$

$$R_1+R_2=B$$

라 표시하면 ΔP 는 시차차이며 B 는 촬영기선장이다. 그러므로 식(2.19)와 (2.20)에서 (또는 그림 3.15 에서)

$$\text{식(2.19) } t/h = P/R \rightarrow R = P \bullet h/t$$

$$\text{식(2.20) } d = R/(H-h) \bullet t = (P \bullet h/t \bullet t) / (H-h) = hP/(H-h)$$

$$\Delta P = d_1+d_2 = [hP_1 / (H-h)] + [hP_2 / (H-h)]$$

$$= h/(H-h) (P_1+P_2) = b \bullet h/(H-h)$$

또는 식 (3.12)로부터

$$\Delta P \cdot (H-h) = bh$$

$$\Delta PH - \Delta Ph = bh$$

$$\Delta PH = h(\Delta P + b)$$

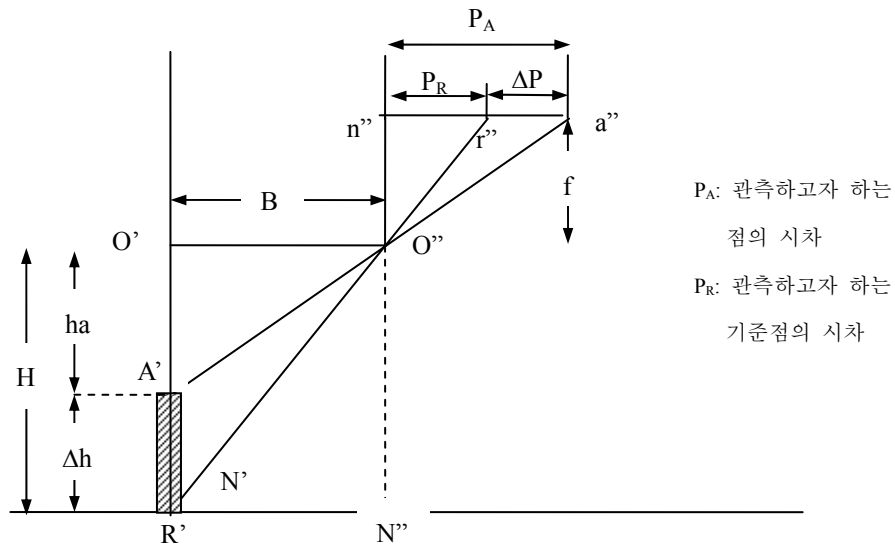
$$\therefore h = \Delta P / (\Delta P + b) \cdot H$$

(입체사진에서)

$$h = dH / (P+d) = d / (d+P) \cdot H$$

와 비교된다.(단사진에서)

※ 별해



$$\Delta P = P_A - P_R$$

$$\Delta O'O''R' \sim \Delta O''n''r''$$

$$B : H = f : P_R \quad \therefore H = B \cdot f / P_R$$

$$\Delta O''n''a'' \sim \Delta O'O''A''$$

$$B : ha = P_A : f \quad \therefore ha = B \cdot f / P_A$$

$$\Delta h = H - ha = B \cdot f \left(\frac{1}{P_R} - \frac{1}{P_A} \right) = B \cdot f \left[\frac{(P_A - P_R)}{(P_R P_A)} \right]$$

$$\therefore \Delta P = P_A - P_R$$

$$\Delta h = Bf / P_R = \Delta P / (P_R + \Delta P) = H \Delta P / (P_R + \Delta P)$$

$$\therefore \Delta h = [H / (P_R + \Delta P)] \cdot \Delta P$$

<예제> 사진에 나타난 거울의 정상에 대한 시차값이 16.00mm, 건물기준 밑부분의 시차값은 15.96mm 였다. 건물의 높이는? 단, H=6000m

sol)

$$h = [H / (P_R + \Delta P)] \cdot \Delta P = [6000 / \{15.96 - (16 - 15.96)\}] \cdot (16 - 15.96)$$

<예제> 평지를 촬영고도 1500m 로 촬영한 연직사진이 있다. 이 밀착 사진상에 있는 2 점간의 시차를 측정 한 결과 1mm 였다. 2 점간의 비고는 얼마인가? (단, 카메라의 화면거리는 15cm, 화면의 크기 23cm*23cm, 중중복 60%)

sol)

$$b_0 = a (1 - P/100) = 0.23 (1 - 60/100) = 9.2 \text{ cm}$$

$$\therefore h = H / b_0 \cdot \Delta P = 1500 / 0.092 \times 0.001 = 16.3 \text{ m}$$

<예제> 항공사진에 나타난 건물정상의 시차를 측정하니 16mm 이고 건물밑 부분의 한점이 시차를 측정하였더니 15.96mm 이다. 이 건물의 밑부분을 기준으로 한 촬영고도가 6000m 일 때 건물의 높이는 몇 m 인가?

Sol)

$$h = H / (P_R + \Delta P) \cdot \Delta P = 6,000,000 / [15.96 + (16 - 15.96)] \times (16 - 15.96) = 15,000 \text{ mm} = 15 \text{ m}$$

<예제> 60m 높이의 굴뚝을 촬영고도 3000m 의 높이에서 촬영한 항공사진이 있고 그 사진의 주점기선 길이가 10cm 였다고 하면 이 굴뚝의 시차차는 얼마인가?

sol)

$$\Delta P = h / H \cdot b_0 =$$

$$\Delta P = h / (H - h) \cdot b_0 = 60 / (3,000 - 60) \times 0.1 = 0.002 \text{ m} = 2 \text{ mm}$$

<예제> 평탄한 토지를 화면거리 15cm 의 카메라로 고도 1200m 로 부터 촬영한 공중사진을 편위수정하고 그 일부를 표현한 사진이 있다. 사진상에 연직점으로부터 굴뚝 아래부분 까지의 거리, 연직점으로부터 굴뚝 정점까지의 거리를 각각 mm 자를 사용하여 실측하고 아래부분까지의 거리 8.50cm, 정점까지의 거리 8.95cm 를 얻었다면 굴뚝의 실제 높이는?

Sol)

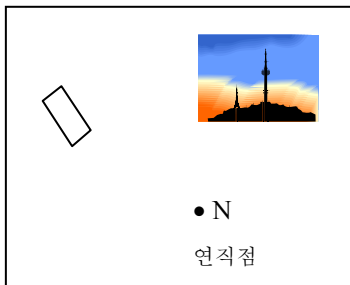
$$\Delta r = 8.95 - 8.50 = 0.45 \text{ cm}$$

$$\Delta r = h / H \cdot r$$

$$0.45 = h / 120000 \times 8.95 = 6033.52 \text{ cm} = 60.34 \text{ m}$$

<예제> 그림은 화면거리 15cm 인 카메라로 촬영한 공중사진을 편위 수정하고 그 일부를 나타낸 것이다. 단, 이 부근은 거의 평탄한 토지로 TV 탑의 실제 높이는 200m 이다. 지금 도상에서 연직점과 TV 탑의 정점까지의 실측거리 6.0cm 를 얻었다. 아래 사진의 촬영고도는 얼마인가?

Sol)



$$\Delta r = 6.0 - 5 = 1\text{cm}$$

$$\Delta r = h/H \cdot r$$

$$H = h/\Delta r \cdot r = 6/1 \times 200 = 1200\text{m}$$

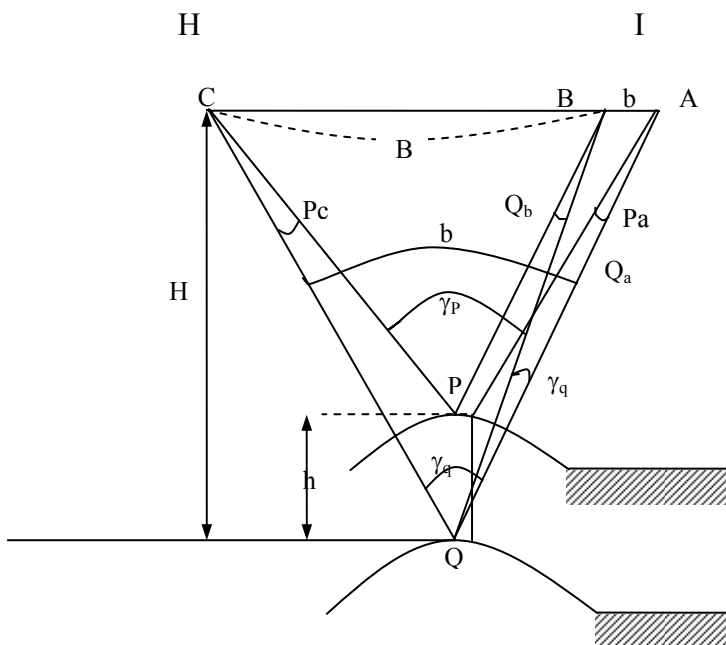
● 입체시에 의한 과고감

과고감(vertical exaggeration)

인공입체시하는 경우 과장되어 보이는 정도

:항공사진 입체시 할 경우

평면축척<수직축척 → 실제도형보다 산이 더 높게 보임



● $AB = b = 65\text{mm}$ 에서 대해 촬영고도 H 는 매우 크므로 γ_P, γ_Q 가 작아 P, Q 는 고도감 없이 평평하게 보인다.

● 일반적으로 사람의 수렴 각차 ($\Delta\gamma = \gamma_P - \gamma_Q$) = $10^\circ \sim 25^\circ$ (거리 500m ~1300m) 정도 이므로 아주 먼 거리 물체는 수렴각이 거의 0° 에 가까워지므로 고저차 및 원근을 구별 못함

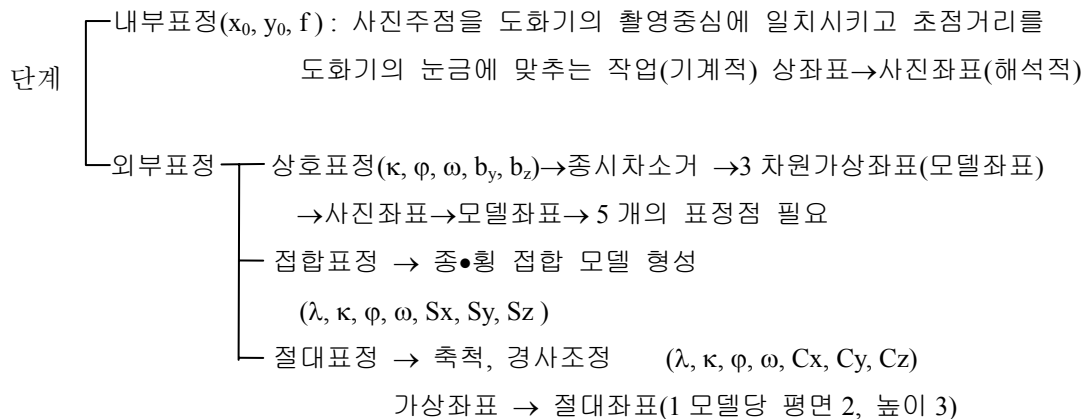
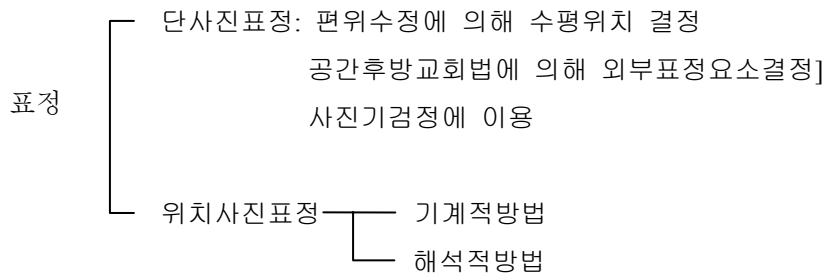
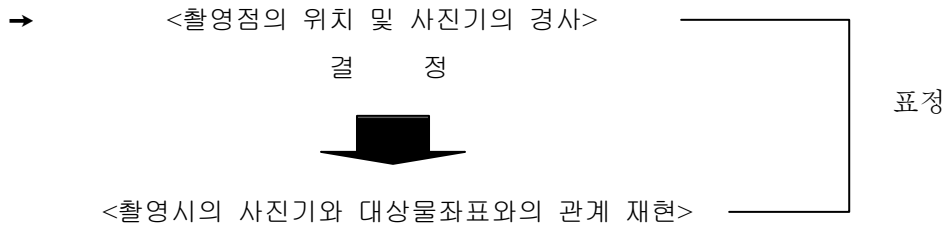
◎ 기선길이 B 가 큰 A, C 에서 촬영한 두장의 사진을 입체시하면 수렴각 γ_p, γ_q 가 커져 향 공기상에서 본 감각보다 더 명료한 고도감 → 과고감

$n = B/b$ (부상비) : 촬영기선길이가 안기선 길이 n 배 일때 n 을 부상비

[과고감 $\propto$ 기선고도비 B/H]

사진의 표정

가상값으로부터 소요로 하는 최확값을 구하는 단계적인 해석 및 작업

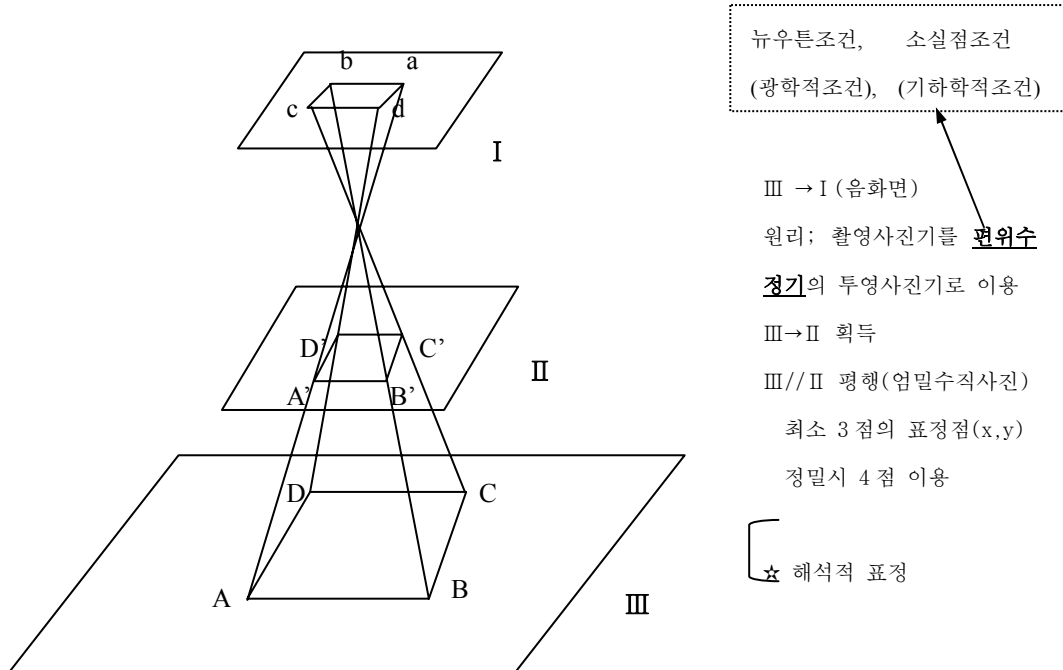


1. 단사진표정

1) 기계적표정

○ 편위수정(rectification)

거의수직사진→사진의 경사에 의한 편위조정→엄밀수직사진



2) 해석적표정

○ 해석적 편위수정에 위한 단사진 표정

관측대상물의 평면일 때(X,Y)와 사진좌표(x,y)사이의 2 차원 사영변환식 이용

2 차원 사영변환식 이용

$$X = (b_1x + b_2y + b_3) / (b_7x + b_8y + 1)$$

4 개의 기준점 좌표

$$Y = (b_4x + b_5y + b_6) / (b_7x + b_8y + 1)$$

4 개 이상 → 최소제곱법

○ 공선조건식을 이용

$$F(X_0, Y_0, Z_0, \kappa, \phi, \omega)$$

$$= -f \{ [m_{11}(X-X_0) + m_{12}(Y-Y_0) + m_{13}(Z-Z_0)] / [m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)] - x \} = 0$$

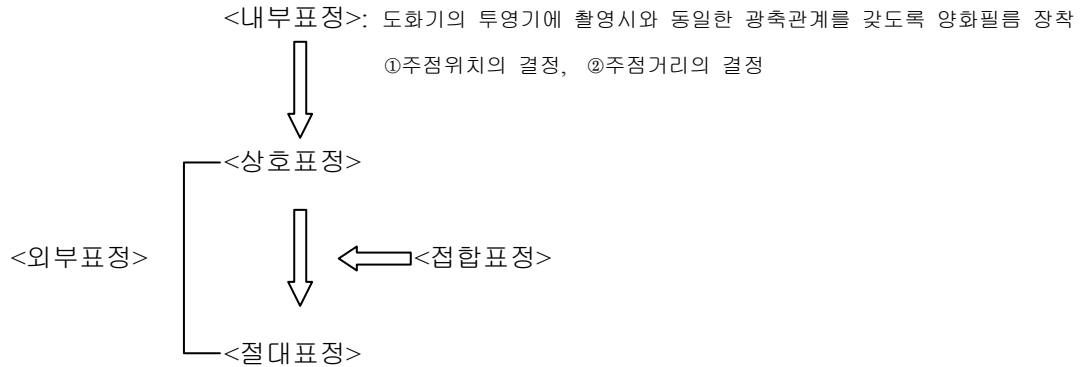
$$G(X_0, Y_0, Z_0, \kappa, \phi, \omega)$$

$$= -f \{ [m_{21}(X-X_0) + m_{22}(Y-Y_0) + m_{23}(Z-Z_0)] / [m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)] - y \} = 0$$

※ 입체사진표정

입체도화기 원리

“촬영시 사진의 기하학적 상태(사진기의 위치와 경사)를 그대로 재현하며, 대응하는 광선에 대한 교점의 집합은 대상물 표면과 전부 합동인 모형을 만든다.” → 재현의 원리
사진기와 지상좌표계의 관계재현(기계적 표정)



㉠ 상호표정

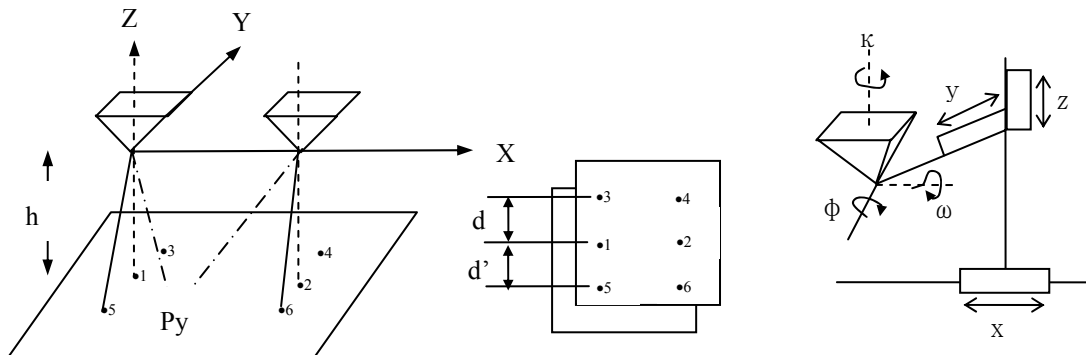
대상물의 관계는 고려하지 않고 좌우사진의 양투영기에서 나오는 광속이 이루는 종시차(Py)를 소거하여 입체모형 전체가 완전입체시가 되도록하는 작업
→ 3 차원 가상좌표(모델좌표) 생성

1) 상호표정인자

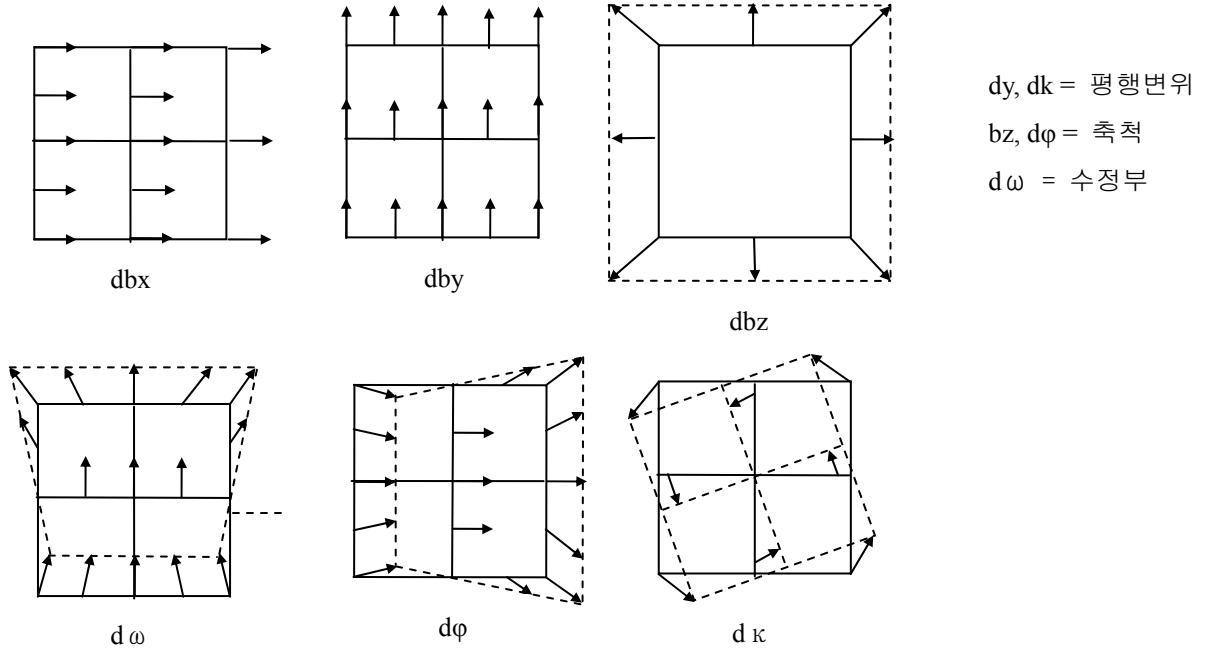
$\left\{ \begin{array}{l} \omega, \phi, \kappa \rightarrow \text{회전인자} \\ b_y, b_z \rightarrow \text{평행인자} \end{array} \right\}$ 최소 5점 필요

$$\begin{bmatrix} \omega_1, \phi_1, \kappa_1, b_{y1}, b_{z1} \\ \omega_2, \phi_2, \kappa_2, b_{y2}, b_{z2} \end{bmatrix}$$

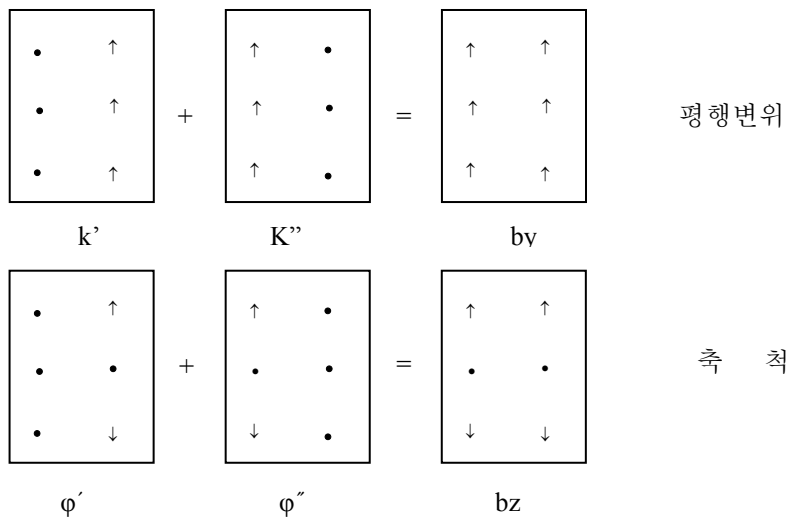
점 1,2 좌우 사진의 주점이나 가까이 있는 점



㉠ 투영기의 미소회전 및 평행변위



㉡ 상호표정인자의 선택



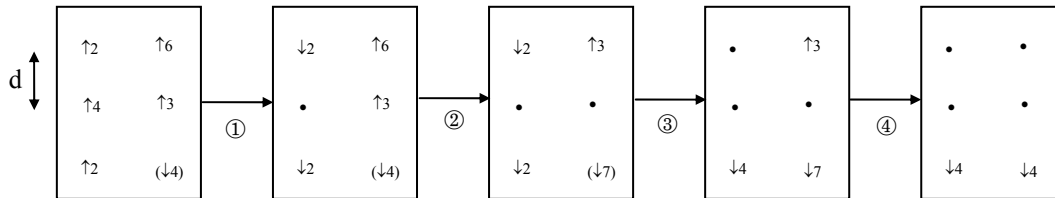
- ① 평행변위부(k' , k'' , by) : y 방향의 크기는 불변이고 투영점만 이동
- ② 축척부(ϕ' , ϕ'' , bz) : 중앙점에 대해 대칭이동, Y 방향성분 크기는 균등변화
- ③ 수정부(w) : 상호표정(평행변위 z , 축척부 z , 수정부 w)

- case1 : k' , k'' , ϕ' , ϕ'' , ω 2 사진 이동
- case2 : k'' , ϕ'' , by , bz , ω'' 우측사진이동

◎ Gruber Method 에 의한 평탄지 상호표정 = 회전요소만을 이용

K' , K'' , ϕ' , ϕ'' , ω (좌우 어느쪽) → 5 개 요소 이용

< 모든 도화기에 이용 > 단, $h/d = 3/2$



① P1 을 K'' 로 소거 } 평행변위부

② P2 를 K' 로 소거 }

③ P3 을 ϕ' 로 소거 } 축척

④ P4 를 ϕ'' 로 소거 }

⑤ P5 를 $k\Delta w$ 만큼 과잉수정, $k = 1/2 \cdot (h^2/d^2 - 1) = 1/2 \cdot (9/4 - 1) = 0.625$

a) 과잉수정계수 (over correction factor) ; k

$$k = 1/2 \cdot (h^2/d^2 - 1) = 1/2 \cdot (f^2/y'^2 - 1) : \begin{cases} f = \text{촬영사진기의 초점거리} \\ y' = \text{밀착사진의 1, 3 점 거리} \end{cases}$$

b) 과잉수정량 ($k \Delta w$)

$$k = 1/2 \cdot (9/4 - 1) = 0.625$$

$$\text{과잉수정량} = 0.625 \times 4 = 2.5$$

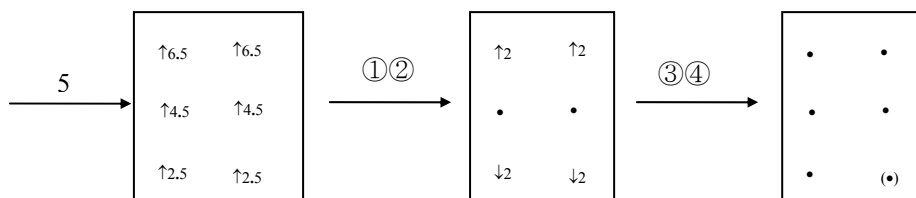
$$\therefore \text{총 수정량} = 2.5 + 4 = 6.5$$

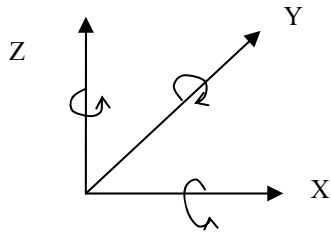
c) 속도율(speed ration)

$$SP = P_1/P_5 = (h \cdot dw) / [h \cdot (1 + d^2/h^2) \cdot dw] = 3 / [3 \times (1 + 4/9)] = 3 / (39/9) = 27 / 39 = 9 / 13$$

$$\therefore P_1 = SP \cdot P_5 = 9/13 \times 6.5 = 4.5$$

⑥ ① ~ ④ 되풀이





(2) 입체사진표정

1) 기계적표정

입체도화기의 재현원리이용 → 촬영시 사진기와 지상좌표계와의 관계재현

※재현원리

촬영시 사진의 기하학적상태를(사진기의 위치(X_0, Y_0, Z_0)와 경사(ω, ϕ, κ))를 그대로 재현하려면 대응하는 광선에 대한 교점의 집합은 피사체표면과 전부 합동인 모델을 만든다.

① 내부표정

촬영시와 같은 광학조건에서 도화기에 투영되도록 하는 조작

<주점위치결정> --- 양화의 4 개 지표를 건전지지의 유리에 있는 4 개의 지표와 일치
(사진주점과 투영기의 중심점일치)



<주점거리(f)의 결정>---사진기의 초점거리를 도화기의 초점거리 눈금에 일치시키는 작업

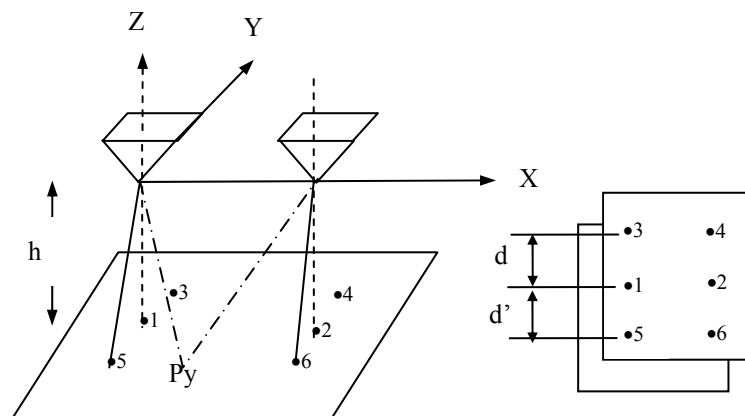
② 상호표정

좌우사진의 양투영기에서 나오는 광속이 이루는 중시차를 소거하여 입체모형 전체가 완전히 입체시 되는 작업→3 차원 가상좌표(모델좌표)

ω, ϕ, κ (회전인자)

b_y, b_z (평행인자)

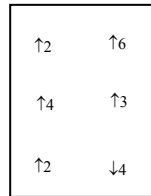
최소 5 점의 표정점 → 대칭의 6 점을 취함



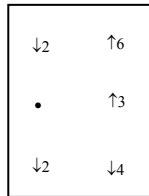
○ 그루버법(Gruber's Method)에 의한 평탄지의 상호표정

$\kappa', \kappa'', \varphi', \varphi'', \omega$ 을 사용 → 모든 도화기에서 사용 (ω = 좌우 어느쪽도 좋다)

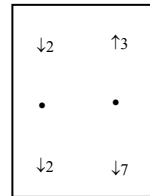
$$h/d = 3/2$$



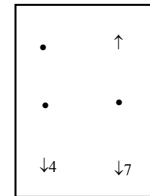
처음상태



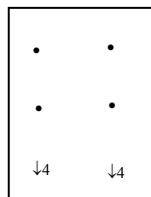
P_1 을 K_2 로 소거



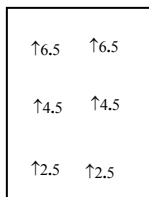
P_2 을 K_1 로 소거



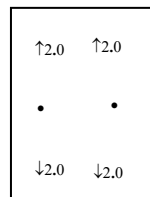
P_3 을 φ'' 로 소거



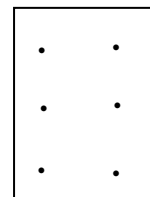
P_4 을 φ' 로 소거



P_5 을 ω 로 과잉수정



P_1, P_2 를
 k_2, k_1 로 소거



P_3, P_4 를
 φ'', φ' 로 소거

① 과잉수정계수

$$k = 1/2 \cdot (h^2/d^2 - 1) = 1/2 \cdot (f^2/y'^2 - 1) \quad : \quad f = \text{사진기 초점거리}$$

$$= 1/2 \cdot (9/4 - 1) = 5/8 \quad y' = \text{밀착사진의 1 점과 3 점의 거리}$$

② 과잉수정량 = $k \Delta w$

$$= 5/8 \times 4 = 2.5$$

③ 총수정량 = $2.5 + 4 = 2.5$

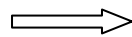
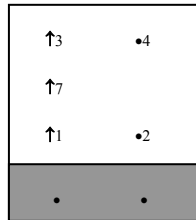
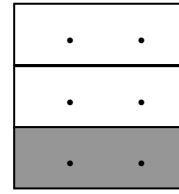
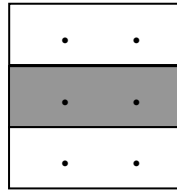
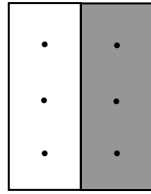
④ 속도율 (SR : speed ratio)

$$SP = P_1/P_5 = (h \cdot dw) / [h \cdot (1 + d^2/h^2) \cdot dw] = 9 / 13$$

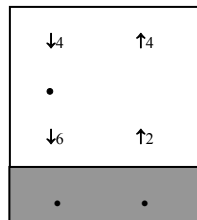
$$\therefore P_1 = SP \cdot P_5 = 9/13 \times 6.5 = 4.5$$

○ 불완전모델의 상호표정

모델 일부가 수면이나 구름에 가리워져 표정점 6 개의 배치를 이상적으로 할 수 없는 경우



κ'' , φ'' , ω 를 통해 수정



(3) 절대표정

① 축척이 결정

② 수준면의 결정

③ 위치의 결정

κ , φ , ω , C_x , C_y , C_z , λ

2 점 (x, y) 좌표

3 점의 H 좌표



최소한 3 점의 표정점 필요

㉔ 절대표정

상호표정이 끝난 입체모형을 지상기준점을 이용하여, 대상물좌표계와 일치하도록 하는 작업

$\kappa, \varphi, \omega, x, y, z, \lambda \rightarrow 7$ 개 인자

[입체모형 2 개의 평면좌표, 3 점의 높이 좌표] $\rightarrow$ 최소 3 점의 표정점

① 축척의 결정

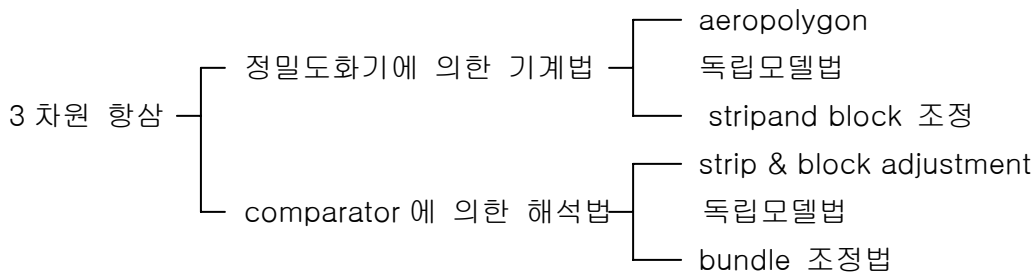
② 수준면의 결정

③ 위치결정

$$\begin{array}{c}
 \begin{pmatrix} XG \\ YG \\ ZG \end{pmatrix} \\
 \text{절대좌표}
 \end{array}
 = \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{축척} \\ \nearrow \\ \text{회전행렬} \end{array} \\
 \text{SR}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{pmatrix} Xm \\ Ym \\ Zm \end{pmatrix} \\
 \text{모델좌표}
 \end{array}
 + \begin{array}{c}
 \begin{pmatrix} X0 \\ Y0 \\ Z0 \end{pmatrix} \\
 \text{입체모형원점좌표}
 \end{array}$$

제 4 장 항공삼각측량

입체도화기 및 정밀좌표측정기에 의하여 사진상의 무수한 점들의 좌표($X, Y, Z, x_1, y_1, x_2, y_2, P_x, P_y$)를 측정한 다음 소수의 지상 기준점 측량성과를 이용하여 무수한 점의 좌표를 여러 방법에 의해 절대 또는 측지좌표로 환산하는 것



독립모델법 : 내부표정후 사호표정은 정밀도화기와 comparator에 의해 순계식식 또는 절충식으로 스트립을 형성 절대표정

※ 조정방법에 의한 분류

- ① 해석법 → bundle, 독립해석법
- ② 기계법 → 소요시간이나 낮은 정확도
- ③ 도해법 → aeropolygon

● 사진측량의 오차

- ① 부정오차 (random error) : 최소제곱법으로 조정, 최소절대값법 등으로 조정
(발생원인을 모르고, 어떠한 형태인지 모름)
- ② 정오차 (systematic error) : 렌즈 왜곡수차, 필름변형 정밀좌표측정기오차, 대기굴절, 지구곡률등(발생원인과 오차의크기도 미리암)
→ 사진기검정 방법으로 결정(실험실검정, 자체검정)
→ 주로 다항식형태로 만들어, 공선조건식에 첨가하여 조정 (부가변수)
- ③ 과대오차, 착오 (blunder, Gross error : 정확도에 큰 영향을 줌)
; 관측된 사진좌표와 기준점좌표의 과대오차소거(좌표측점이나, data 기록에서 실수에 의해 큰 오차 포함 ex : 0.135→1.35 로)
→ Data Snooping(baarda) ① global test에 의해 과대오차 존재여부 확인
② f test 와 t test로 오차를 큰 것부터 하나씩 소거
Robust Estimation : 여러 개의 과대오차를 동시제거

⊗ 조정기본단위 의한 분류

- ① 다항식법 → 스트립 (Strip)
- ② 독립모델법 → 모델 (Model)
- ③ 번들조정법 → 사진 (Photo)

1) 다항식법

촬영경로를 단위로 함

《Strip 당 접합표정 또는 개략적 절대표정》



복수의 촬영경로에 포함된 기준점과 횡접합점 이용



《각 Strip 의 절대 표정을 다항식을 사용, 최소제곱법으로 결정》

미지수 : 다항식 계수와 접합점 좌표 → 미지수 多

2) 독립모델법

모델을 기본단위, 상호표정후 접합점과 기준점을 이용, 여러 입체모형을 최소
제곱법으로 동시에 절대표정

＜ 동시조정 (X, Y, Z)
분리조정 (XY) → (H) → 미지수가 적어 계산시간이 짧다.
PAM → M 43

3) bundle 법

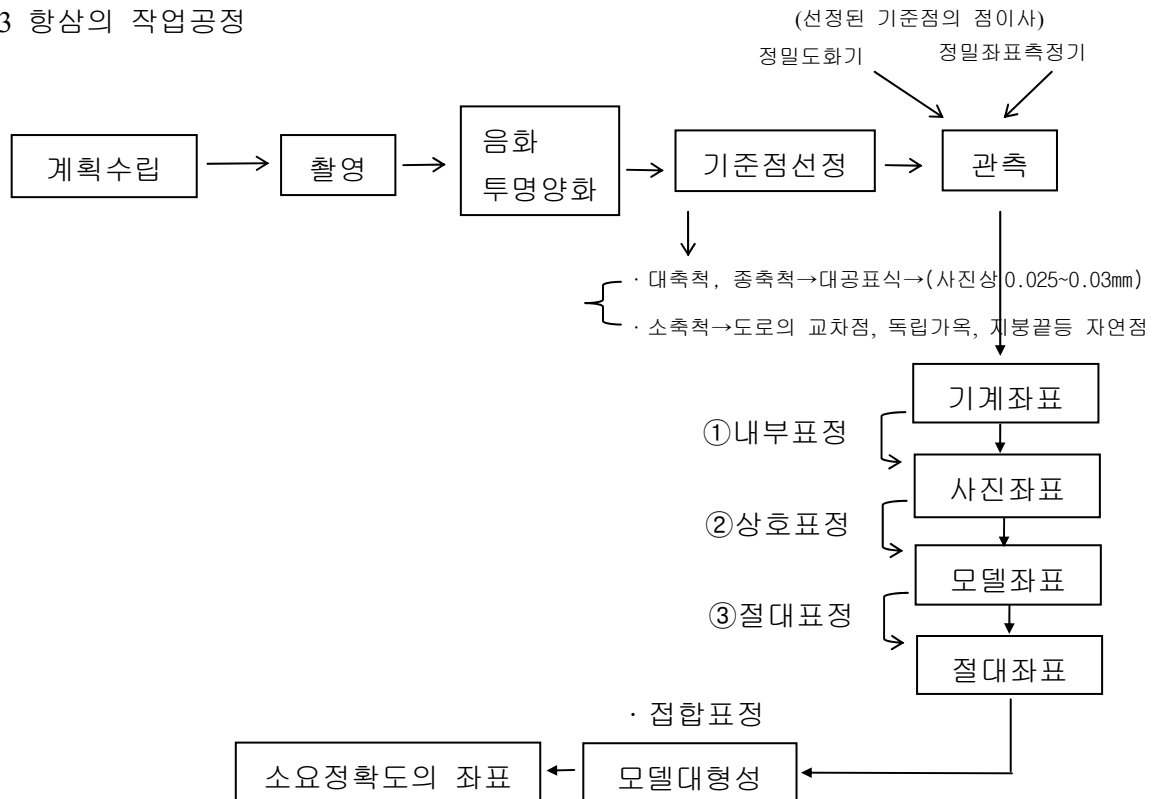
사진을 기본단위

↓ 공선조건식이용

상좌표 → (사진좌표) → 절대좌표

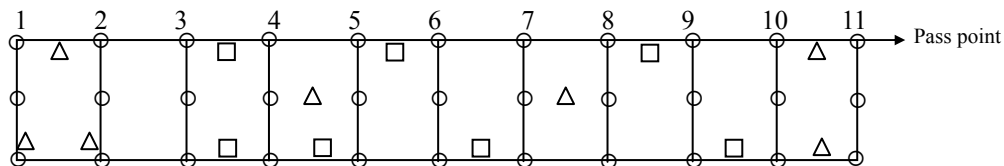
$\kappa, \phi, \omega, X_0, Y_0, Z_0, X, Y, Z \rightarrow 9$ 개 미지수

4.3 항삼의 작업공정



4.4 항삼의 계획(표정점 배치 및 선점과 측침)

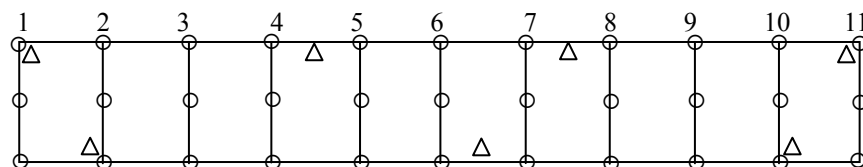
1. 기계적 항·삼 → ① 1 코오스모델수는 10 모델을 표준으로 15 모델이내, 10 코오스 이하를 1 블록



- ② 표정점수는 10 모델당 7 점

- ③ 절대표정에 필요한 표정점
 최초모델 → 3 점
 코오스중간 → 2 점
 폐합모델 → 2 점

2. 해석적 항·삼



① 1 코오스 10 모델기준

② 표정점수 10 모델당 7 점

$$\text{표정점수} = (\text{모델수}/2) + 2$$

⑤ pass point (중점합점 : 도화도면의 접합기준면, 모델접합, 코오스 접합)

→ 주점부근에 b, 상하주점기선길 이와 비슷하게 a, c 배치

⑤ 수준점 ③ 표고의 소요정도에 따라, 코오스높이, 직각비틀림 등을 조정하기 위해 필요에 따라 선정

4.5 해석 항공삼각측량

analogue 대신에 $1\mu\text{m}$ 까지 관측가능한 정밀좌표측정기로 기계좌표를 측정하여 조정 계산을 통해 절대좌표를 결정

① 1 방법 <독립모델법>

모델을 형성하는 좌우사진의 외부표정인자를 결정하여 모델을 형성하고, 모델의 접합은 모델중복부의 투영중심과 중점합점의 변환으로 결정

② 2 방법 <다항식법>

③ bundle 법

1) 작업공정 (독립모델법)

① 중점합점과 횡점합점의 선정, 시간에 포함된 기준점 확인, 점이사기로 양화 필름에 선정된 점 표시

② 이들점의 상좌표측정 → 사진좌표 변환

③ 상호표정을 통해 상호표정인자(ω , ϕ , κ , b_y , b_z)를 결정하고 중점합점등의 모델좌표 결정

④1 모델을 기준으로 각 모델좌표 접합 → 코오스 좌표

동시처리 { ⑤ 코오스 좌표를 → 측지좌표로 변환 (축척, 회전, 평행이동)
X, Y 평면좌표 결정

(X,Y,Z) { ⑥ 조정계산으로 H 결정

4.5 항삼의 정확도(사진축척, 사진기, 도화기, 기준점 분표에 영향)

→ 모델수에 따라 급격히 증가

① 지구의 곡률, 대기의 굴절 등의 정오차 (항상일정)

② 렌즈, 필름, 도화기 조정오차(일정하지 않을 수 있음→특정스트립에서는 정오차)

③ 접합표정의 오차 및 관측오차 → 오차의 누적, 영향이 큼

제 5 장 입체도화

5.1 도화기

〈Porro – Koppe 의 원리〉 → 역광의 원리

광학계에서 한 방향으로 들어가 다른 방향으로 나오는 광선과 그 역광선은 광학수치나 광학적 성질에 관계없이 동일광로이다.

; 두개의 촬영점 O_1, O_2 에서 나온 광선 $O_1 P, O_2 P$ 의 교회점을 찾고 이를 통해 평면위치와 높이를 표시

→삼각 평판→수평, 연직각, 평면, 높이 따로→ 도화기→공간삼각형에 의해 높이와 평면위치 동시결정

5.1.2 도화기 종류

C 계수에 의해 1 급(1600~1200), 2 급(1200~1600 미만(A 급), 800~1200 미만(B 급)), 3 급(500~800)

$H = C + \Delta h \rightarrow$ 최소등고선 간격

① 1 급 도화기 : 연직, 경사, 지상, 사진, 밀착건판 이용

평면 → 10~ 20 μ m, 높이 → 촬영고도의 1/10000 의 정확도

② 2 급 도화기 : 밀착건판, 경사 몇도이내인 연직 사진

③ 3 급 도화기 : 축소원판 → 소축척도 화용

〈 P142 설 명 〉

필요 표정기준점수

$$n = t(0.32/e)^2$$

t : 사진매수

e : 구하는 점중 사진상에 명료한 점의 90%가 포함되
도록한 최대허용오차(mm)

ex) 사진매수 60 매(23X23cm 의 사진에서 중중복 30%로하면 촬영면적은 사진축척으
로 약 1m²)

$$e = 0.5\text{mm}$$

$$n = 60(0.32/0.5)^2 = 25 \text{ 점}$$

$$e = 1\text{mm}$$

$$n = 6 \text{ 점}$$

※ 각 관측 중심

사진의 경사가 비교적 크고, 평탄한 지표면 → 등각점

산악지역 → 연직점 (위치변위의 영향은 기복에 의한 것이 큼)

※ 사진의 경사가 큰 경우(5.) → 미리 편위수정후 사선법 적용

항공사진의 경우(3. 이내) → 경사나 지표면 기복여하에 관계없이 사선중심
으로 주점(지표연결점) 사용도 무방

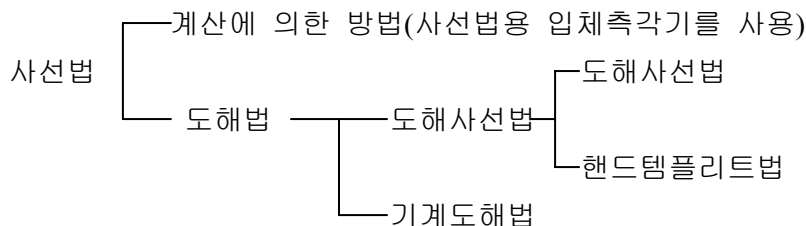
사선법의 가정 : 경사가 없는 사진의 경우 주점, 등각점, 연직점이 일치함.

Ex) 경사 3. , f = 153mm 일 경우

주점과 연직점 거리 → 8mm

주점과 등각점 거리 → 4mm 이므로 동일하게 해도 가능

6.2 사선법의 분류



제 7 장 편위수정(rectification)

경사와 축척을 바로 수정하여 축척을 통일시키고 변위가 없는 연직사진으로 수정하
는 작업 → 4 개의 표정점이 필요, 편위 수정기 이용

※ 편위수정해결조건

① 기하학적 조건(소실점 조건): 경사가 생긴 투영면에서도 투영중심은 소실점 F 를

중심으로 FO 를 반지름으로 음화(negative)필름을 경
 $\overline{FO} = \overline{F(O)} = f_a \operatorname{cosec} u = (f_a / \sin u)$ 사시키면 음화원만의 중심과 편위수정기렌즈의 광
 학중심과는 달라지므로 이양만큼 음화를 움직여 주
 지않으면 안된다.

② 광학적 조건(Newton 조건)

③ 샤임플러그 조건 → 화면과 렌즈주면과 투영면의 연장이 항상 1 선에서 일치하
 도록 하면 투영면의 상이 선명하게 맺힌다.

7.2 사진지도 = 경제적인 면으로 유리

사진을 합하여 지도처럼 만든 것을 사진지도라 한다. 사진지도는 일반지형도에
 서는 표현할 수 없는 여러 가지 것들을 알 수 있으므로 조사용으로 특히 유용하다.

(1) 사진지도의 분류

사진지도(Photo map)는 사진변위의 수정방법에 따라 다음과 같이 4 가지로 분류
 된다.

① 약조정집성사진지도(uncontrolled mosaic photo map : 일반적인 사진지도)

사진기의 경사에 의한 변위를 편위수정기에 의한 편위수정(사진기의 경사에
 의한 변위수정)을 하지 않고 사진을 그대로 집성한 사진지도로써 등고선이
 삽입이 안되었다. 특히 1 코오스의 모자이크, 하천, 철도, 도로등의 선형등 전
 체의 계획. (중 60%, 횡 30%코오스의 접합이 2 배의 오차)

② 조정집성사진지도(controlled mosaic photo map)

편위수정기에 의해 편위를 수정한 사진을 집성하여 만든 지도로써 등고선이
 삽입이 안되었다. 비고가 사진지도의 축척분모수의 1/500(코오스방향 : 1.2mm,
 코오스접합 : 2.4mm)

③ 반조정집성사진지도(semi-controlled mosaic photo map)

편위수정기에 의해 편위를 일부 수정하여 집성한 사진지도로써 등고선이 삽
 입이 안되었다.

④ 정사투영사진지도(orthophoto map)

정밀입체도화기와 연동시킨 정사투영기(orthoprojector)에 의하여 사진기의
 경사, 지표면의 비고를 수정하고 등고선을 삽입한 사진지도이다.

(2) 사진지도의 장·단점

1) 장 점

- ① 넓은 지역을 한 눈에 알 수 있다.
- ② 조사하는 데 편리한다.
- ③ 지표면에 있는 단속적인 징후도 경사로 되어 연속으로 보인다.
- ④ 지형 지질이 다른 것을 사진상에서 추적할 수 있다.

2) 단 점

- ① 산지와 평지에서는 지형이 일치하지 않는다.
- ② 운반하는 데 불편하다.
- ③ 사진의 색조가 다르므로 오판할 경우가 많다.
- ④ 산의 사면이 실제보다 깊게 찍혀져 있다.

제 8 장 사진측량의 현지작업

- 사진측량 → 내업이 주

③ 삼각, 다각, 수준 (표정점 측량)

- ※ 사진측량의 주된외업 → 표정점 측량, 선점, 표식설치, 사진상의 표정점 확인,
↓
사진만으로 알 수 없는 지역의 현지조사, 도화 후의
(밀착또는확대사진을 이용) 현지 점검

8.2 표정점의 선정 → 산정뿐만 아니라 평지나 계곡에도 설정

표정점 → 종, 횡접합점, 지상기준점

- ③ 표정에 이용 → 상호, 접합표정 : 사진상에 명료하면 위치나 높이를 몰라도 됨
절대표정 : 평면위치(삼각, 다각점), 높이(수준점, 간이수준점)를
반드시 알아야 함.

- ※ 1 쌍의 항공사진을 절대표정할 경우

최소 3 점의 평면 및 표고좌표 또는 7 개 측지좌표값(단, 1 개는 X, Y, H 를 알아야됨. → 실제의 경우는 3 점 이상의 (X, Y, H)선택

Ex) 두 점 A, B 의 평면위치 (X_A, Y_A, X_B, Y_B)

3 점 C, D, E 의 높이 (H_C, H_D, H_E)

또는 2 점의 3 차원 좌표 (X_A, Y_A, H_A) (X_B, Y_B, H_B)

1 점의 높이 (H_C)

② 표정점 측량의 필요정확도

- 1) 도화축척 : $M_0 = 1/m_0$ 일때 평면위치표정점의 필요정확도 m_p

$$m_p = 0.5 / M_0(\text{cm}) = 0.5 m_0 (\text{cm})$$

표고표정점의 필요정확도 m_h 는

$$m_h = 0.1 \times \Delta h (\text{m}) = 10 \Delta h (\text{cm}) \quad \Delta h : \text{최소등고선 간격}$$

Ex) 도화축척 1/5 천, 최소등고선간격이 2m 인 경우,

$$\begin{cases} \text{평면위치의 정확도는 } m_p = 0.5 \times 5000 \approx 35\text{cm} \\ \text{높이의 정확도는 } m_h = 10 \times 2 = 20\text{cm} \end{cases}$$