

# 도로터널 조명시뮬레이션 길라잡이

허정국<<주>삼보기술단 기전부 대리>

## 1 서론

도로터널 조명설계에 기준이 되는 KS A 3703 터널 조명 기준, 국토해양부 『도로안전시설 설치 및 관리 지침』 조명시설편, 한국도로공사 전기실무 지침서를 참고하여 많은 엔지니어들이 도로터널 조명설계계산을 엑셀 수식계산하고 있다.

대부분 엑셀 수식계산은 등기구의 총 광속을 도로면적으로 나눈 평균 조도만 계산하고 있다. 그러나 CIE (국제조명위원회) Guide for the lighting of road tunnels and underpasses에서는 도로의 균제도를 언급하고 있다. 그리고 KS A 3703 개정에도 도로의 균제도 기준을 포함할 계획이 있는 것으로 알고 있다. 이처럼 균제도가 중요시되고 있는데 균제도를 계산하지 못하는 엑셀 수식계산은 도로터널 조명설계계산을 반만하는 꼴이 된다.

그래서 이제부터는 엑셀 수식계산 이후 균제도를 확인할 수 있는 조명시뮬레이션 수행이 꼭 필요하게 될 것이다. 이 실정에서 대부분 조명 시뮬레이션은 유료이고 쉽게 접근하지 못 하고 있다. 그러나 독일에 근거하는 DIAL GmbH사가 개발한 DIALLux 프로그램은 무료 공개프로그램이고, [www.dialux.com](http://www.dialux.com)에서 쉽게 다운 받을 수 있다. DIALLux 프로그램으로 도로터널 조명시뮬레이션을 이행해 보자.

## 2. 도로터널 조명시뮬레이션

우선 DIALLux 프로그램을 설치하고 실행하면 그림 1 화면이 나타난다. Welcome 창에 많은 Project 가 있지만 도로터널 조명시뮬레이션을 하기 위해 New Interior Project를 선택한다.

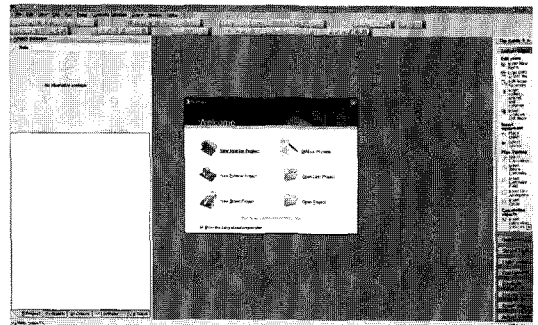


그림 1

DIALLux 프로그램은 별도의 도로터널시뮬레이션 과정이 없어서 그림 2처럼 실내조명시뮬레이션 과정에서 도로터널 조건 (반사율, 보수율)을 입력하여 프로그램을 실행하여야 한다. 우선 화면 좌측 상단에 그림 2처럼 Room Editor 탭에서 OK 버튼을 클릭한다.

그림 3을 보면 General 탭에서 Name: 사업명을 또는 터널명을 기입하면된다. 여기서는 OO터널로 기입하겠다.

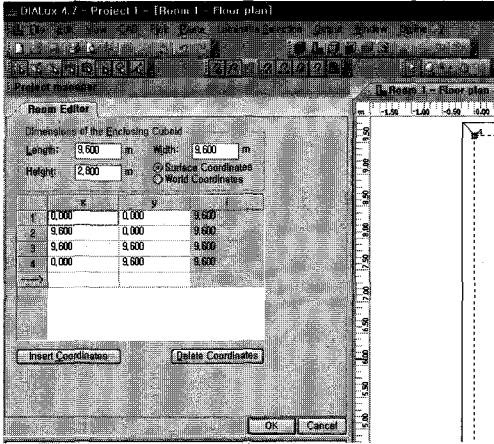


그림 2

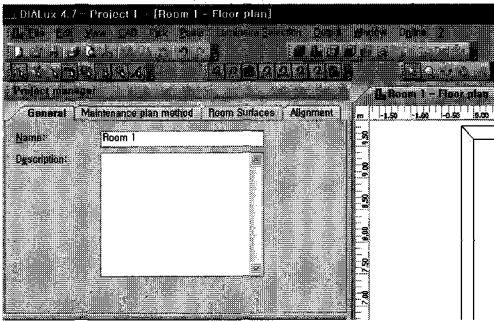


그림 3

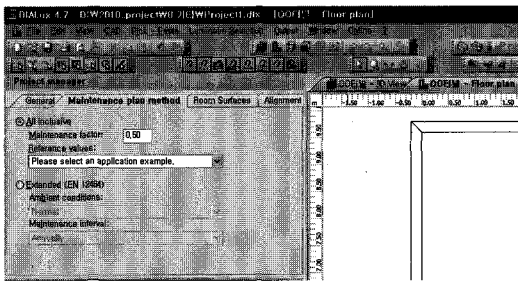


그림 4

그림 4를 보면 Maintenance plan method 탭에서 Maintenance factor (보수율)이 있는데 한국도로공사 『전기실무 지침서』 IV.터널 2-4. 보수율 표에서 터널의 길이, 종단경사, 교통량에 조건에 맞는 보수율을 선택하면 됩니다. 여기에서는 0.5로 선정하겠습니다.

아직까지는 터널단면이 반영되지 않은 정사각형 실이다. 그래서 정확한 터널단면을 반영하기 위해서 CAD 파일인 터널표준단면도를 입력해야 하는데 가급적이면 입력할 CAD 파일은 한가지 레이어로 정리하여 입력하는 것이 안전하다. 그림 5처럼 File / Import / DWG or DXF file...를 실행하며 터널표준단면도를 입력한다.

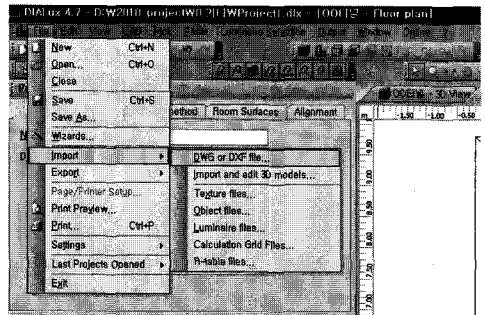


그림 5

그림 6은 터널표준단면도를 입력한 후이다.

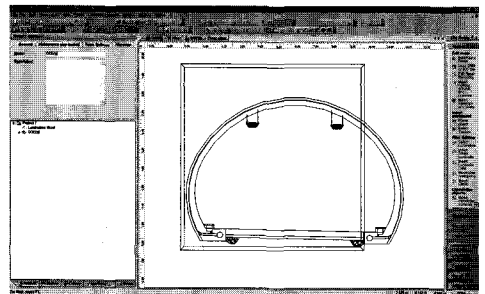


그림 6

다음은 Floor plan를 터널단면에 맞추는 과정이다. 화면 왼쪽 중앙에 그림 7처럼 마우스 커서를 OO 터널에 놓고 오른쪽 마우스 버튼을 클릭하여 Edit Room Geometry를 실행한다.

그림 8처럼 Floor plan창에서 1번 점을 터널내경에 맞추어서 드래그하고 1번과 2번점 선 중간에 마우스 커서를 놓고 오른쪽 마우스 버튼을 클릭하여

Insert Point를 실행하면 새로운 점을 추가된다. 이렇게 필요한 점을 추가하여 터널 내경에 맞게 점들을 배치하면 그림 9처럼 된다.

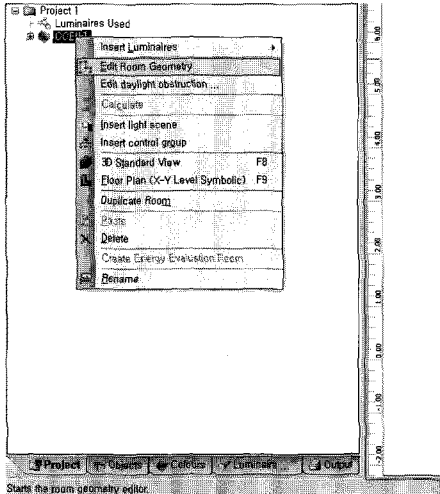


그림 7

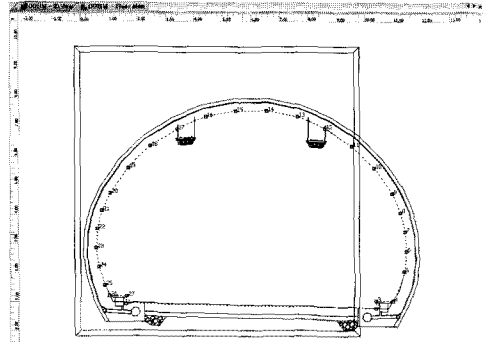


그림 9

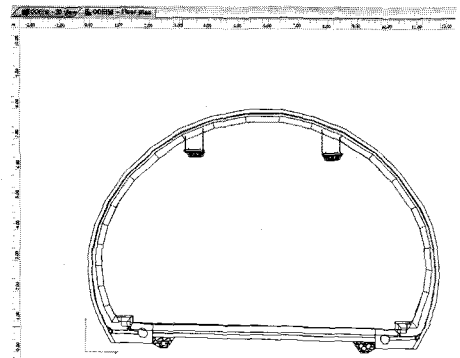


그림 10

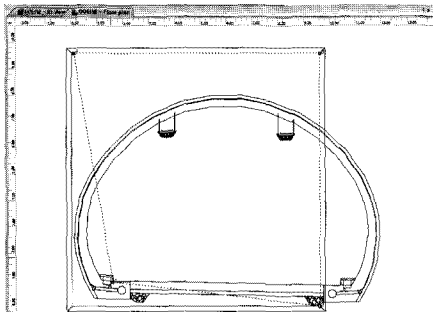


그림 8

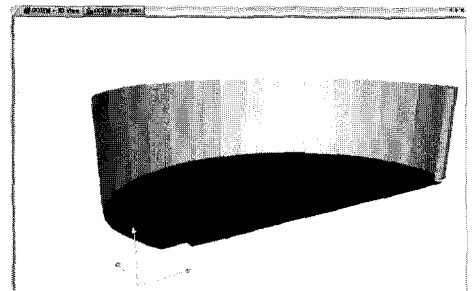


그림 11

그림 9 이후에 화면 좌측 상단 Room Editor창에서 OK 버튼을 클릭하면 Floor plan창엔 그림 10처럼 3D View창엔 그림 11처럼 된다.

그림 11을 보면 X축(빨간색)은 터널의 폭이고 Y축(녹색)은 터널의 높이이고 Z축(파란색)은 터널의 길이로 보고 3D View 창 바로 위에 있는 Rotate View 버튼을 클릭 후 3D View 창에서 왼쪽 마우스 드래그로 재조정하면 그림 12와 같이 된다.

3D View창에서 오른쪽 마우스를 클릭하여 Edit Room Geometry를 실행하면 그림 13처럼 Room Editor 창이 나오는데 Length는 터널내부의 폭으로, Width는 터널내부의 높이로, Height는 터널내부의 길이로 문자의 뜻과 다르게 보아야 한다. 터널조명시뮬레이션을 할 때 터널 전체길이를 전부 다 만들

고 시뮬레이션 하는 것은 많은 시간을 소요하므로 구간별 샘플링하여 실행하면 더욱 간소화 된다. 그러나 여기에서 주의할 점은 측정할 길이보다 최소한 5배까지 등기구 배치하고 중간을 측정하는 것이 바람직하다. 여기에서는 등기구를 5[m] 간격으로 배치하고 측정할 길이는 10[m]로 할 예정이므로 터널길이를 50[m]로 설정하겠다. Height에 50[m]를 기입하고 OK 버튼을 클릭하면 그림 14처럼 된다.

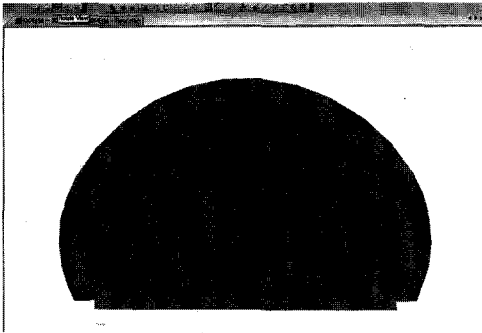


그림 12

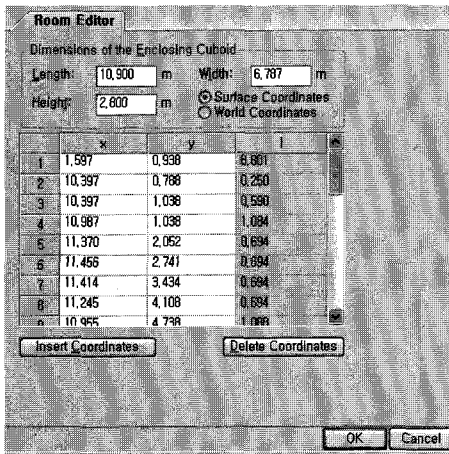


그림 13

의 앞쪽 오픈공간이므로 Reflection factor(반사율)을 0으로 기입해야 한다.

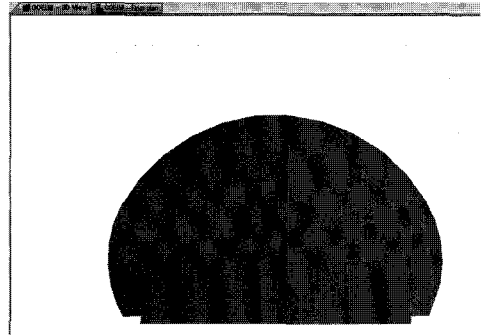


그림 14

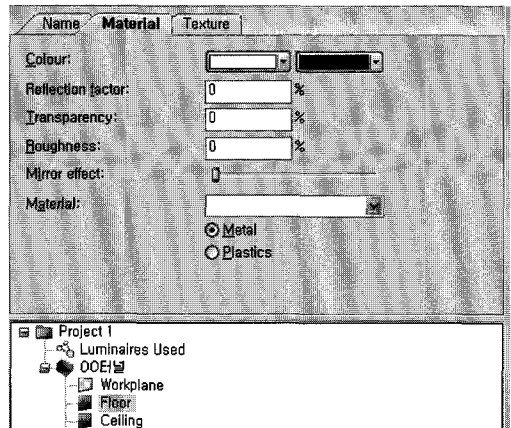


그림 15

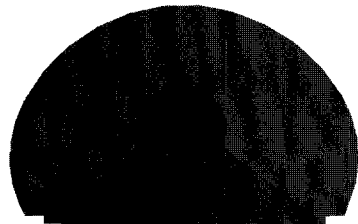


그림 16

좌측 하단 Project창을 클릭하고 Project 창안에 Floor를 클릭한 후에 그림 15처럼 Material 창을 열어 Reflection factor를 0으로 기입한다. 여기에서 Floor는 터널의 뒤쪽 오픈공간이고, Ceiling은 터널

Wall 1은 그림 16과 같이 도로면이므로 Name을 Road로 변경하고 반사율은 국토해양부 『도로안전시설 설치 및 관리지침』 제2편 조명시설에 제시하는 반

사울 아스팔트 10(%), 콘크리트 25(%), 백색타일 60(%를 기입하면 된다. 여기에서는 도로면 과 벽면, 천정면 모두 콘크리트로 정하고 반사율 25(%로 하겠다.

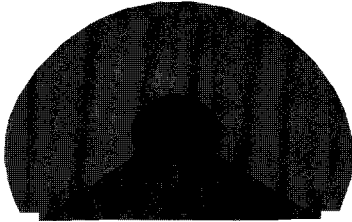


그림 17

이제부터는 터널 등기구를 선정하고 배치하겠다. 그림 18에 나타난 것처럼 좌측 하단 Luminaire Selection (등기구 선정)창을 클릭하고 My Database를 더블 클릭하면 소유하고 있는 등기구 ies 파일을 입력하는 My Database 창이 나타난다.

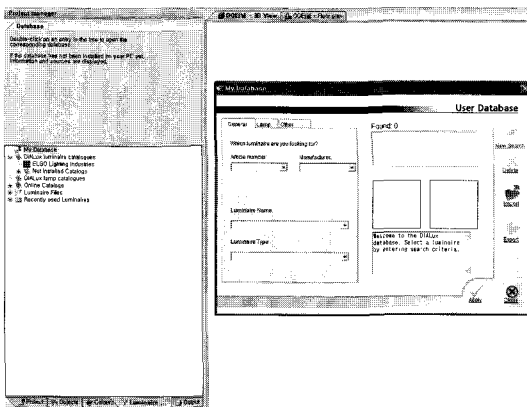


그림 18

그림 19에서 User Database 창에서 import를 클릭하고 파일형식을 모든 파일로 하고 사용자가 가지고 있는 ies (등기구 데이터)파일을 선택하여 열고 Luminaire Name에서 다시 한번 등기구를 선택하여 Apply 버튼을 클릭한다.

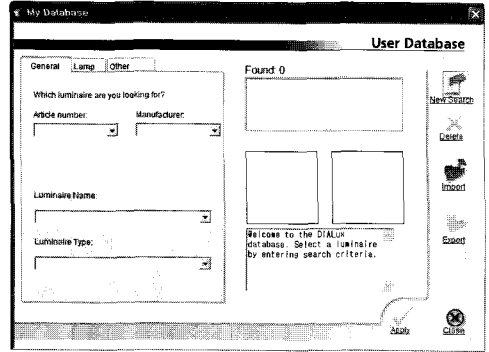


그림 19

다음은 View 창을 Floor Plan창으로 열면 입력한 캐드 화면이 보인다. 터널 단면상에 등기구 설치 위치를 CAD상에서 먼저 그려서 입력하면 등기구 배치가 용이하다. 이제 실질적으로 터널안에 등기구를 배치하려면 화면 오른쪽 Plan Lighting에 Insert Single Luminaire 아이콘을 클릭하면 화면 왼쪽상단에 선택한 등기구가 Luminaire 창에 나타난다. Insert 버튼을 클릭하면 그림 20처럼 Floor Plan창에 등기구가 삽입된다.

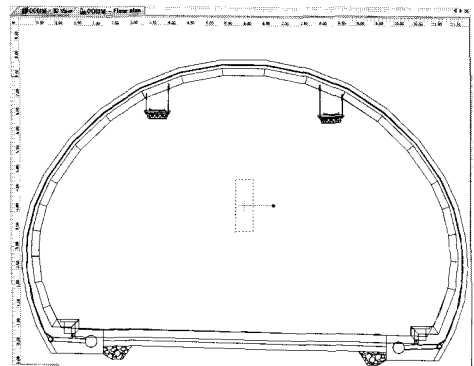


그림 20

여기에서는 H사 형광 터널 등기구를 입력했는데 그림 20에서 본 것처럼 점선이 등기구 인데 세워져 있다. 화면 왼쪽상단에 Position / Rotation 창을 열고 왼쪽상단에 View Help Rays for Luminaires

명령어를 실행하면 등기구 위치 방향 지시선이 나타나는데 빨간색선은 도로안쪽으로 노란색선은 도로면을 향하면 된다.

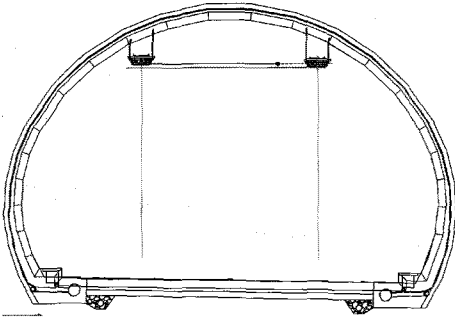




그림 21

그림 21처럼 등기구를 배치하려면 Position / Rotation 창에서 Rotations 항목에 X : -90, Y : 0, Z : 0,으로 입력하고 Floor plan 창에서 등기구를 마우스로 드래그 하여 등기구 위치에 놓으면 된다. 우측등기구는 화면우측에 Insert Single Luminaire 아이콘을 클릭하여 등기구를 입력하고 Position / Rotation 창에서 Rotations 항목에 X : 90, Y : 0, Z : -180,으로 입력한 후 마우스 드래그로 좌측 등기구 위치에 놓는다. 이제 등기구를 터널 길이 방향으로 마주보기 5(m) 간격으로 배치할 것이다. 화면 중간 상단에 Front View 아이콘인  클릭하면 Front View 창이 나타나는데 터널 위에서 본 모습 나타난다. View 창인 Floor Plan 창은 터널 횡단면도 모습이고 Front View 창은 터널 위에서 아래를 바라보는 터널 종단면도 모습이 된다. DIALux 프로그램이 Z축이 곡선을 만들지 못하고 수직선으로 진행되므로 곡선을 자유롭게 만들어지는 X축과 Y축을 이용하여 터널단면을 그리게 되어서 결과적으로 Y축이 등기구 설치높이가 되었다. 이점을 주위 하여 작업하면 된다. Front View 창 상태에서 화면 왼쪽  Individual Luminaire 아이콘을 클릭하고 Position

/ Rotation 창을 열면 Position 데이터가 나온다. 여기서 입력된 한 등기구의 데이터 값인 Y축은 높이이고 Z축은 터널방향 길이이다. Individual Luminaire를 마우스 커서를 놓고 오른쪽 마우스 버튼을 클릭하여 Copy 명령실행하고 Paste를 클릭하여 복사하면 한 등기구를 추가된다. Position 값인 X 과 Y, Rotation 값을 원본과 같게 하고 Z값 (터널길이 방향) 값을 5(m) 간격으로 다르게 추가하는 작업을 반복하면 그림 22처럼 한 방향 등기구 배치가 완성된다.

반대방향은 전에 등기구 한개 설치한 것을 Copy하고 Paste를 반복하여 등기구 배치하면 그림 23처럼 터널 내 등기구 배치가 완료된다.

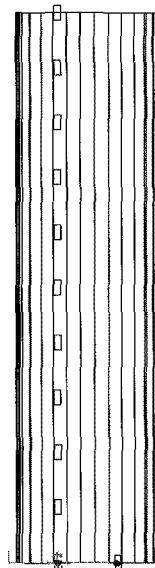


그림 22

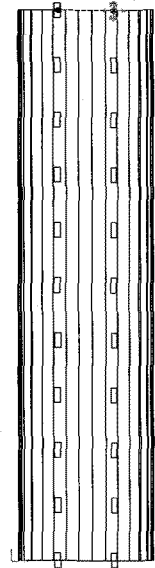


그림 23

이 과정이 완료 후 3D View 창을 열고 단축키 Ctrl + R를 실행하여 등기구 배치 확인하면 된다. 그림 24처럼 등기구 방향 지시선이 빨간색 선은 도로 터널 안쪽을 지시하고 노란색 선은 도로면을 지시하여야 한다.

이제부터는 측정범위를 설정하겠다. 터널 일부분

을 샘플링하여 측정하므로 측정구간보다 길이 방향으로 앞쪽으로, 뒤쪽으로 2배 더 등기구를 배치하여 측정범위 밖에서 간접으로 들어오는 빛도 감안해야 한다. 그래서 여기에서는 측정범위가 10[m]이므로 앞쪽으로 20[m], 뒤쪽으로 20[m] 하여서 총 50[m] 등기구 배치를 이미 하였다. DIALux 화면 오른쪽 중간에 보면 그림 25처럼 Calculation objects 항목에 Insert calculation surfaces 아이콘이 있다. 이 아이콘을 클릭하면 화면 중앙에 그림 26처럼 Calculation surfaces 항목이 나타나는데 첫 번째 아이콘이 Calculation surfaces를 클릭한다.

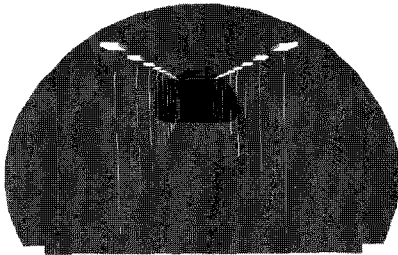


그림 24

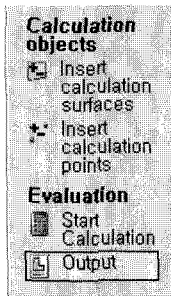


그림 25

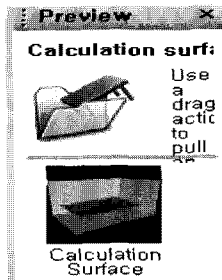


그림 26

여기서는 3.5[m] 2차로 이므로 L(측정 폭) : 7[m], B(측정 길이) : 10[m]로 하였다. Floor plan 창을 보면 터널 단면이 보이므로 Calculation surfaces를 마우스로 드래그 하여 맞추고 Calculation surfaces 수직 화살방향이 빛 조사방향과 똑같이

Rotation X : -90, Y : 0, Z : -1(횡단면 도로면 기울기와 같이) 값을 그림 27처럼 기입하여 Inset한다.

그림 28은 Calculation surfaces가 들어간 후 3D View 창에서 본 모습이다.

이제부터 입력이 끝났고 출력값을 보기로 하겠다. DIALux 화면 왼쪽 상단을 보면 명령어 Output를 클릭하여 Start Calculation를 실행하여 계산한다.

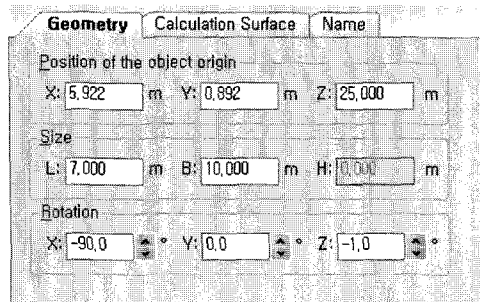


그림 27



그림 28

DIALux 화면 왼쪽 하단을 보면 Output를 클릭한 후 화면 왼쪽 가운데에 Project \ OO터널 \ Room Surfaces \ Calculation Surfaces 들어가면 그림 29와 같이 Value Chart가 나오는데 Value Chart를 더블 클릭하면 그림 30과 같이 측정면(도로면)의 조도 분포 값을 얻을 수 있다. 휘도 분포 값을 계산하려면 조도 값에 국토해양부 『도로안전시설 설치 및 관리 지침』 조명시설편에서 제시하는 조도 환산 계수로 나누면 휘도 분포 값을 구할 수 있다.

국토해양부 『도로안전시설 설치 및 관리 지침』  
조명시설편 터널 조명설계의 평균조도 환산계수  
콘크리트 노면 : 13 [lx]/[cd]/[m<sup>2</sup>]  
아스팔트 노면 : 18 [lx]/[cd]/[m<sup>2</sup>]

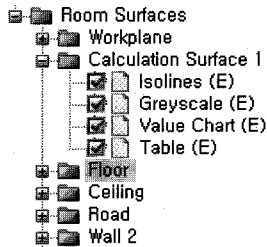


그림 29

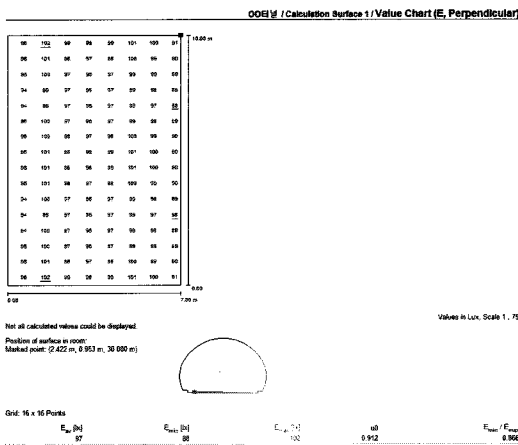


그림 30

국은 터널조명 설계에서 균제도 기준을 제시하지 않고 있다. 이 시점에서 KS 터널조명 기준 개정안에서 균제도 기준을 제시한다는 소식은 한국 터널조명에 품질을 높이는 좋은 소식이다. 그러나 엔지니어 대부분이 엑셀로 수식 계산을 하는 조도 계산서에서는 조도, 휘도 분포도를 구할 수 없어서 마냥 좋아 할 수 없다. 그래서 저자는 Freeware이여서 쉽게 접할 수 있는 DIALux를 소개하고 있다. 변화하고 진화하는 조명설계분야에서 엔지니어 분들께서 품질 좋은 조명설계를 하시길 바랍니다.

### 참 고 문 헌

- (1) 한국조명·전기설비학회 QUALIFICATION FOR LIGHTING DESIGNERS (조명디자이너 자격인증교재).
- (2) 국토해양부 『도로안전시설 설치 및 관리 지침』 조명시설편 2009년.
- (3) 한국도로공사 『전기실무 지침서』 2006년 11월.
- (4) KS 터널조명 기준 KS A 3703 1991년.
- (5) 국제조명위원회 GUIDE FOR THE LIGHTING OF ROAD TUNNELS AND UNDERPASSES CIE 88:2004.

### ◆ 저 자 소 개 ◆



허정국(許正國)

1979년 6월 19일생. 2002년 서울 산업대 전기공학과 졸업. 현재 (주)삼보 기술단 기전부 대리.

## 3. 결 론

균제도란 일정 공간에서의 빛의 균일한 분포정도를 나타내는 것으로 조도균제도와 휘도균제도가 있다. 작업면 내의 어떤 위치에 있어서도 같은 작업을 할 수 있게 한다는 점에서 도로터널 조명에 있어서 중요시 되어 CIE기준 (국제조명위원회)에서는 1990년 기준인 CIE 88 : 1990과 2004년 기준인 CIE 88 : 2004에서 균제도 기준을 제시하고 있다. 그러나 한