

# 지붕형 폐찬 프리즘을 위한 계산 평가 프로그램 개발

이동희<sup>1</sup>, 박승환<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>극동대학교 안경광학과, <sup>2</sup>을지대학교 의료공학과

## Development of Program Used for Calculation and Estimation of Roofed Pechan Prism

Dong-Hee Lee<sup>1</sup>, Seung-Hwan Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Visual Optics, Far East University

<sup>2</sup>Department of Biomedical Engineering, Eulji University

**요약** 본 논문은 지붕형 폐찬 프리즘 설계 데이터 산출 프로그램에 관한 것이다. 우선 지붕형 폐찬 프리즘 설계 변수를 설정하였고, 이들 사이의 관계식을 유도하였다. 이 식들에 의해 우리는 face-length 와 유효 입사빔의 직경이 주어질 때 지붕형 폐찬 프리즘 설계를 위한 수치 데이터들이 출력되는 프로그램을 개발하였다. 실제 이 프로그램을 상용 사이즈가 아닌 프리즘에 적용한 결과 아주 빠른 설계 데이터를 산출할 수 있었고 이에 의해 실제 지붕형 폐찬 프리즘의 3D 구조를 쉽게 획득할 수 있었다. 이는 제품 개발에 필요로 하는 지붕형 폐찬 프리즘의 구조적인 데이터를 신속하게 확보할 수 있다는 것을 의미하며, 보다 빠른 속도로 스코프 관련 신제품 개발을 할 수 있게 되었음을 의미한다.

• **주제어** : 스코프, 정립 프리즘, 지붕형 폐찬 프리즘, Face-length, 광경로

**Abstract** This study relates to the development of a program for calculating the roofed pechan prism design data. First, we set the roofed pechan prism design variables and derive the relational expressions between them. With this expressions, we could develop the program that outputs the numerical data for roofed pechan prism design when the face-length and the effective incident beam diameter are given. In fact, applying this program to the prism which is not the commercial size, we were able to calculate the design data very quickly, so that we can easily acquire the 3D structure of the actual roofed pechan prism. This means that we can quickly ensure the structural data of roofed pechan prism which is required for the product development and we are able to develop the new products related to the scope at a faster speed.

• **Key Words** : Scope, Erecting prism, Roofed Pechan prism, Face-length, Optical pass length.

### 1. 서론

광학식 스코프[1-4]는 대물렌즈, 대안렌즈, 레티클(reticle:조준선)로 구성되는 배율이 있는 광학계로 목표물을 확대해서 볼 수 있기 때문에 목표물의 식별능력이 뛰어나서 사격용으로 많이 사용되고 있다.

그림 1에는 광학식 스코프의 한 예[1]를 보여주고 있는데 구성은 대물렌즈, 정립프리즘, 레티클, 접안렌즈 등으로 구성되어 있다. 대물렌즈에 의한 외부 물체의 상이 레티클 위치에 결상되면 이 상과 레티클을 동시에 접안렌즈에 의해 확대해서 보는 것이 스코프의 원리이다. 이때 대물렌즈의 상과 레티클을 그대로 확대하면 상이 거

\*Corresponding Author : 박승환 (pasuhwa@eulji.ac.kr)

Received October 21, 2016

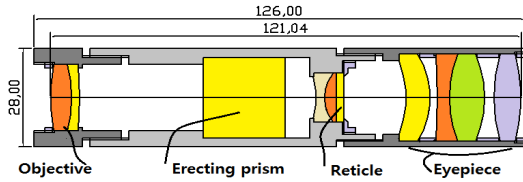
Revised November 18, 2016

Accepted December 20, 2016

Published December 31, 2016

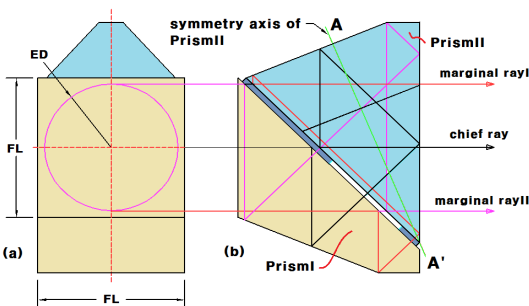
꾸로 보이기 때문에 이것을 다시 한 번 거꾸로 결상되게 하여 집안렌즈의 상이 정립될 수 있도록 하는 것이 대물 렌즈와 레티클 사이에 있는 정립프리즘(erecting prism)의 역할이다. 이러한 프리즘의 종류에는 아베(Abbe)프리즘 또는 지붕형 폐찬(roofed Pechan)프리즘 등이 있다 [5-10]. 일반적으로 지붕형 폐찬(roofed Pechan) 프리즘이 광경로를 최대한로 접어주기 때문에 스코프의 경통길이를 가장 짧게 만들 수 있는 장점이 있어 가장 많이 사용되는 정립프리즘의 한 종류이다. 그러나 이 프리즘은 제작이 까다로운 것이 단점이다. 이러한 이유로 상용 지붕형 폐찬 프리즘은 face-length[11]가 12.5 mm, 16.5 mm, 20.0 mm 등으로 그 크기가 제한되어 공급되고 있는 실정이었다. 이러한 제한으로 대부분의 기계공학 전공자가 담당하는 스코프의 기구 설계에 있어서 지붕형 폐찬 프리즘의 크기를 조정할 수 없었기에 제품의 설계에 자유도를 주지 못하여 사용자의 원하는 광학계의 개발에 많은 지장을 초래하고 있었다.

이에 본 논문에서는 상기 문제점을 해결하고자 지붕형 폐찬 프리즘의 설계 제작 데이터를 스코프의 기구부 설계 담당자에게 쉽게 제공해줄 수 있는 광학과 기계공학이 융합된 지붕형 폐찬 프리즘의 기구적 구성 치수를 제공해주는 프로그램을 개발하고자 하는 것이다.

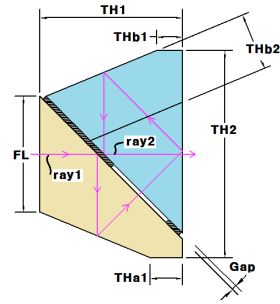


[Fig. 1] General structure of the erecting prism type optical scope(quoted from references [1])

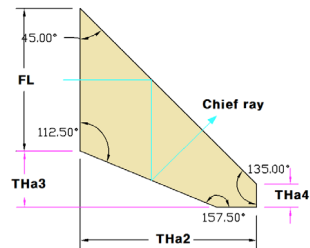
## 2. 지붕형 폐찬 프리즘 이론[8,12-15]



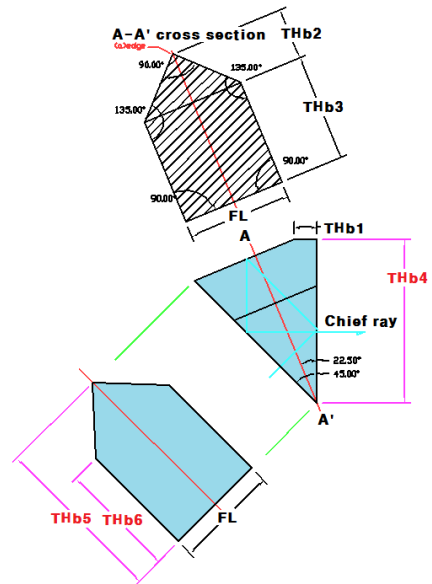
[Fig. 2] Structure of the roofed pechan prism composed of two part-prisms(PrismI and PrismII)



[Fig. 3] Various variables required for design of a roofed pechan prism



[Fig. 4] Various variables in PrismI which is required for design of a roofed pechan prism



[Fig. 5] Various variables in PrismII which is required for design of a roofed pechan prism

그림 2에서와 같이 지붕형 폐찬 프리즘은 face-length(FL)로 규격을 정의한다. 즉 face-length는 그림 2(b)의 PrismI의 좌측면에서 보이는 입사면의 한 변의 길이가

된다. 그리고 그림 2(a)에서 보이는 입사면에 입사하는 빛의 유효 직경의 반지름 ED는 그림 3의 THb1, THa1을 결정하게 된다. 이들 요소의 결정에 그림 2(b)에서의 두 파트프리즘 PrismI과 PrismII 사이의 Gap도 중요한 변수가 된다. 일반적으로 파트프리즘 PrismI, 와 PrismII의 그림 2(b)의 오른쪽에 보이는 면들이 하나의 평면 위에 있어야 한다는 것도 중요한 구속 조건이 된다. 왜냐하면 실제 광학계 제품을 구성할 때 이들 면이 한 평면을 유지하지 못하게 되면 광학계 구성 시 조립 단차가 생겨 성능을 저하시키는 원인을 제공하기 때문이다. 그림 2 와 그림 3에서 보면 파트 프리즘 PrismI과 PrismII의 우측 상단부가 수평으로 절단되어 각각 THa1, THb1 만큼의 수평절단부를 형성하는데 이는 그림 2에서 보면 유효구경(ED)의 상단을 입사하는 marginal rayII가 PrismII의 상단 지붕부를 지날 때 진행을 방해하지 않는 위치에서 수평으로 절단하여 전체 광학계의 볼륨 최소화하기 위한 것과 유효구경(ED)의 하단을 입사하는 marginal rayI이 PrismI의 하단부를 지날 때 진행을 방해하지 않는 위치에서 수평으로 절단하여 전체 광학계의 볼륨 최소화하기 위한 것을 고려하여 계산되어지는 것이다. 주광선(chief ray)이 프리즘의 입사면을 지나 출사면을 통과하기까지의 총경로(TPL)는 그림 3의 프리즘의 기하학적인 두께(TH1)와의 비교에서 실제 주광선이 지나가는 경로에서 폴딩(folding)효과 얼마인지를 확인할 수 있는 요소로서 광학계에 폐찬 프리즘의 적용 가능성 여부를 알려주는 중요한 기준이 된다.

초기에 주어지는 요소 FL, ED, Gap로 그림3, 4, 5에 나타나는 지붕형 폐찬 프리즘의 설계를 위한 외각 치수들을 구해 보면 아래의 식들과 같다.

$$TPL = 0.5 \times FL \times (5 + 3\sqrt{2}) - \frac{Gap}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$TH1 = \frac{FL}{2} + \frac{FL + Gap}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$THa1 = TH1 - \frac{(ED + FL)}{2} \quad (3)$$

$$THa2 = TH1 \quad (4)$$

$$THa3 = (THa2 - THa1) \times \tan 22.5^\circ \quad (5)$$

$$THa4 = THa1 - \sqrt{2} \times Gap - AA \quad (6)$$

$$THb1 = THa1 - \sqrt{2} \times Gap \quad (7)$$

$$THb2 = \frac{FL}{2} \quad (8)$$

$$THb3 = \sqrt{2} \times \cos 22.5^\circ \times \left( \frac{AA}{1 + \tan 22.5^\circ} + TH1 - \frac{FL - ED}{2} - \sqrt{2} \times Gap \right) - THb2 \quad (9)$$

$$THb5 = \frac{(THb2 + THb3)}{\cos 22.5^\circ} \quad (10)$$

$$THb4 = THb5 - THb1 \times \tan 22.5^\circ \quad (11)$$

$$THb6 = \frac{THb3}{\cos 22.5^\circ} \quad (12)$$

$$TH2 = THb4 + THa4 + \sqrt{2} \times Gap \quad (13)$$

$$\left( \text{단, } AA = 2 \times [THa1 - \{ (THa2 - THa1) \times \tan 22.5^\circ + \frac{FL - ED}{2} \} \times \frac{\sqrt{2}}{2} + Gap \right] \times \frac{\sqrt{2}}{2} \quad )$$

프리즘의 굴절률(n)을 고려했을 때 프리즘을 사용함으로써 나타나는 실제 기하학적인 거리의 축소효과를 THgain라고 한다면 이 값은 다음의 식으로 표현된다.

$$THgain = TPL - TH1 - (TPL - Gap) \times \frac{(n-1)}{n} \quad (14)$$

THgain 값은 특정한 face-length를 가지는 지붕형 폐찬 프리즘을 적용한 광학계와 적용하지 않은 광학계에서의 기구적인 축소효과의 양을 나타내는 값으로서 그림 3의 TH1, TH2와 함께 설계하고자 하는 광학계의 볼륨을 결정하는 중요한 요소로 작용한다.

### 3. 지붕형 폐찬 프리즘 데이터 산출

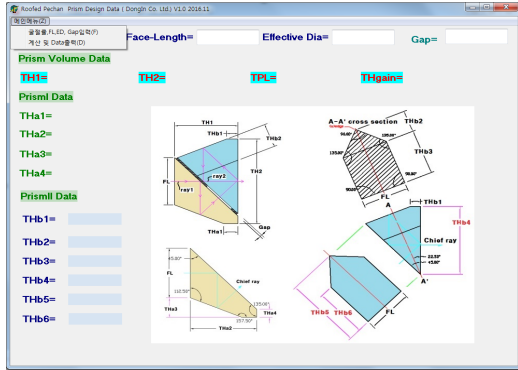
#### 프로그램밍

초기에 주어지는 요소 FL, ED, Gap 및 초자의 굴절률의 값이 주어졌을 때, 상기에 정리된 식들에 의해 계산되어진 값을 지붕형 폐찬 프리즘이 필요한 광학계 설계자들에게 제공할 수 있도록 프로그램밍을 하고자 한다.

프로그램에서 메인메뉴(Mainmenu)를 클릭하여 처음 입력하는 데이터는 Index, FL, ED, Gap으로 하였다. 계산 결과를 그림 2의 두 파트프리즘 PrismI, PrismII 의 각각을 설계할 수 있는 데이터들로 나누어서 볼 수 있도록 하였다.

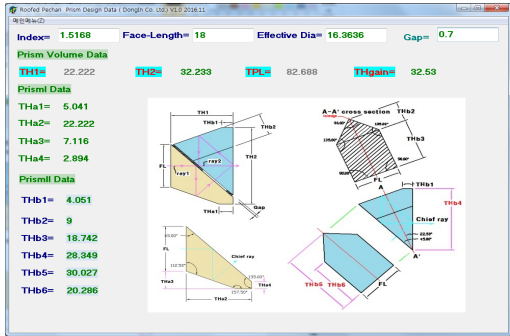
프로그램은 RAD Studio EX7[16]을 사용하였고 그림 6과 같은 폼 배치를 하였는데 Edit 컴포넌트 4개, Label

컴포넌트 35개, Button 컴포넌트 1개, OpenPictureDialog 컴포넌트 1개, ImageBox 컴포넌트 1개, MainMenu 컴포넌트 1개로 구성되어 있다.



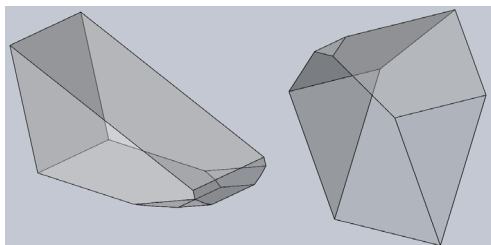
[Fig. 6] Configuration of positions of various components on the form\_window

그림 6은 초기 폼 배치 및 메인메뉴의 자메뉴를 보여 주고 있다.



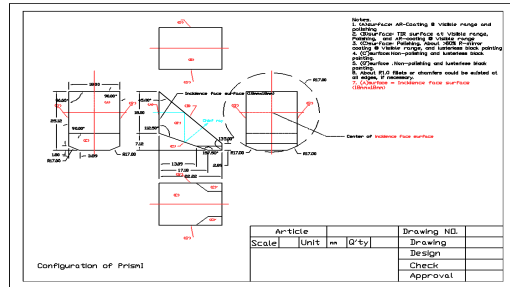
[Fig. 7] Showing results of executing the developed program by the initial input data

그림 7은 초기 4개의 입력 값으로 수행되어진 프로그램의 결과를 보여주고 있다.



[Fig. 8] 3D configuration of the new designed roofed pechan prism presented by the calculated data from the developed program

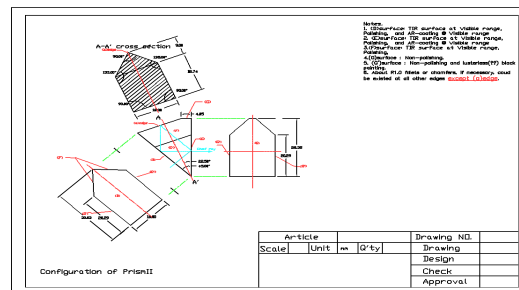
그림 8은 개발된 프로그램에서 산출된 데이터로 솔리드웍스에서 표현해 본 지붕형 폐찬 프리즘의 파트프리즘들의 3D 구성을 보여준다.



[Fig. 9] Fabrication drawing of Prism1 derived from the program execution results

#### 4. 지붕형 폐찬 프리즘 프로그래밍의 적용

개발된 프로그램에 상용프리즘의 데이터인 FL 20 mm, 12.5 mm, 16.5 mm를 대입( 일반적으로 ED는 FL의 90%, Gap은 0.7 mm를 사용함 )하여 산출된 TH1, TH2를 고려하여 특정한 광학계를 시뮬레이션하였으나 적절한 볼륨을 얻을 수 없었다. 적절한 볼륨을 유발하는 FL은 18.0 mm 임을 확인할 수 있었고, FL=18.0 mm, ED=16.36 mm, Gap=0.7 mm 로 하여 다시 프로그램을 수행하여 그림 7와 같은 결과를 얻었다. 이 데이터를 기반으로 하여 구성한 지붕형 폐찬 프리즘의 파트프리즘제작도는 그림 9, 10에 나타나 있다. 또한 이 데이터로 3D 설계된 지붕형 폐찬 프리즘은 그림 8에 나타나 있다. 그림 7의 THgain 값으로 우리가 확인할 수 있는 것은 본 실제예에서와 같은 18 mm FL의 지붕형 폐찬 프리즘의 사용은 광축상 기하학적 경로를 32.53 mm 감소하는 효과를 가져 온다는 것이다.



[Fig. 10] Fabrication drawing of Prism1 derived from the program execution results

### 5. 결론

본 논문은 광학과 기계공학이 융합된 스코프 개발에 사용되는 지붕형 폐찬 프리즘을 평가하고 구조적 설계 데이터를 산출할 수 있도록 하는 프로그램 개발에 관한 것이다. 우리는 우선 지붕형 폐찬 프리즘 설계 변수를 설정하였고, 이들 사이의 관계식을 유도하였다. 이 식들에 의해 우리는 face-length 와 유효 입사빔의 직경이 주어질 때 지붕형 폐찬 프리즘 설계를 위한 수치 데이터들이 출력되는 프로그램을 개발하였다. 실제 이 프로그램을 상용 사이즈가 아닌 프리즘에 적용한 결과 아주 빠른 구조적 설계 데이터를 산출할 수 있었고 이에 의해 실제 지붕형 폐찬 프리즘의 3D 구조를 쉽게 획득할 수 있었다. 이는 제품 개발에 필요로 하는 지붕형 폐찬 프리즘의 구조적인 데이터를 신속하게 확보할 수 있게 되었다는 것을 의미하며, 보다 빠른 속도로 관련 신제품 개발을 할 수 있게 되었음을 의미한다.

### REFERENCES

[1] D. H. Lee, "Development on a Roofed Pechan Prism Type Scope with 70mm Eye Relief", J. Korean Ophthalmic Opt. Soc., Vol. 15, No. 3, pp. 247-255, 2010.

[2] S. H. Park, D. H. Lee, "Development on a Relay Lens Type Scope with 70mm Eye Relief", J. Korean Ophthalmic Opt. Soc., Vol. 14, No. 3, pp. 29-35, 2009.

[3] D. H. Lee, S. H. Park, "Development of Scope with Abbe-König Prism", J. Korean Ophthalmic Opt. Soc., Vol. 18, No. 4, pp. 509-517, 2013.

[4] D. H. Lee, S. H. Park, "Development of 3X Scope with Objective Configured with Doublet+Meniscus Lens", J. Korean Ophthalmic Opt. Soc., Vol. 19, No. 4, pp. 487-492, 2014.

[5] Daniel Malacara, Geometrical and Instrumental Optics. NY: Academic Press, pp. 64-67, 1988.

[6] Warren J. Smith, Modern Optical Engineering 4th Ed. NY: McGraw-HILL, pp. 136-155, 2008.

[7] Warren J. Smith, Modern Lens Design. NY: McGraw-HILL, pp. 63-86, 1992.

[8] [http://www.advancedglass.net/pdfdocs/prisms\\_frequently\\_used\\_in\\_optical\\_systems.pdf](http://www.advancedglass.net/pdfdocs/prisms_frequently_used_in_optical_systems.pdf)

[9] Moriyasu Kanai, "Image search device," USP

20020057496 A1, 2001.

[10] <http://www.alignoptics.com/org-prisms-frequently-used.html>.

[11] J. W. Cha, D. H. Lee, "Development of scope for Military Rangefinder Using Schmidt Prism and Biprism Theory of Optometric Instrument", J. Korean Ophthalmic Opt. Soc., Vol. 20, No. 2, pp. 167-175, 2015.

[12] Kingslake R., Optical System Design. NY: Academic Press, pp. 161-169, 1983.

[13] Wolfe W. L., Nondispersive Prisms in Handbook of Optics Vol. 2. NY: McGraw-HILL, Chap. 5, 1995.

[14] Daniel Malacara, Zacarias Malacara, Handbook of Optical Design 2nd Ed. NY: Marcel Dekker Inc., pp. 248-257, 2004.

[15] Bruce H. Walker, Optical Engineering Fundamentals. NY: McGraw-HILL, pp. 169-179, 1995.

[16] <http://devgear.co.kr/products/delphi/>.

### 저자소개

이 동 희(Dong-Hee Lee)

[정회원]



- 1988년 2월 : KAIST 물리학과 (이학석사)
- 1994년 2월 : KAIST 물리학과 (이학박사)
- 1994년 3월 ~ 1996년 3월 : 대우 전자 중앙연구소 선임연구원
- 1996년 3월 ~ 2012년 2월 : 을지대학교 안경광학과 교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 안경광학과 교수

<관심분야> : 광학계 설계 및 평가, 반도체 검사장비, 안광학 장비

박 승 환(Seung-Hwan Park)

[정회원]



- 1985년 10월 : 서울지구병원 의료장비 정비관
- 1990년 2월 : 인하대학교 전자공학과(석사)
- 1995년 8월 : 인하대학교 전자공학과(박사)
- 1995년 9월 ~ 현재 : 을지대학교 의료공학과 교수

<관심분야> : 광학 의료기기 시스템, 정보공학, 신호처리