

# 寫眞測量 (II)

白 殷 基\*

## 2-3 空中寫眞과 寫眞機

넓은 意味에서 볼때 寫眞測量에서 使用되는 寫眞機에는 여러가지의 것이 있으며 目的과 用途에 의해 區分된다. 이들은 分類하는 基準을 어떻게 잡느냐에

따라 여러가지로 分類 할수 있으나 1) 촬영방법 2) 필립의 종류 3) 畫角 4) 記錄의 方法등으로부터 다음과 같이 分類할 수 있다. 表-1은 현재 세계 각국에서 使用되고 있는 寫眞機의 종류이다.

- 1) 空中寫眞
  - Aerial photograph
    - 垂直寫眞 vertical photograph
    - 斜寫眞 oblique photograph
      - High obliques (Hori Zon)
      - Low obliques (Trimetrogon system)

- 2)
  - 空中寫眞
    - Black & white
      - Orthochromatic
      - Panchromatic
      - Pan-infrachromatic (Modified Infra.)
    - 色 寫眞 Color
      - 自然色 Real color
        - Reversal type
        - Nega-Posi type
      - 偽色 False color
        - Reversal Color Infrared
        - Nega-Posi Spectro Zonal

- 3)
  - 空中寫眞
    - 狹角 Narrow Angle
    - 普通角 Normal Angle
    - 廣角 Wide Angle
    - 超廣角 Super Wide Angle

를보인 것으로 이 以外에도 많은 型의 사진기가 있다. 또 리소사진기 (reseau-camera)라는 것이 歐洲 특히 英國에서 使用되고 있다. 이것은 사진중에 2cm "핏치"로 짧은 十字線이 映像과 같이 찍히도록 裝置되어 있는 사진기이다. 寫眞의 不規則變形에 의한 部分伸縮을 補正할 수 있는 特性을 가지고 있다.

- 畫面의 크기
  - 18×18
  - 23×23

- 4)
  - 空中寫眞
    - 光學的方法 Optical Method
    - 電子的方法 Electronic Method

2-4 中心投影  
寫眞의 기하학적 特性을 記述할 때 投影의 種類에 對해 說明할 必要가 있다. 一般의 投影에는 다음 세가지 方法이 있다. 즉 平行投影, 正射投影, 中心投影등인 것이다. 그림 1-5는 이들 投影을 表示한 것이다.

\* 서울産業大學 土木科(工學博士)

表-1. 寫眞機의 諸元

名 稱	製 作 者	寫角	조리개	收差 ( $\mu$ )	焦點距離 (mm)	畫面 크기 (mm)	分 類
Russar	Russinow USSR	125	?		55	180×180	Super Wide Angle
S-Pleogn	Roos, Winzer, West Germany	125	4		85.5	230×230	
Russar 29	Russinow USSR	123	9		70	180×180	
Super Lamegon	Zeiss-Jena, East Germany	120	5.6		88.5	230×230	
Super Aviogon (Wild)	Bertele, Swit Zer land	120	5.6		88.5	230×230	
Super Aviogon II (Wild)	Bertele, Swit Zer land	120	5.6		88.5	230×230	
Russar 44	Russinow USSR	100	6.8		100	180×180	
Universal Aviogon(Wild)	Bertele, Swit Zer land	90	5.6		152	230×230	Wide Angle
Universal Aviogon(Wild)	Bertele, Swit Zer land	90	5.6		115	180×180	
Universal Aviogon(Wild)	Bertele, Swit Zer land	90	5.6		100	140×140	
Pleogon(Zeiss W)	Richter and Koch, W.Germany	90	5.6		152	230×230	
Geocon IV	Baker, U.S.A.	90	5.0		152	230×230	
Orthogon	Galileo, Italy	90	5.6		152	230×230	
		90	4.0		152	230×230	
Lamegon (Zeiss E)	Zeiss, E. Germany	90	4.0		115	180×180	
Toparon (Zeiss W)	Richter, W. Germany	83	5.6		210	230×230	Normal Angle
Russar-Plasmat	USSR	65	6.3		200	180×180	
Topar (Zeiss W)	Richter and Koch, W.Germany	60	4.0		210	180×180	
		60	4.0		305	230×230	
Aviotar (Wild)	Bertele, Swit Zer land	60	5.6		210	180×180	
		60	5.6		170	140×140	
Pinatar (Zeiss E)	Zeiss, E. Germany	60	4.0		210	180×180	

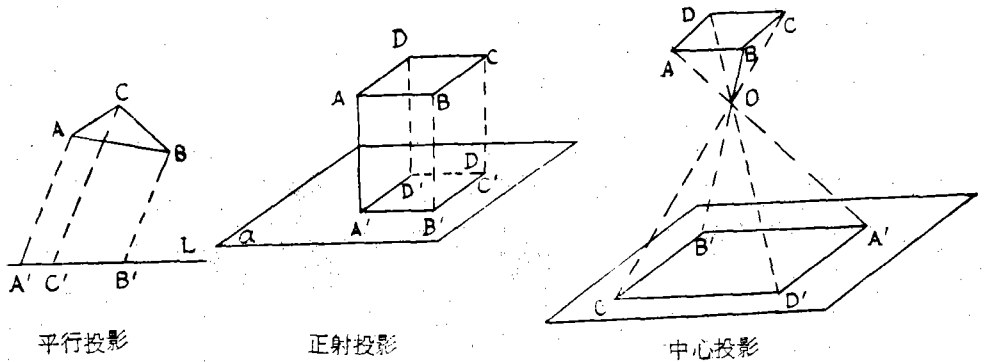


그림 1-5. 各 投 影 圖

地形圖가 正射投影인 것에 對해 寫眞測量은 中心投影(Central Projection)인 것에 그 數學的 基礎를 두고 있다. 이 때문에 단 한장의 사진만으로는 對象物을 測定하고자 할 때 여러가지 問題點이 생긴다. 그림 1-6에서 아바와 같이 比高가 있는 部分이 投影中心으로부터 外側에 偏位되어 적혀 있는

것을 알 수 있다. 이 편위의 量은 比高差가 커질수록, 그리고 또 寫眞의 中心으로부터 멀어지면 멀어질수록 크게 된다.

像이 重複되어 있는 一組의 寫眞에서는 同一像의 位置는 사진기의 攝影位置의 變化에 의해 移動한다. 이 移動된 長이를 사진상의 視差라 한다. 또 同一

리나 攝影基準面高와의 差를 使用하는 것에 注意해야 한다. (그림 1-7 參照)

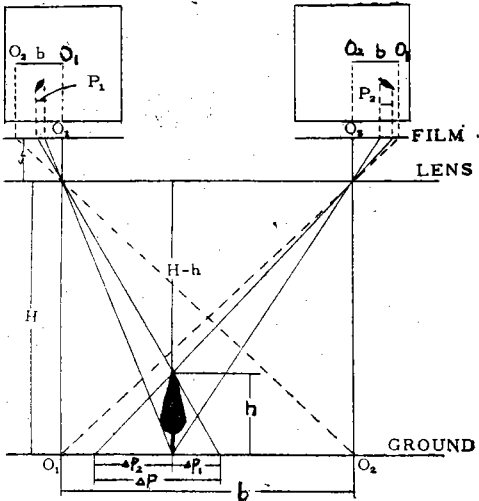


그림 1-6. 比高에 의한 偏位

寫眞內의 二點間의 높이 的 差는 斜방향(x방향) 視差의 差로 나타난다. 이것을 視差差라 하여 높이를 측정한다는 것은 實은 이 視差差를 求하는데에 지나지 않는다.

이것이 平面으로부터 立體像이 얻어지는 原理이다. 다음은 視差差로부터 어떻게 해서 높이가 얻어지는가를 그림 1-6에서 살펴보기로 한다.

그림에서

$h$ : 求하고자 하는 나무높이(m)

$H$ : 사진기의 렌즈와 地表와의 距離 즉 비행고도(m)

$b$ : 사진상의 主點間의 거리(mm)

$\Delta p$ : 나무밑과 나무끝의 視差差(mm)

$$(\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2)$$

三角形의 닮은꼴에 의해

$$\frac{\Delta p}{b} = \frac{h}{H-h} \text{로 된다.}$$

$$h = \frac{\Delta p}{\Delta p + b} H$$

로 된다.

이 식이 높이를 求하는 식이다.

여기서 비행고도  $H$ 는 嚴密히 말하면 사진기의 렌즈와 地表와의 距離이기 때문에 起伏이 있는 地域의 사진에서는 各各의 地點마다  $H$ 의 값이 틀리게 된다. 그러나 一般적으로는 각 사진에 記錄된 高度計의 값이나 촬영기록에 記錄된 값을 使用한다. 그

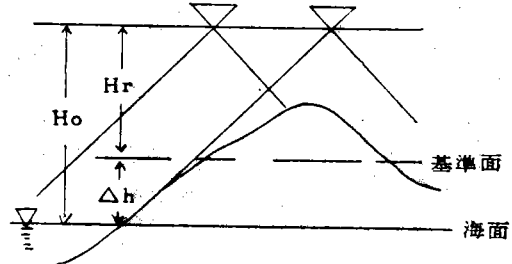


그림 1-7. 基準面과 海面

또 寫眞上의 主點間의 거리  $b$ 는 主點을 移寫한 寫眞위에서 直接測定하면 된다. 이 값이 左右의 사진에서 틀릴 때는 그 平均값을 使用한다.

다음은 끝으로 視差差  $\Delta p$ 를 測定하게 되나 이것을 正確히 測定하기 위해서는 圖化機를 使用하는 것이 가장 便利하다.

그러나 이것은 一般의인 것이 못된다. 따라서 그리 嚴密한 精度를 要求하지 않을 때는 다음과 같은 簡便한 方法에 의한다.

### 1. 視差測定棒 (Parallax bar of parallax meter)에 의한 方法

實體鏡 밑에 사진을 實體視할 수 있게 標定하고 視差測定棒의 測標를 測定하고자 하는 地物의 表面에 꼭 맞추어 눈금으로부터 이때의 視差를 읽는다. 比較하고 싶은 點의 視差도 같은 方法으로 測定한 다 이들의 값의 差가 視差差이다.

### 2. 視差測定板(Parallax Wedge)에 의한 方法

視差測定板은 視差楔라고도 하며 透明한 "프라스틱 시이트"에 直線이 가로로 2個 들어가 있고 그 直線間의 距離가 數値로 印刷되어 있다. 이 2個의 線은 實體視하면 斜 안쪽으로 얇게 그리고 위쪽으로 높은 경사가 지어진 것과 같은 形의 1個의 線으로 보인다. 이 시이트(sheet)를 實體視하고 있는 寫眞의 위에서 부터 斜위 測定하고자 하는 地形의 表面에 이 線이 지나가는 位置를 찾아 그 位置의 2直線間의 距離를 읽는다. 이것이 視差이며 같은 方法으로 求한 다른 點의 값과의 差가 視差差이다.

이와같이 하여 求한 視差差를 앞의 식  $\Delta p$ 에 代入하여 높이를 求하면 된다.

中心投影인 寫眞에는 主點, 鉛直點, 等角點이라는 3個의 特殊한 點이 있다.

主點(principal point)이라 함은 寫眞의 中心의 點

인 것이다. 正確한 사진기로는 寫眞의 네 모서리의 指標로부터 求하여지는 指標中心(fiducial center)과 主點과는 完全 一致한다.

鉛直點(Nadir point)이라 함은 投影中心을 지나 는 鉛直線과 寫眞面과의 交點이다(그림 1-8), 地形의 比高(起伏)에 의한 寫眞像의 偏位는 鉛直點의 中心에 생긴다. (그림 1-9)

主點과 鉛直點 및 投影中心을 이루는 角의 二等分線이 寫眞面上과 交叉되는 點이 等角點(isocenter)이다. 이는 사진기의 경사에 의한다. (그림 1-10)

偏位修正, slotted templet 法등에서는 鉛直點의 위치를 알아두는 일이 重要하다.

2-4 寫眞縮尺

寫眞의 縮尺(photo scale)을 안다는 것은 寫眞을 取扱할 때 대단히 重要하다. 特殊한 경우를 除外하고는 縮尺은 寫眞上의 모든 點에서 相異한 것이다. 그 理由는 寫眞縮尺은 다음 式에 의해 計算되기 때문이다.

$$\text{寫眞縮尺} = \frac{\text{焦點距離}}{\text{攝影高度}} = \frac{F}{H}$$

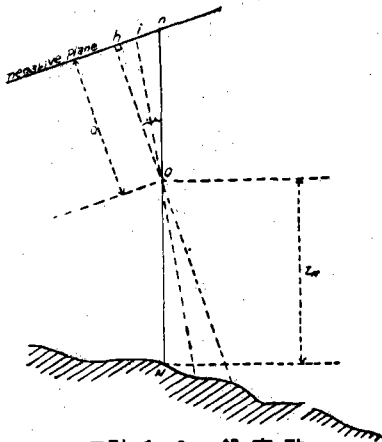


그림 1-8. 鉛直點

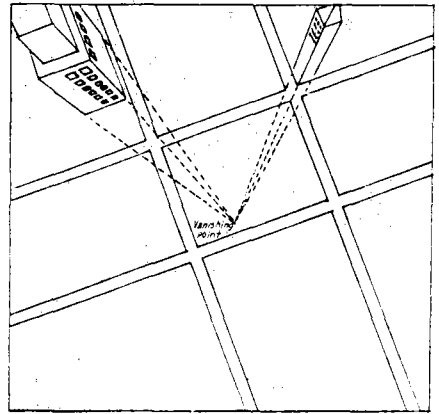


그림 1-9. 鉛直點과 消失點

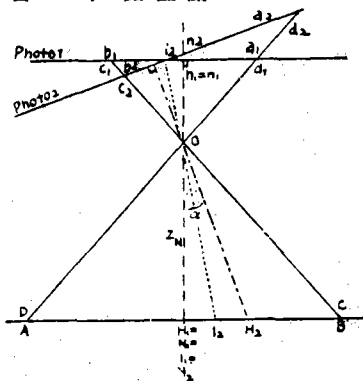


그림 1-10. 等角點

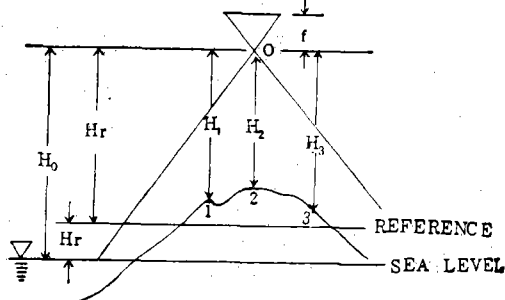
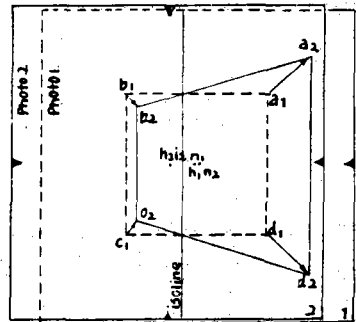


그림 1-11. 地表와 基準面

## 寫眞測量 (II)

따라서 土地에 比高가 있으면 촬영고도가 各點마다 물러지므로 縮尺이 變化하게 된다.

그림 1-11에서 寫眞의 高度計에 記錄되어진 것은  $H_0$ 인 것을 알 수 있다. 따라서 사진의 平均縮尺을 求하기 위해서는  $H_0$ 부터 地表의 基準面高( $h_r$ )를 減 값을 分母로 使用하여야 한다.

$$\begin{aligned} \text{平均寫眞縮尺} &= \frac{\text{焦點距離}}{\text{攝影海拔高}-\text{基準面高}} \\ &= \frac{f}{H} \end{aligned}$$

만일 攝影海拔高가 確實하지 않을 때는 二點間의 寫眞上과 地圖上의 距離의 比로서 寫眞縮尺을 算出하는 方法도 있으나 이 方法은 地表의 起伏과 사진기의 傾斜에 의한 影響이 크게 값을 誤우하게 되므로 一般的으로 使用하지 않는다.

### 2-5 過高感

實體寫眞을 使用해서 實體視에 의해 얻어진 像의 斜面은 實際보다도 急峻하게 보인다. 즉 深度가 誇張되어 보인다. 이것을 過高感(vertical exaggeration)이라 한다.

이 내용은 다음과 같이 설명할 수 있다.

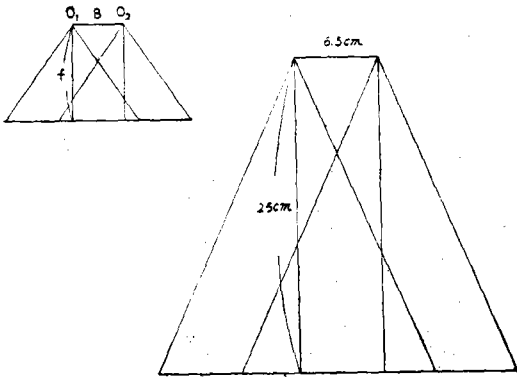


그림 1-12

그림 1-12에서 보는 바와 같이 촬영할 때 實際의 모델 높이가  $H$ 가  $f$ 에 相當하는 모델에 縮小化한 모델이라고 생각한다.  $f=15\text{cm}$ 라 하면  $B=9\text{cm}$ 로 된다. 즉 一邊의 길이가  $22\text{cm}$ 의 사진은 眼基線이  $9\text{cm}$ 이며 사진으로부터  $15\text{cm}$  떨어져 본 것과 똑같은 모델을 생각한 이치이다. 그러나 實際에 있어서는 人間의 눈의 眼基線은  $6.5\text{cm}$ 이며 사진으로부터  $25\sim 30\text{cm}$ 의 距離에서 보는 것이 一般的이다. 따라

서 右圖와 같이 歪曲된 像을 보는 것과 같은 것이다. 그것은 마치 正常的인 像을 左右로 부터 壓縮되어 이그러진 像을 보고 있는 것과 같은 것이다. 이것을 數量的으로 表示하면 다음과 같다.

$$p = \frac{B \cdot m}{b \cdot f}$$

이다.

여기서

$f$ : 焦點距離

$B$ : 寫眞基線

$b$ : 眼基線

$m$ : 사진과 눈과의 距離

上記의 例에서 過度感  $p$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} p &= \frac{9 \times 25}{6.5 \times 15} \\ &= 1.36 \end{aligned}$$

## 3. 寫眞測量的 實際

### 3-1 攝影計劃

촬영작업은 사진측량의 제 1 보이며, 寫眞의 良否는 後續의 모든 作業에 직접 影響을 미치게 된다. 따라서, 촬영계획에 있어서는 充分히 測量的의 目的을 把握하고 慎重히 立案하여야 한다.

#### (1) 촬영의 조건

1) 測量的의 目的把握; 촬영된 사진이 어떠한 作業을 거쳐, 무엇에 使用되는가를 확인한다. 例를 들면, 地形圖을 위한 1/1,000地形圖의 作成, 河川의 表面流速의 測定, 宅地造成을 위한 1/500의 現況圖作成 등

2) 攝影區域의 確認; 一般적으로 1/50,000地形圖에 촬영코자하는 區域이 表示된다.

3) 作業期間; 測量全體의 期間에서 본 촬영의 期間을 明確히 확인한다.

#### (2) 細部計劃

1) 항공사진기의 선정; 촬영의 목적, 촬영지구의 지형, 立地條件 등과 항공기의 性能(馬力, 上昇能力, 速度, 安定性) 및 항공기의 配置狀況 등을 고려해서 촬영항공기의 機種을 決定한다.

2) 촬영사진기의 선정; 측량의 목적에 따라 샷타스피드, 露角, 焦點距離 등 사진기의 性能을 고려해서 機種을 決定한다.

#### (3) 촬영諸元의

촬영의 目的 촬영區域의 地形, 立地條件 및 使用器材를 고려해서

- ① 基準面の 設定
- ② 촬영고도의 設定
- ③ 촬영코오스方向의 決定
- ④ 寫眞의 오오바렘, (중복도)
- ⑤ 코오스의 싸이드렘

여야 하며 後續作業에 지장없도록 해야 한다.  
 上記 촬영 條件의 계획이 決定되면, 이것들을  
 1/50,000地形地圖上에 表示하고 코오스數 寫眞枚數 등  
 作業量을 記入하여 촬영에 들어간다.  
 (4) 撮影諸元의 一覽表

등을 결정한다. 코오스方向의 決定에서는 地形條件  
 에 基準點의 配置, 標識設置點의 狀況등도 고려하

表-2 사진적적과 비협고도

寫眞縮尺	사진기 焦點距離 (cm)	飛行高度 (m)	攝影 基線長 (km)	코오스 間隔 (km)	一邊의 實距離 (km)	撮影面積 (km <sup>2</sup> )	스티리오 有效面積 (km <sup>2</sup> )
1/3,000	21	630	0.22	0.38	0.54	0.29	0.08
	15	450	0.28	0.48	0.69	0.48	0.13
1/4,000	21	840	0.29	0.50	0.72	0.52	0.14
	15	600	0.37	0.64	0.92	0.85	0.24
1/5,000	21	1,050	0.36	0.63	0.90	0.81	0.23
	15	750	0.46	0.81	1.15	1.32	0.37
1/6,000	21	1,260	0.43	0.76	1.08	1.17	0.33
	15	900	0.55	0.97	1.38	1.90	0.53
17/,000	21	1,470	0.50	0.88	1.26	1.59	0.44
	15	1,050	0.64	1.13	1.61	2.59	0.72
1/8,000	21	1,680	0.58	1.01	1.44	2.07	0.59
	15	1,200	0.74	1.29	1.84	3.39	0.95
1/9,000	21	1,890	0.65	1.13	1.62	2.62	0.73
	15	1,350	0.83	1.45	2.07	4.28	1.20
1/10,000	21	2,100	0.72	1.26	1.80	3.24	0.91
	15	1,500	0.92	1.61	2.30	5.29	1.48
1/11,000	21	2,310	0.79	1.39	1.98	3.93	1.10
	15	1,650	1.01	1.77	2.53	6.40	1.79
1/12,000	21	2,520	0.86	1.51	2.16	4.67	1.30
	15	1,800	1.10	1.93	2.76	7.62	2.12
1/13,000	21	2,730	0.94	1.64	2.34	5.48	1.54
	15	1,950	1.20	2.09	2.99	8.94	2.51
1/14,000	21	2,940	1.01	1.76	2.52	6.35	1.78
	15	2,100	1.29	2.25	3.22	10.37	2.90
1/15,000	21	3,150	1.08	1.89	2.70	7.29	2.04
	15	2,250	1.38	2.42	3.45	11.90	3.34
1/16,000	21	3,360	1.15	2.02	2.88	8.29	2.32
	15	2,400	1.47	2.58	3.68	13.54	3.79
1/17,000	21	3,570	1.22	2.14	3.06	9.36	2.61
	15	2,550	1.56	2.74	3.91	15.29	4.27
1/18,000	21	3,780	1.30	2.27	3.24	10.50	2.95
	15	2,700	1.66	2.90	4.14	17.14	4.81

寫真測量(II)

1/19,000	21	3,990	1.37	2.39	3.42	11.70	3.27
	15	2,850	1.75	3.06	4.37	19.10	5.36
1/20,000	21	4,200	1.44	2.52	3.60	12.96	3.63
	15	5,000	1.84	3.22	4.60	21.16	5.92
1/21,000	21	4,410	1.51	2.65	3.78	14.29	4.00
	15	5,150	1.93	3.38	4.83	23.33	6.52
1/22,000	21	4,620	1.58	2.77	3.96	15.68	4.38
	15	5,300	2.02	3.54	5.06	25.60	7.15
1/23,000	21	4,830	1.66	2.90	4.14	17.14	4.81
	15	3,450	2.12	3.70	5.29	27.98	7.84
1/24,000	21	5,040	1.73	3.02	4.32	18.66	5.22
	15	3,600	2.21	3.86	5.52	30.47	8.53
1/25,000	21	5,250	1.80	3.15	4.50	20.25	5.67
	15	3,750	2.30	4.03	5.75	33.06	9.25
1/26,000	21	5,460	1.87	3.28	4.68	21.90	6.13
	15	3,900	2.39	4.19	5.98	35.76	10.01
1/27,000	21	5,670	1.94	3.40	4.86	23.62	6.60
	15	4,050	2.48	4.35	6.21	38.56	10.80
1/28,000	21	5,880	2.02	3.53	5.04	25.40	7.13
	15	4,200	2.58	4.51	6.44	41.47	11.64
1/29,000	21	6,090	2.09	3.65	5.22	27.25	7.63
	15	4,350	2.67	4.67	6.67	44.49	12.47
1/30,000	21	6,300	2.16	2.78	5.40	29.16	8.16
	15	4,500	2.76	4.83	6.90	47.61	13.33
1/35,000	21	7,350	2.52	4.41	6.30	39.69	11.11
	15	5,250	3.22	5.64	8.05	64.80	18.14
1/40,000	21	8,400	2.88	5.04	7.20	51.84	14.52
	15	6,000	3.68	6.44	9.20	84.64	23.70