

축점길이 및 왜곡수차 측정장치 제작
Fabrication of the focal length and distortion measurement system

조현모, 이윤우, 이인원

한국표준연구소 광학연구실

ABSTRACT

A camera type optical bench system equipped with a lens collimator and an image analyzer is fabricated to measure the equivalent focal length and distortion of lenses. This system is automatized by the computer which controls stepping motors. A nodal slide optical bench system equipped with an off axis reflective collimator is fabricated and improved by using rotating arms and air bearing system. Distortion measurement on a wide angle lens using the camera method and the nodal slide method is reported. Defocusing error in the distortion measurement with the nodal slide optical bench is analyzed and improved by iteration method to search the correct image point.

축점길이는 렌즈의 광축과 w를 이루는 무한히 멀리 떨어져 있는 물점의 렌즈에 의해 만들어진 상점이 광축에서 h'에 있을때 렌즈의 축점길이 f는

$$f = \lim_{w \rightarrow 0} \frac{h'}{\tan w} \quad (1)$$

으로 표시된다.

교정축점길이는 사진으로 부터 지도를 제작할때와 같이 제도조건에 가장 적합한 방법으로 왜곡수차를 분배하기 위해 조정된 축점길이이다. 교정축점길이를 계산하기 위하여 여러각도에서 왜곡수차, $\Delta h'$ 을 계산한다.

$$\Delta h' = h' - f \tan w$$

I. 서 론

렌즈의 축점길이(equivalent focal length)는 광축에 아주 가까운 상의 크기를 나타낸다. 왜곡수차가 있을 경우 상의 크기는 시야의 다른 부분에서 다르게 나타난다. 수차보정이 비교적 잘된 사진렌즈를 대부분의 사진용으로 사용했을때 시야에 따른 상 크기의 변화는 무시될 수 있고 축점길이와 상크기의 측정에 사용된다. 그러나 사진측량에 사용되는 렌즈의 경우 이러한 상 크기의 변화는 아주 중요하며 축점길이 대신 교정축점길이(calibrated focal length)를 사용한다. 교정축점길이는 시야 전범위에서 상크기의 변화를 고려해서 조정된 축점길이이고 지도제작이나 사진측량의 목적에 사진이 사용될때 이용되는 값이다. 이러한 교정축점길이를 사용함으로써 왜곡수차에 의한 오차를 지도 전면적에 균일하게 분배시켜 최대 오차를 줄일 수 있으며 렌즈의 축점 재조정을 불필요하게 한다. 축점길이 측정방법중 대표적인 방법으로 카메라 방법과 nodal slide를 이용한 방법들 두 가지가 있으며 축점길이 측정장치는 광학계의 왜곡수차 측정장치에 직접 활용된다. 본 논문에서는 카메라 방법과 nodal slide 방법을 이용한 축점길이 및 왜곡수차 측정장치 제작과 두 방법으로 비교 측정된 wide angle lens의 왜곡수차에 대하여 기술하였고 특히 nodal slide를 사용했을때 발생할 수 있는 왜곡수차 측정오차 요인의 분석과 보정에 관해 연구하였다.

여기서 f는 왜곡수차를 측정할 상면의 시행(trial) 축점길이이며, 상면이 축점면이라면 축점길이이다. 요구된 조건이 알려진 두각 w_m, w_n 에서 크기가 같고 부호가 반대인 왜곡수차를 갖도록 하는 조건이라면 다음식을 이용하여 교정축점길이를 계산할 수 있다.

$$f' = f + \Delta f \quad (2)$$

$$\Delta f = \frac{\Delta h'_m + \Delta h'_n}{\tan w_m + \tan w_n} \quad (3)$$

여기서 $\Delta h'_m$ 과 $\Delta h'_n$ 은 시행 축점길이에 관련된 왜곡수차이며 f'이 요구된 조건에 맞는 축점길이이다.

2. 왜곡수차 정의 및 측정방법

왜곡수차는 광학계의 기준면에 평행인 평면에서 이상적인 상점들로 부터 비축상점들의 방사방향의 변위이며 절대 왜곡수차는 이상적인 상점들과 관찰된 상점사이의 방사방향의 거리로 주어지며 상대 왜곡수차는 절대 왜곡수차를 이상적인 상높이의 퍼센트로 나타낸다. [2] 무한거리 물체와 유한거리 상을 맺는 조건에서 상거리 a'은 축점거리 f와 같고 절대 왜곡수차 V_a 와 상대 왜곡수차 V_r 은

II. 축점길이, 왜곡수차 정의 및 측정방법

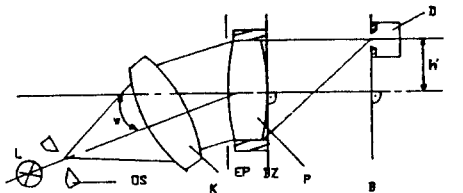
1. 축점길이 정의

$$a' = f = \lim_{w \rightarrow 0} \frac{h'}{\tan w} \quad (4)$$

$$V_a = h' - a' \tan w \quad (5)$$

$$V_r = 100 \frac{h' - a' \tan w}{a' \tan w} \quad (6)$$

이고, 여기서 h' 는 상높이이며 w 는 물체시계각(object field angle)이다. 무한거리 물체와 유한거리 상에서 왜곡수차 측정방법은 카메라 방법과 nodal slide 방법이다. Fig. 1은 카메라 방법에 의한 측정장치의 개략도이다. 카메라 방법에서는 시준기를 회전하거나 시준기를 고정하고 측정되어지는 광학계를 상면과 함께 회전시킬 수 있어야 하며 회전하는 대신 다른 각도로 여러개의 시준기를 배열하는 방법도 있다.[3] 상측정은



L illumination system
OS object slit
w object field angle
K collimator
EP entrance pupil
BZ reference plane of optical system to be tested
P optical system to be tested
B image plane
D detection device
h' image height

Fig. 1. Camera setup.

graticule를 장치한 현미경이나 좁은 슬릿과 광검출기를 결합하여 사용할 수 있으며 사진건판을 상면에 설치하고 현상한 다음 상높이를 측정할 수도 있다. Nodal slide를 이용한 왜곡수차 측정에서 시준기의 구경은 전체 시계각에서 측정할 수 있도록 충분히 커야 하며, 측정되어지는 광학계는 수직축 주위로 회전하는 회전대 위에 장치되고 회전축이 측정되어지는 광학계의 제2주요점(second principal point)을 통과하도록 광학계를 이동할 수 있어야 한다. Fig. 2는 nodal slide를 이용한 측정장치의 개략도이다. 왜곡수차를 측정하기 위해 측정되어지는 광학계를 각도 w 만큼 회전했을 때 상검출 장치는 다음 초점 재조정 값 $\Delta a'$ 에 의해 측정되어지는 광학계로 부터 멀어지는 방향으로 이동해야 한다.

$$\Delta a' = \frac{a' (1 - \cos w)}{\cos w} \quad (7)$$

상거리 a' 는 충분한 정확도로 측정되어야 하고 이동된 거리 Δs 로부터 절대 왜곡수차 V_a 는 다음과 같다.

$$V_a = \frac{\Delta s}{\cos w} \quad (8)$$

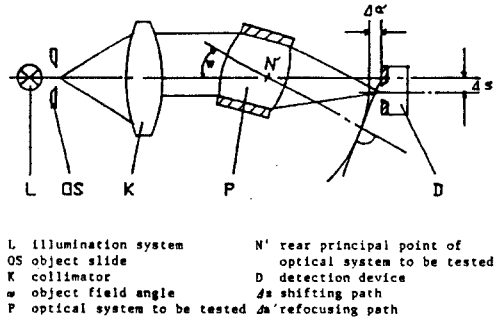


Fig. 2. Setup for nodal slide lens bench method.

III. 측정장치 제작

초점길이 및 왜곡수차를 측정하기 위하여 카메라 방법과 nodal slide 방법에 의한 측정장치를 제작하였다. 카메라 방법에 의한 측정장치는 1 m 초점길이의 시준렌즈를 사용하여 1 diopter 이상인 광학계의 초점길이, 수차 분석, OTF 측정 등이 가능하도록 제작되었으며 nodal slide를 이용한 장치는 초점길이는 약 2.5 m, 직경 20 cm의 비축모듈렌즈를 설치하여 초점길이 긴 광학계와, 구경이 큰 광학계의 성능평가가 가능하도록 제작되었다. 특히 카메라 방법에 의한 측정장치와 nodal slide 장치를 동일한 광학테이블 위에 설치하여 다양한 광학계의 특성평가가 가능하도록 제작되었다.

1. 카메라 방법에 의한 측정장치 제작

본 연구에서는 1개의 시준기를 사용하여 여러각도로 시준기를 회전할 수 있도록 하였고 또한 시준기를 고정했을 때 측정되어지는 광학계를 상면과 함께 회전할 수 있도록 제작하였다. Fig. 3은 제작된 장치를 보여주며 Table 1에 각 부분 광학장치들의 명칭과 기능을 나타내었다. Object generator는 슬릿, 간섭필터, diffuser, 집광렌즈로 구성되어 시준렌즈와 함께 작동시준장치가 되도록 제작하였다. 시준렌즈는 초점길이 1000 mm, 직경 100 mm 이며 파면수차가 직경 80 mm 까지 $\lambda/4$ ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) 이하인 achromatic 렌즈를 사용하였다. 물체를 비축상으로 이동하기 위하여 1 m translator 위에 rotator를 부착하였으며 stepping motor에 의해 구동된다. 또한 유한거리 물체의 왜곡수차 측정시 물체거리를 조정할 수 있도록 translator가 광축에 평행인 1 m의 레일 위에서 전후 이동이 가능하도록 하였다. 시험되는 렌즈 지지대는 X-Y-Z 방향으로 미세이동이 가능하도록 제작하였고 광축 정렬시 상하 방향의 기울어짐을 조정할 수 있도록 제작하였다. 또한 rotator를 설치하여 시준기를 고정했을 때 측정되어지는 광학계가 상면과 함께 회전하거나 렌즈 지지대 장치들이 nodal slide 역할을 할 수 있도록 하여 카메라 방법과 nodal slide 방법에 의한 왜곡수차 측정시 같은 렌즈 지지대를 사용할 수 있도록 하였다. 상검출을 위하여 현미경을 사용하여 직접 상을 관찰하거나 슬릿 혹은 칼날과 광검출기를 결합하여 측정하였다. 현미경은 배율 10인 대안렌즈와 배율이 10, 15, 20, 40, 60인 대물렌즈를 사용하였고 왜곡수차 측정시에는 numerical aperture가 충분히 큰 대물렌즈를 사용하였다. 광검출기는 S-20형 PM tube 이며 noise를 제거하기 위해 preamplifier가 부착된 socket을 사용하였다. 본 장치에 사용되는 motor의 수는 4개이며 신호처리와 motor 구동 그리고 왜곡수차 계산을 위하여 MS-DOS를 사용한 IBM-AT형 컴퓨터를 사용하였다.

2. Nodal slide를 이용한 장치 제작

Fig. 4는 반사형 시준기를 사용한 측정장치의 장치도이며, Table 2에 각 장치들의 명칭과 기능을 나타내었다. Object generator로 부터 나온 광선은 한번 반사되어진 후 촛점길이가 2545.87 mm, 비축거리가 101.6 mm, 직경이 203.2 mm인 비축포물면경에 의하여 시준된다. 이 비축포물면경의 표면정확도는 $\lambda/10$ ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) peak to valley 이다. 광원과 반사경등으로 이루어진 기억자형 시준장치는 standing round bar 위에 위치하며 시험용 광학계 고정장치를 중심으로 공기 베어링 장치에 의해 좌우로 회전할 수 있도록 하였다. 회전 가능한 각도는 $\pm 25^\circ$ 이며 회전 정확도는 $\pm 0.01^\circ$ 이다. Nodal slide용 rotator의 각도측정 정밀도는 1분이며 광축방향의 translator는 이동거리 100 mm 이고 $5 \mu\text{m}$ 간격으로 눈금이 표시되어 있다. 시험되는 광학계에 의해 형성된 상은 X-Y translator 장치위에 고정된 삼각측 장치에 의하여 분석이 가능하도록 하였다. 비축상 물체에 대한 시험일 경우를 고려하여 전체 삼각측장치를 공기 베어링 장치에 의하여 $\pm 35^\circ$ 이내에서 sliding round bar 위에서 회전할 수 있도록 하였다. 물체를 측상에 고정시킴을 경우 시험용 광학계 nodal slide로 회전하여 nodal slide 방법의 의한 측정이 가능하며 시준장치를 회전시키고 nodal slide를 고정하거나 시준장치를 고정하고 시험용 광학계를 상면과 함께 회전하여 카메라 방법에 의한 측정장치로 전환할 수 있도록 하였다.

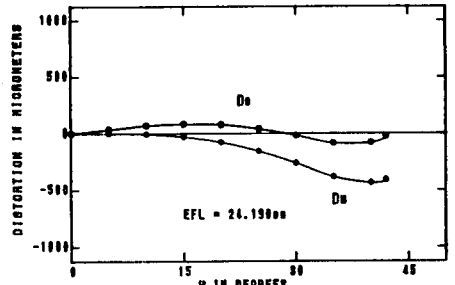


Fig. 5. Graphs illustrating the values of distortion for a wide angle lens.

왜곡수치를 계산한다. 삼각측은 배율 600인 현미경으로 관찰하였으며 stepping motor가 부착된 translator로 1 μm 의 정밀도로 상높이를 측정하였다. Table 3은 카메라 방법으로 측정된 24 mm 렌즈의 왜곡수치이다. Table 3에서 D_w 는 두 반대방향의 같은 각도에 대한 렌즈의 왜곡수치를 평균한 값이고 다음과 같이 주어진다.

IV. 왜곡수치 측정

왜곡수치 측정에 사용된 렌즈는 24 mm wide angle lens 이며 f/2.8 에서 카메라 방법과 nodal slide 방법으로 측정하였다. 왜곡수치 측정시 광축정렬 오차는 측정된 왜곡수치 값을 좌우 비대칭으로 나타나게 하며 측정 재현성에 영향을 준다. 본 실험에서는 U.V 차단 필터를 렌즈에 부착하여 측정기준면으로 정하고 시준기를 자동시준기로 제작하여 광축정렬을 하였다. 사용된 U.V 차단 필터는 평면도가 좋은 것을 선택하여 필터에 의한 프리즘 효과 등의 수차발생 요인을 줄였다. 카메라 방법에 의한 왜곡수치 측정에서는 먼저 측정하고자 하는 각도로 시준기를 이동하기 위하여 컴퓨터 프로그램으로 rotator와 1 m translator를 구동시키며 상면에서 슬릿상의 높이를 측정하였다. 시준기가 기준면에 수직일때 슬릿상의 위치를 원점으로 하고 시준기가 기준면과 이루는 각도에 따라 변위된 거리를 측정하여 상높이를 구할 수 있으며 식 5에 의해

$$D_w = \frac{V_{a,L} + V_{a,R}}{2} \quad (9)$$

여기서 $V_{a,L}$ 과 $V_{a,R}$ 은 주어진 각도에서 상면의 왼쪽과 오른쪽에 나타나는 왜곡수치이다. D_w 는 촛점길이에 관련된 값이며 D_c 는 고정촛점길이에 관련된 왜곡수치이고 다음 관계식으로 구할 수 있다.

$$D_c = D_w - \Delta' \tan w \quad (10)$$

여기서

$$\Delta' = \frac{D_{w_1} + D_{w_2}}{\tan w_1 + \tan w_2} \quad (11)$$

Table 3. Evaluation of the distortion for 24 mm wide angle lens by using the camera method. All values are given in micrometers.

W (degree)	V _a		D _w	a'tan w	D _c
	Left side	Right side			
0	0	0	0	0	0
5	1	-1	0	-37	37
10	-2	-6	-4	-75	71
15	-30	-30	-30	-114	84
20	-77	-77	-77	-155	78
25	-159	-155	-157	-199	42
30	-285	-260	-263	-246	17
35	-386	-379	-383	-289	84
40	-441	-431	-436	-328	-78
42	-416	-400	-408	-384	-24

이 결과는 w_1 과 w_2 에서 최대 왜곡수치를 가지며 부호가 반대이다. 렌즈의 촛점길이는 24.190 mm였으며 Δ' 은 -427 mm였다. 촛점길이는 좌우 3° 이하의 각도에서 상높이를 측정하여 구하였으며 5° 이하의 각도에서는 촛점길이가 거의 일치하는 결과를 얻었다. Table 3 으로부터 왜곡수치 값이 대부분의 각도에서 좌우 대칭성을 나타냄을 볼 수 있다. Fig. 5는 촛점길이와 고정촛점길이에 대한 왜곡수치를 측정할 경우 광학계의 제2절점이 nodal slide의 회전축과 일치하도록 해야 하며 일치하는 정도에 따라 왜곡수치 측정 정확도에 직접 영향을 준다. 만일 광학계의 제2절점이 nodal slide의 회전축으로부터 어떤 길이만큼 분리되어 있다면 이 분리된 길이의 광축방향 성분과 수직 방향의 성분을 최소화할 수 있어야 한다. 시준기의 광축이 광학계의 기준면과 수직이 아닐 경우 측정된 왜곡수치 값이 좌우 비대칭으로 나타나며 렌즈를 이루는 각 부품의 편심으로 인한 프리즘 효과에 의해서도 왜곡수치

Table 4. Evaluation of the distortion for 24 mm wide angle lens by using the nodal slide optical bench method. All values are given in micrometers.

W (degree)	Va		D _w	s'tan w	D _c
	left side	right side			
0	0	0	0	0	0
5	1	-3	-1	-53	52
10	-11	-15	-13	-107	14
15	-44	-49	-47	-162	115
20	-111	-107	-109	-220	111
25	-204	-203	-204	-282	78
30	-328	-359	-339	-349	10
35	-486	-531	-509	-424	-85
40	-589	-656	-623	-508	-115
42	-554	-657	-606	-545	-61

값이 좌우 비대칭으로 나타난다. Table 4는 nodal slide 방법에 의해 측정된 렌즈의 왜곡수치를 보여주며 이 방법으로 측정된 렌즈의 초점길이는 24.170 mm 였으며 Δa'은 -605 μm 였다.

Table 3과 Table 4로 부터 두 방법으로 측정된 왜곡수치가 비교적 큰 차이를 나타내고 특히 초점길이에 대한 왜곡수치 값의 비교에서 nodal slide 방법에 의해 측정된 결과가 카메라 방법에 비해 왜곡수치가 전체적으로 크게 나타나며 각도가 클수록 더욱 차이가 커짐을 알 수 있다. 그러나 카메라 방법과 nodal slide 방법 각각에 의한 측정시 왜곡수치의 측정 재현성은 아주 좋았으며 특히 카메라 방법에서 측정된 결과는 ±5 μm 이내에서 일치하였고 두 방법으로 측정된 초점길이는 ±20 μm 이내에서 일치하였다. 본 연구에서는 두 방법에 의하여 측정된 왜곡수치에서 큰 차이가 나는 원인이 nodal slide 방법에 의한 측정시 상면의 defocus에 의해 발생한다는 사실을 확인했다. 왜곡수치가 있는 경우 nodal slide에 의한 측정에서는 카메라 방법에 의한 상면으로부터 $V_a \sin w$ 만큼 이동한 위치에서 왜곡수치를 측정하게 된다. 여기서 V_a 는 측정되어지는 광학계의 절대왜곡수치이며 ± 부호는 왜곡수치 특성에 의해 정해진다. 왜곡수치가 클 경우 이러한 상면의 이동에 의한 측정오차가 크며 각도가 커질수록 더욱 커진다는 사실을 알았다. 이러한 왜곡수치 측정오차를 보정하는 방법은 nodal slide를 사용하여 측정할때의 측정면으로부터 광축방향으로 $\pm V_a \sin w$ 이동한 뒤에 다시 왜곡수치를 측정하였을때 같은 값의 절대왜곡수치, V_a 를 얻을 수 있는지 확인하는 것이며 왜곡수치가 있을 경우 광학계의 상면에서 이러한 조건을 만족하는 위치는 하나로 정해진다. 만일 $V_a \sin w$ 이동한 뒤에 다시 왜곡수치를 측정하였을때 다른 값의 V_a 를 얻게 된다면 이 V_a 값을 사용하여 수치가 없을때의 왜곡수치 측정면으로부터 또다시 $\pm V_a \sin w$ 이동한 뒤에 왜곡수치를 측정하여 같은 값의 V_a 가 나올때까지 반복한다. 정확한 V_a 는 하나로 결정되며 iteration 방법에 의해 V_a 보다 크거나 작은 값을 반복하다가 V_a 에 수렴함을 알 수 있었다. Table 5는 이러한 과정을 거쳐 보정된 왜곡수치를 카메라 방법으로 측정된 왜곡수치와 비교한 결과이며 Table 5에서 $D_{w,A}$, $D_{c,A}$ 는 카메라 방법으로 측정된 왜곡수치이며 각각 초점길이와 교정초점길이에 대한 왜곡수치이고 $D_{w,B}$, $D_{c,B}$ 는 nodal slide 방법으로 측정된 초점길이와 교정초점길이에 대한 왜곡수치이다. 초점길이에 대한 왜곡수치 비교에서 두 방법에 의한 측정오차는 ±10 μm 이내에서 일치하였으며 교정초점길이에 대한 왜곡수치는 ±7 μm 이내에서 일치하는 결과를 얻었다.

Table 5. Comparison of the measured distortion values. The values obtained with the camera method are designated $D_{w,A}$, $D_{c,A}$ while those obtained on the nodal slide method are designated $D_{w,B}$, $D_{c,B}$. All values are given in micrometers.

W (degree)	$D_{w,A}$	$D_{w,B}$	$\frac{D_{w,A}-D_{w,B}}{D_{w,B}}$	$D_{c,A}$	$D_{c,B}$	$\frac{D_{c,A}-D_{c,B}}{D_{c,B}}$
0	0	0	0	0	0	0
5	0	-1	1	37	36	1
10	-4	-6	2	71	69	2
15	-30	-31	1	84	83	1
20	-77	-81	4	78	74	4
25	-157	-159	2	42	39	3
30	-263	-260	-3	-17	-15	-2
35	-383	-373	-10	84	-77	-7
40	-436	-429	3	-78	83	5
42	-408	-402	-6	24	20	-4

V. 결 론

카메라 방법과 nodal slide 방법에 의한 초점길이 및 왜곡수치 측정장치를 제작하고 wide angle 렌즈의 왜곡수치를 비교 측정하였다. 왜곡수치 측정결과를 nodal slide 방법에 의한 측정에서 카메라 방법보다 큰 왜곡수치를 나타내었으며 각도가 커짐에 따라 더욱 큰 차이를 보였다. 이러한 두 측정방법에서 왜곡수치의 차이는 nodal slide를 이용한 측정시 측정면이 실제 상면으로 부터 이동하므로써 발생한다는 것을 확인하였으며 반복법에 의해서 보정하였다. 반복법에 의해 보정된 측정면에서 nodal slide에 의해 측정된 왜곡수치는 카메라 방법과 비교하여 ±10 μm 이내에서 일치하였으며 초점길이 측정오차는 ±20 μm 이내였다.

참 고 문 헌

1. ANSI PH 3.35, "Methods of designating and measuring focal lengths and focal distances of photographic lenses" (1960).
2. ISO/DP 9039, "Optical and optical instruments quality evaluation of optical system-determination of distortion" (1985).
3. Washer F.E., Tayman W.P., and Darling W.R., "Evaluation of lens distortion by visual and photographic methods", J. Research NBS 61, No. 6 (1958).
4. Washer F.E. and Darling W.R., "Factors effecting the accuracy of distortion measurement made on the Nodal Slide Optical Bench," J. Opt. Soc. Am. 49, No. 6, 517-534 (1959).

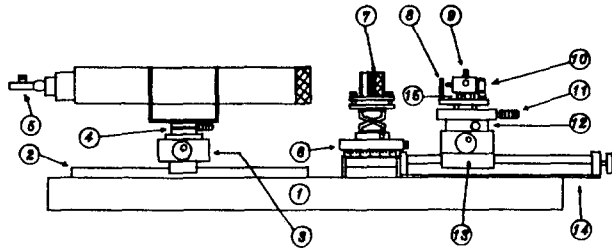


Fig. 3. Distortion measurement system.

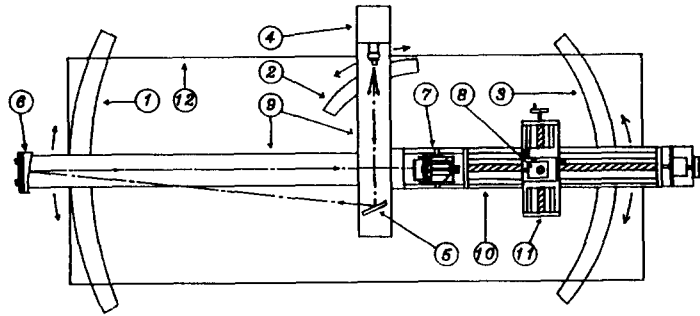


Fig. 4. Nodal slide optical bench system for testing optical system.

Table 1. Specifications of each component of the distortion measurement system.

No.	Name	Specification
1	Optical Table	
2	Translator	TRK SN 301 (길이 1 m, 2개)
3	Translator	Off-axis 축정사 사용 (분해능 10 μm, 정확도 10 μm)
4	Rotator	Micro Control RR 300PP (정확도 ±0.01°)
5	Object Generator	형스텐 필라멘트 램프 사용
6	Nodal Slide	Rotator, X-Y translator, lab jack
7	Lens Mount	카메라 렌즈 mount 외 centring holder 교환 사용
8	Scanner	Slit or knife edge
9	Alignment System	Scanner 정렬을 위한 장치
10	정광장치	PM tube (Ramatse R328, S-20 type, Pre-amplifier 내장형 socket 사용)
11	Defocusing Translator	Micro Control RT 35ARS (분해능 1 μm, 정확도 ±1 μm, 이동거리 ±25 mm)
12	X-Y translator	미세 이동용
13	Translator	off-axis 축정사 사용 (분해능 10 μm, 정확도 1 μm)
14	Translator	Defocusing alignment용 (분해능 ±10 μm, 정확도 ±1 μm)
15	Translator	상표이 축정용 (분해능 1 μm, 정확도 1 μm)

Table 2. Specification of each component of the nodal slide optical bench system.

No.	Name	Specification
1	Sliding round bar	길이 1200 mm, 곡률반경 1800 mm
2	Sliding round bar	길이 650 mm, 곡률반경 610 mm
3	Sliding round bar	길이 1430 mm, 곡률반경 910 mm
4	Object generator	visible, IR, pinhole, slit, test target
5	Mirror	평면도 λ/4, λ = 6328 nm, 직경 100 mm
6	Off-axis parabolic mirror	평면도 λ/10, λ = 6328 nm, 직경 200 mm
7	Tested lens holding system and nodal slide	rotator, X-Y-Z translator, lens holder
8	Image analyzer	현미경용 상분석장치
9	Rotating arm	길이 2200 mm, 1100 mm
10	Translator	길이 1000 mm
11	Translator	길이 500 mm