

# 태양집광판과 가로등의 유지보수 기술 향상을 위한 자동 승하강장치 시제품 설계 제작

(The Design and Manufacture on the Trial Manufacture of an Automatic Escalator System for the Maintenance Conservative Technology Advancement of the Solar Cell and Street Light)

이재용\* · 변창수 · 송현직

(Jae-Yong Lee · Chang-Soo Byun · Hyun-Jig Song)

## 요 약

본 논문에서는 고공시설물인 태양집광판을 사용한 가로등의 집광효율과 유지보수 성능 향상을 위한 자동 승하강 장치를 설계·제작하였다. 자동 승하강장치는 태양집광판을 사용한 가로등과 유기적으로 동작가능하고, 태양집광판의 집광 각도를 조절하여 집광효율을 향상시킬 수 있다. 또한 태양집광판과 가로등을 쉽게 탈부착할 수 있는 구조로써 유지보수가 용이하도록 하였다.

자동 승하강장치를 장착한 태양집광판을 사용한 가로등을 활용함으로써 태양집광판의 집광효율 향상에 따른 가로등의 조명효율을 향상시킬 수 있고, 가로등의 유지보수 비용 절감 및 교체작업 시간 동안의 교통 정체현상 등을 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

## Abstract

In this paper, an automatic escalator system is manufactured for concentrate lighting efficiency and maintenance improvement technology of street light used a solar condenser. It can be linked with street light used a solar condenser, improved concentrate lighting efficiency by regulating concentrate light angle of a solar condenser. It can be remove and attach to solar condenser and street light.

By developing street light used a solar condenser with an automatic escalator system, the lighting efficiency of street light and the concentrate lighting efficiency of solar condenser are high. The maintenance fee of street light significantly reduce and traffic congestion during working hours of street light is prevent.

Key Words : Automatic Escalator System, Lighting Efficiency, Street Light

\* 주저자 : 영남이공대학 로보테크과 교수  
Tel : 053-650-9631, Fax : 053-625-0345  
E-mail : lly@ync.ac.kr  
접수일자 : 2008년 3월 24일  
1차심사 : 2008년 3월 27일  
심사완료 : 2008년 5월 2일

## 1. 서 론

국내의 사용전력 중 조명설비의 사용전력은 20[%] 수준에 머물고 있으나, 최근 도시 환경이 중

요시됨에 따라 그 절대량이 매년 크게 증가하고 있고, 조명부문에서의 효율향상은 국가에너지 절약 측면에서도 매우 중요시 되고 있다. 조명에너지 절약에 관한 중요성에 비하여 각종 조명기구의 에너지 효율은 선진제품의 70~85[%] 수준에 있는 등 기술수준이 비교적 미흡하며 현재까지도 조명기술에 대한 연구개발이 계속적으로 이루어지고 있는 실정이다.

또한 우리나라는 1970년대 두 차례의 에너지 파동을 겪으면서 에너지 절약뿐만 아니라 대체(신·재생)에너지 개발 및 이를 통한 에너지절약을 위해 1987년 대체에너지 기술촉진법 공포를 시작으로 1989년 대체에너지개발센터를 발족하였고, 2011년까지 대체에너지 보급목표 5[%]를 달성하기 위한 제도화 등의 정책을 범정부적으로 추진하고 있다. 전력회사, 대학, 연구소, 학회, 조합 등이 태양광발전과 풍력발전 중심으로 실용화를 통한 에너지사용의 효율향상을 위한 연구를 계속적으로 추진하고 있다.

이를 위하여 본 논문에서는 가로등의 조명효율과 태양집광판의 집광효율을 향상시킬 수 있고, 가로등의 교체시 그 비용을 저감할 수 있도록 태양집광판을 사용한 가로등과 같은 고공시설물을 지상으로 내려서 작업할 수 있는 자동 승하강장치를 설계·제작하였다. 또한 가로등의 유지보수 작업을 1인이 가능하게 하고, 작업시 도심과 같이 교통량이 많은 지역에서의 정체현상을 방지할 수 있도록 자동 승하강장치를 부착한 태양집광판을 사용한 가로등을 설계·제작하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 기존 가로등 집광 효율 향상 및 유지보수 기술

조명에너지 절약방안으로는 크게 적정조명의 실시, 고효율 에너지절감 광원의 사용, 조명률이 높은 에너지절감 조명기구의 사용, 조명제어시스템에 의한 에너지절감, 광원의 교환과 조명기구의 청소이행 등으로 제안되고 있다[1-3]. 이 가운데 고효율 광원 및 조명기구, 에너지절감시스템 개발 등에 의한 에너지절감 방안은 꾸준히 연구되고 있으나, 광원이나

조명기구의 유지보수 개선을 통한 에너지 절감 연구는 미흡한 실정이다.

또한 신·재생에너지 발생을 위한 태양광(열)발전 시스템도 에너지 효율향상을 위해 태양전지의 에너지 변환 효율향상과 설치비용 저가화에 대한 연구는 계속적으로 이루어지고 있으나, 집광(열)판의 청소나 세척 등의 유지보수 개선이 에너지 효율향상에 큰 비중을 차지하고 있음에도 불구하고 이를 통한 효율 향상에 대한 연구는 현재까지도 미비하다.

이는 가로등, 터널등 및 공원등 등의 도시기반 조명기구와 태양광(열)의 집광(열)판이 고공(高空)에 위치하여 버켓이 탑재된 보수차량에 의한 공사로 차량통제와 교통사고유발 및 고비용 인건비 등의 어려움 때문이다. 또한 이러한 유지보수의 어려움으로 기존 태양집광판 및 가로등과 같은 고공에 위치한 시설물들은 시설 6개월 경과 후 먼지 혹은 하루살이, 거미줄 등의 부착으로 오염정도가 심각하게 된다.

따라서 교환이나 세척이 요구되는 가로등이나 태양집광판은 효율이 현저히 낮아져 고효율 반사판 등의 효율향상 장치의 사용도 그 실효성이 없다고 할 수 있어, 직접 가로등이나 태양집광판의 교체 및 표면의 이물질 제거할 수 있는 장치 개발이 시급하다고 할 수 있다[4-7].

외국의 경우도 가로등이나 태양집광판의 에너지 효율을 향상하기 위한 승하강장치는 공항이나 경기장 등 특수 장소용으로 개발 사용되고 있으나, 부피의 대형화와 고가의 가격으로 인해 태양광 가로등에 적용된 사례는 거의 없다.

국내의 경우에도 가로등이나 태양집광판의 에너지 효율을 향상하기 위한 승하강장치는 공항이나 항만, 경기장, 고속도로 휴게소 등 특수 장소의 조명폴에 일부 사용되고 있다. 그러나 이는 외국기술의 도입 혹은 변형된 기술을 사용하여 제작된 대형화 고가 장치로 국내 도로조명이나 태양광 가로등에 적용이 어려울 뿐만 아니라 실제로 사용된 예는 극히 일부이다.

국내의 가로등 관리업무는 파손 가로등주 철거 및 복구, 조명등 부점등 보수와 분전반 점검 및 램프교체, 조명등 세척(조도율 향상), 안전점검 실시 등으로 버켓이 탑재된 보수차량으로 차선을 통제하고 수

행하고 있다.

가로등과 태양집광판의 세척이나 교체작업이 버킷이 탑재된 보수차량을 동원하여 교통통제를 통한 교통체증이나 사고 발생위험을 감수하고 많은 인건비를 들여서 수행하고 있는 현재의 유지보수 방법은 여러 가지 문제점에도 불구하고, 가로등 자체의 기계적구조로 인하여 새로운 문제해결 방법을 제시할 수 없는 실정이다.

사진 1은 버킷 탑재 보수차량을 이용한 램프 교체 모습을 나타낸 것이다.



사진 1. 버킷 탑재 보수차량을 이용한 램프 교체  
Photo 1. Change the Lamp by Maintenance Vehicle with Bucket

## 2.2 가로등 집광효율 및 유지보수 향상 기술

### 2.2.1 태양집광판을 사용한 가로등 자동 승하강 장치

그림 1은 태양집광판을 사용한 가로등 자동 승하강 장치의 세부 내용을 나타낸 것이다.

태양집광판을 사용한 가로등은 태양전지판과 등주, 지지대, 제어부, 축전지 등으로 구성되어 있으며, 본 연구에서 개발한 자동승하강 장치를 장착하는 가로등은 3차원 설계와 시뮬레이션을 통하여 설계·제작하였다. 자동승하강 장치는 승강 후 비, 바람 등 외란에 견딜 수 있는 구조로써 태양집광판 및 가로등 자동승하강장치와 유기적으로 동작할 수 있다. 또한 태양집광판과 가로등을 탈부착 가능하며 관련 제어선을 내장하여 태양집광판의 각도조절이 용이하도록 하였다.

자동승하강 장치는 그림 2와 같은 구조로써 높이 6[m], 아암 길이가 좌우 각각 1.5[m]로 최대 100[kg] 하중에 견딜 수 있도록 설계·제작하였다.

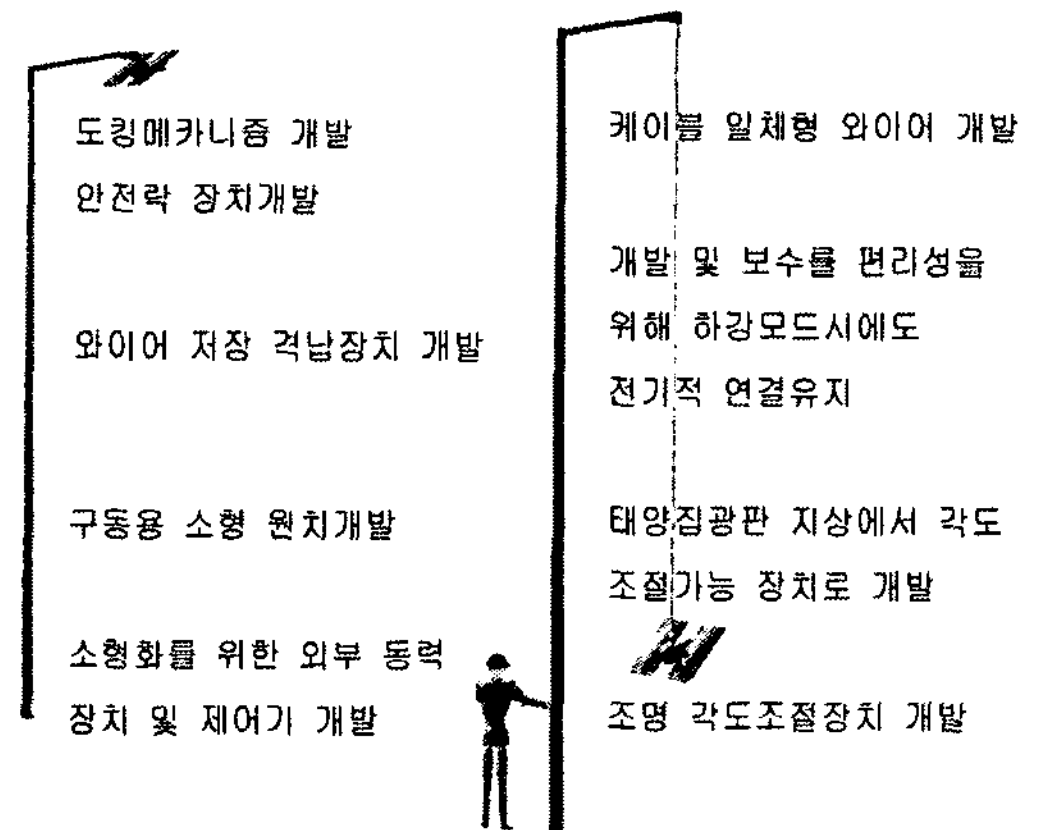


그림 1. 자동 승하강장치 개발 내용  
Fig. 1. Development Contents of an Automatic Escalator System

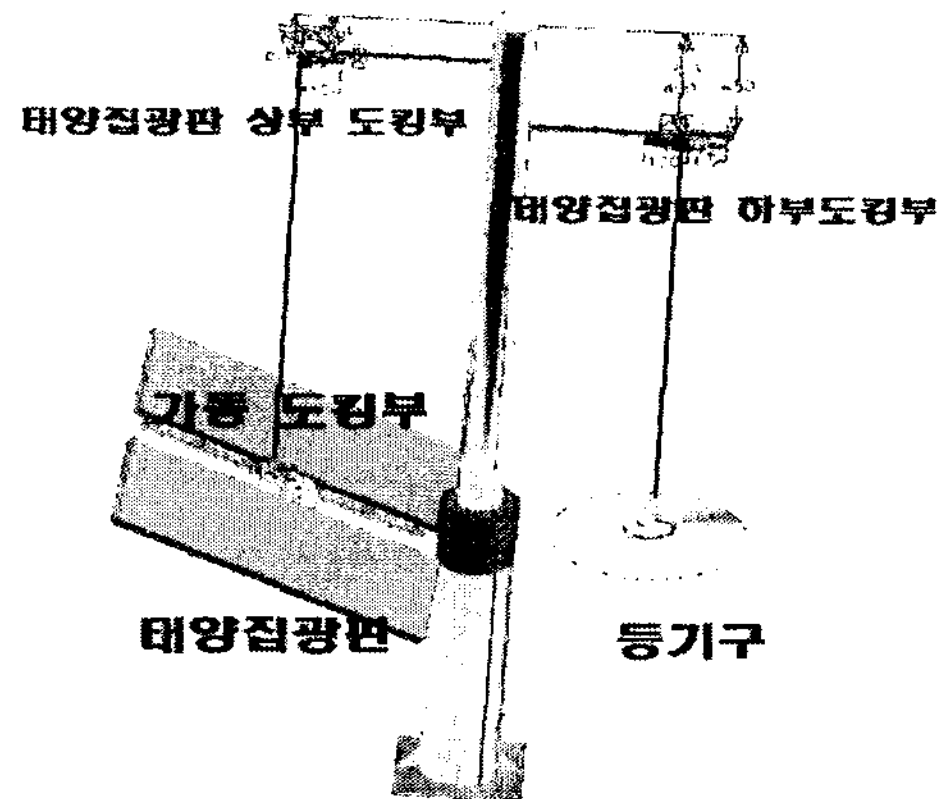


그림 2. 태양집광판을 사용한 가로등 구조  
Fig. 2. Architecture of street light used a solar condenser

그림 3은 간단한 교육과 단순한 조작만으로도 태양집광판과 가로등을 승하강할 수 있는 구조인 자동도킹장치의 개략도를 나타낸 것이다.

자동도킹장치는 태양집광판 혹은 램프 하우징을 연결한 케이블을 승하강하는 기능을 수행하도록 설계·제작하였다. 즉 태양집광판 혹은 램프 하우징을 승하강하는 태양집광판을 사용한 가로등 자동승하강장치는 태양집광판 가로등 지주 상단에 가로지주가 일체며, 가로지주의 선단에 케이블이 연결된 태양집광판 혹은 램프 하우징이 탈착가능한 구조이다.

태양집광판과 가로등의 유지보수 기술 향상을 위한 자동 승하강장치 시제품 설계 제작

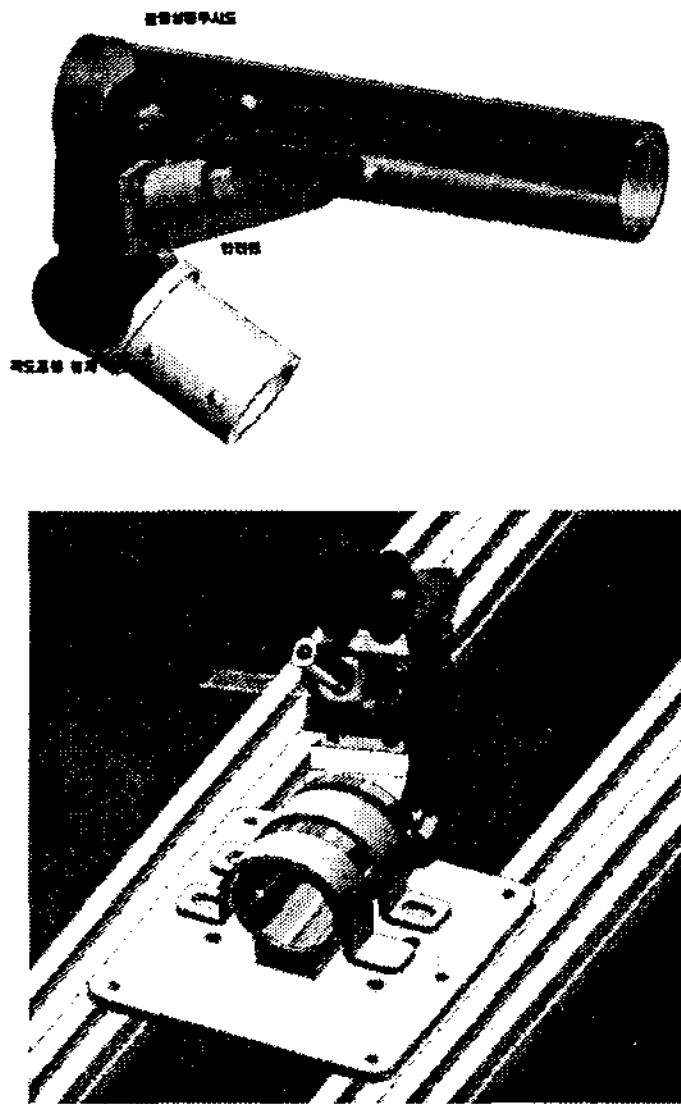


그림 3. 자동 도킹 시스템의 개략도  
Fig. 3. The schematic diagram of an automatic docking system

또한 자동승하강 장치는 태양광승강 가로등 지주 하부에 부착된 핸들과 래치를 이용하여 태양집광판 혹은 램프 하우징이 분리되는 간단한 구조이며, 작업자의 필요에 따라 용이하게 탈착할 수 있으며, 스프링 탄력으로 래치가 결합간을 고정하여 견고하면서 안정된 결합상태를 유지하는 메카니즘으로 제작하였다.

태양집광판을 사용한 가로등의 자동 승하강장치의 케이블 일체형 와이어는 가로등과 태양집광판 등을 승하강하기 위하여 3차원 설계와 시뮬레이션을 바탕으로 제작하였으며, 태양집광판 및 가로등에 물리적으로 결합되어 전기전송, 태양집광판 및 등기구를 승하강하도록 원형 및 평형으로 각각 제작하였다.

외란(눈, 비, 바람 등)에 최대 200[kg]의 하중에도 견딜 수 있도록 이중피복으로 제작하고 색상은 도시미관을 고려하여 베이지 계열로 하였으며, 전선은 접지를 포함하여 3선 이상이고, 굵기는 2[mm]로 원형과 평형으로 각각 제작하였다.

또한 그림 4의 케이블 일체형 와이어는 VCT 2[mm]\*3C 이상을 사용하였고, 내장 와이어는 2[mm] 이상으로 동작시 편심을 고려하여 원형일 경우 와이어는 1선 이상이고, 평형일 경우는 2선 이상으로 내

장하는 구조로 제작하였으며, 길이는 원형 500[m]와 평형 500[m]로 제작하였다.

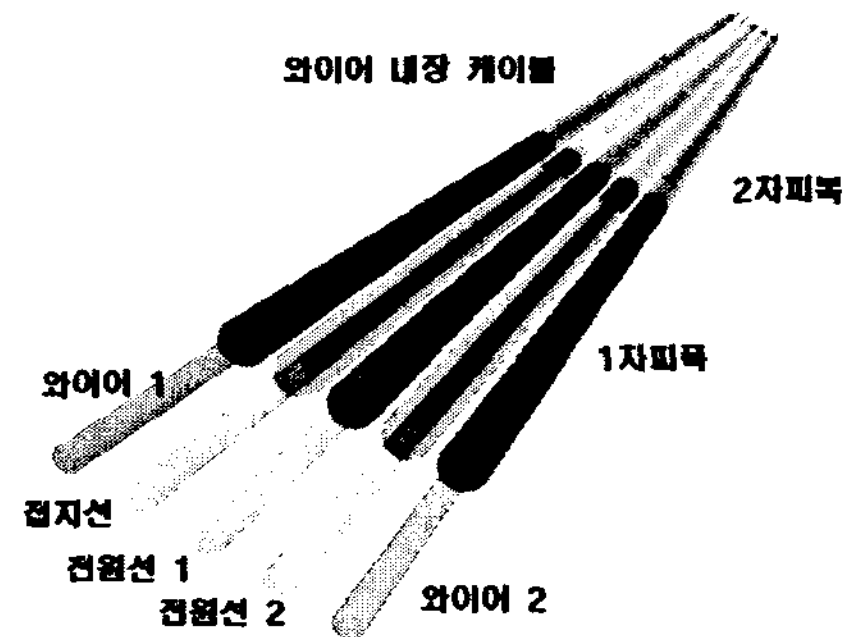


그림 4. 케이블 일체형 와이어 개략도  
Fig. 4. The schematic diagram of single unit cable wire

단면은 전선이 상하로 움직일 때의 꼬임을 방지할 수 있도록 직사각형 형상을 가지도록 제작하였다.

케이블 일체형 와이어는 전선과 와이어를 태양광 집광판을 사용한 가로등에 충분한 강도와 기능성을 가질 수 있도록 새로운 형태의 복합전선으로 제작하였으며, 기존 가로등 내부에 격납할 수 있는 장치로 그림 5와 같이 설계 및 제작하였다.

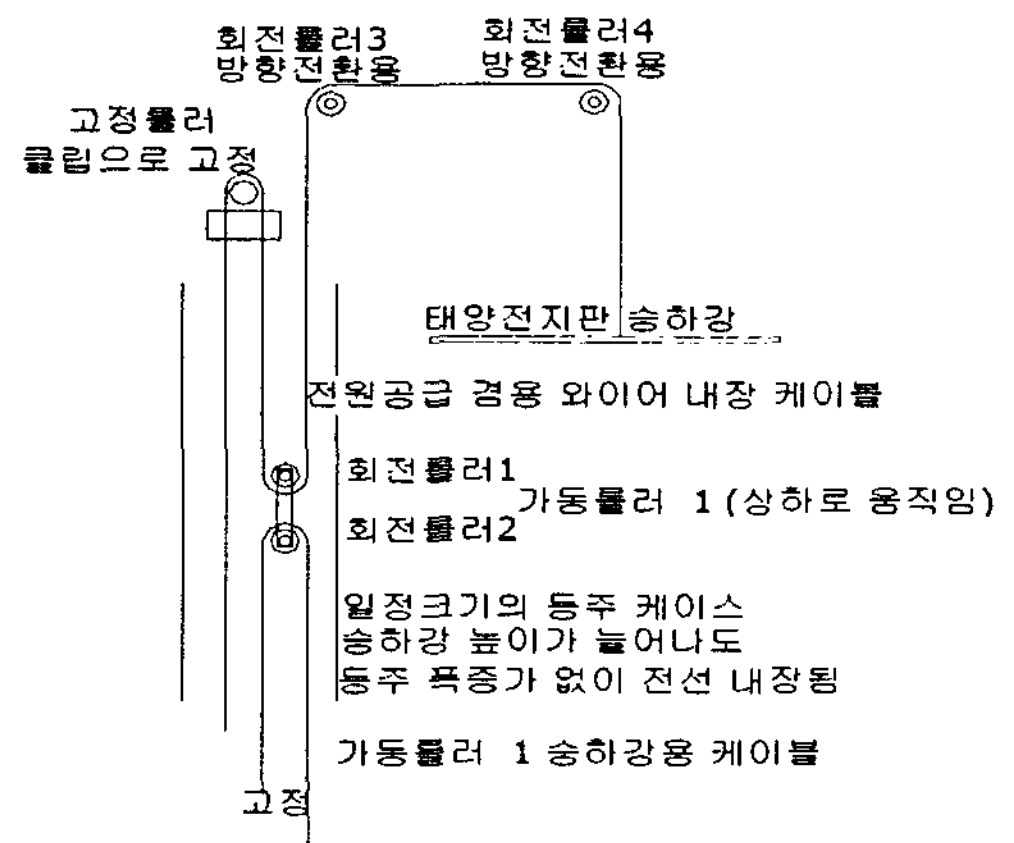


그림 5. 케이블 일체형 와이어 설계도  
Fig. 5. The design of single unit cable wire

케이블 일체형 와이어의 격납장치는 그림 6과 같이 등주 내부에 케이블 일체형 와이어를 장착하기

위하여 3차원 설계와 시뮬레이션을 바탕으로 제작하였으며, 태양광집광판 및 가로등에 사용되는 전선을 승하강하고 구조물에 격납하도록 최소지름 127 [mm] 원형 구조물에 2개 이상 내장이 가능하도록 하였다.

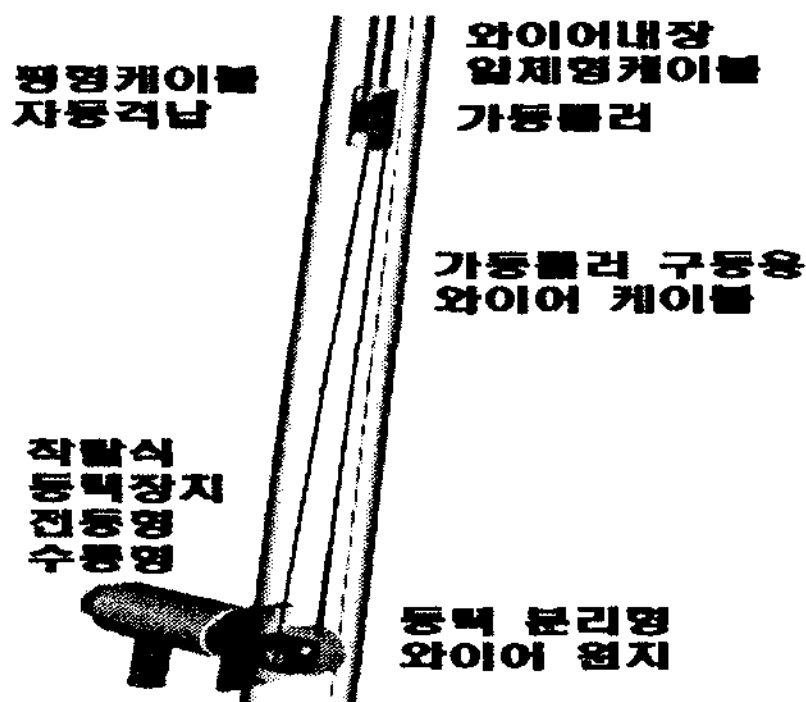


그림 6. 케이블 일체형 와이어 격납장치의 개략도  
Fig. 6. The schematic diagram of single unit cable wire housing

태양집광판을 사용한 가로등의 자동 승하강장치의 높이가 최대 14[m] 이내로, 실외용으로 동절기에도 원활한 동작이 되는 구조이며, 최대 300[kg] 하중에 견디고 태풍에 준하는 외충에도 견딜 수 있도록 설계·제작하였다. 격납장치의 크기는 실제 도로 적용을 고려하여 가로등내부에 내장 혹은 내장 후 돌출부가 1면당 최대 가로 150[mm], 세로 100[mm], 높이 200[mm] 이내로 제작하였다.

### 2.2.2 태양집광판을 사용한 가로등 각도조절장치

태양집광판을 사용한 가로등의 집광효율을 향상시키기 위하여 태양집광판과 가로등의 각도를 용이하게 조절할 수 있도록 가로등의 상단에 가로등 지주를 설치하고, 가로등 지주의 지지간에 하우징이 탈착 가능한 각도조절장치를 그림 7과 같이 설계·제작하였다.

각도조절장치는 일정 깊이의 삽입홈을 형성하고 삽입홈을 관통하는 고정공을 형성한 결합간과 상기 하우징으로부터 연장된 프레임 선단에 회전체를 구성하여 이에 케이블이 통과되는 케이블 삽입공을 형성하며 결합간의 고정공과 대응되는 위치에 고정공

을 형성한 회동구와 너트 및 이에 체결되도록 손잡이가 일체로 형성된 나사부로 된 고정수단으로 구성

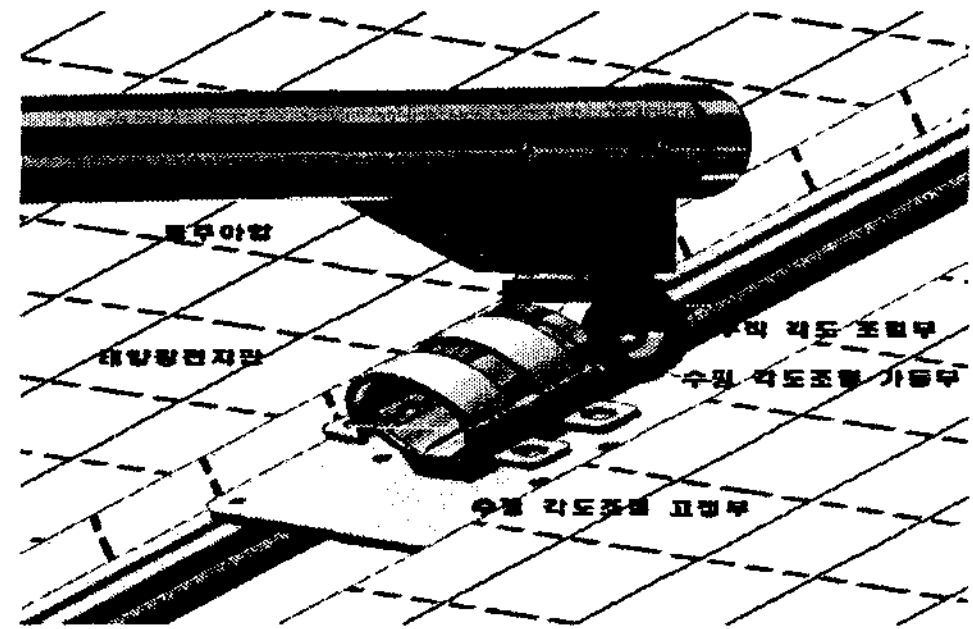


그림 7. 각도조절장치의 개략도  
Fig. 7. The schematic diagram of an angle adjustment equipment

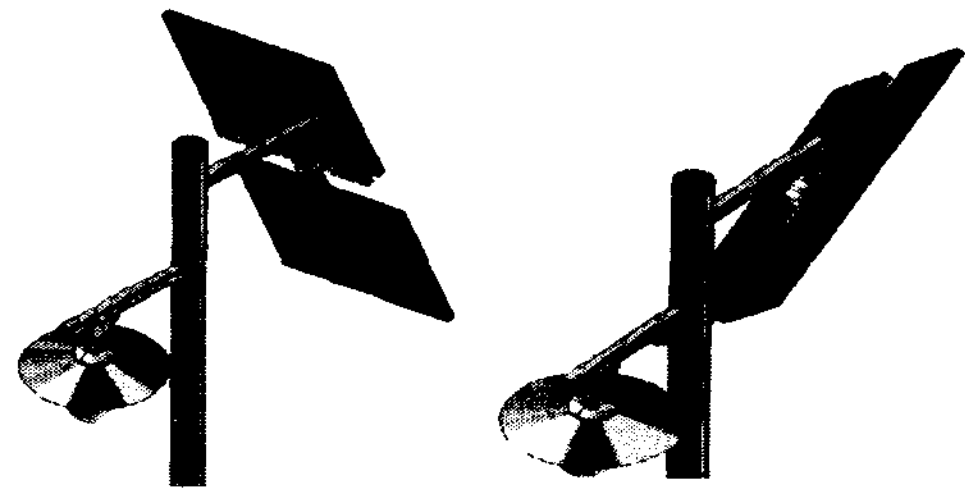


그림 8. 태양집광판의 개략도(좌우 각도 최대 270(°) 및 수평 각도 최대 180(°) 조절)  
Fig. 8. The schematic diagram of a solar condenser(right and left angle Max.270(°) & horizontal angle Max.180(°))

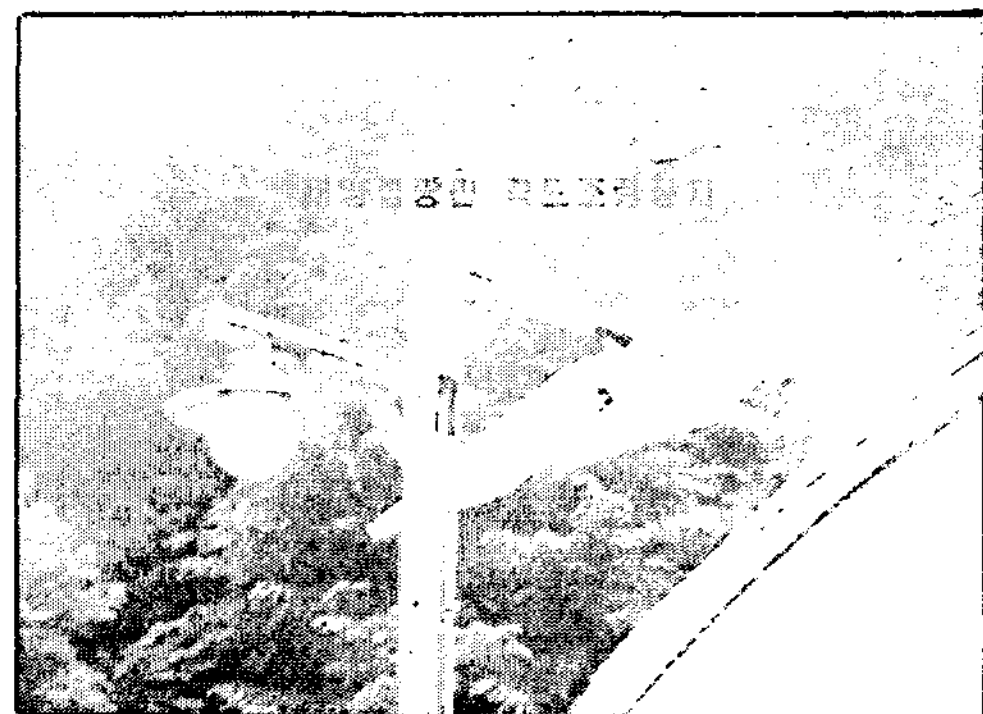


사진 2. 태양집광판의 집광효율 향상용 각도조절장치 시작품  
Photo 2. Trial manufacture of angle adjustment equipment for concentrate efficiency of solar condenser



태양집광판과 가로등의 유지보수 기술 향상을 위한 자동 승하강장치 시제품 설계 제작

하였다. 태양전지판은 알루미늄 구조물에 장착되고 좌우 회전이 가능하도록 그림 8과 같이 설계·제작하였다.

그림과 같이 태양집광판은 좌우 최대 270[°] 및 상하로 각도 180[°] 조절이 가능하고, 복합으로 사용시 태양집광판을 반대위치에 설정할 수 있어서 실제 설치 장소에 따른 제약을 최대한 줄일 수 있는 구조이다. 사진 2는 설계·제작된 시제품을 촬영한 것이다.

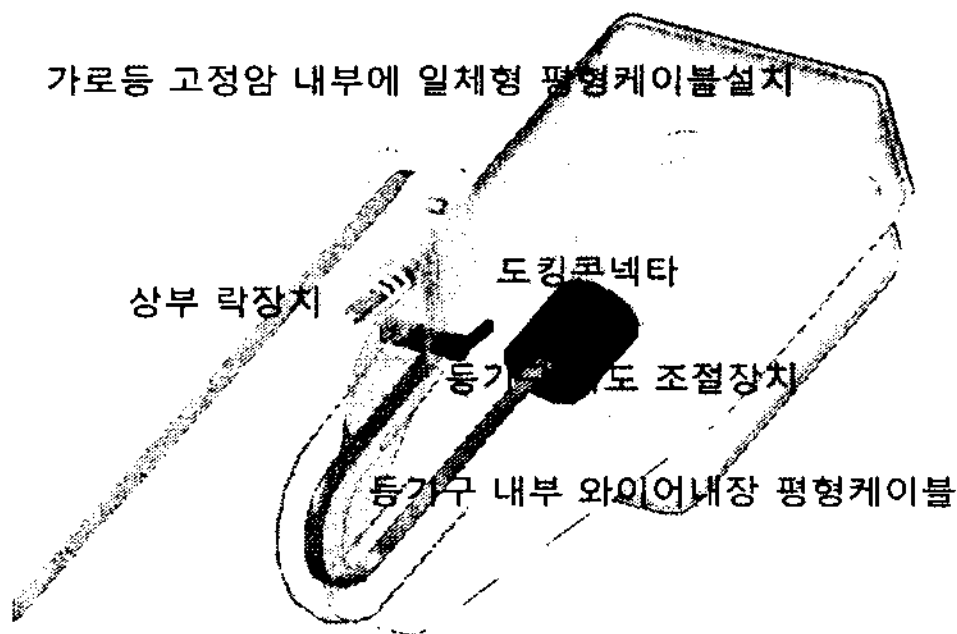


그림 9. 가로등 각도 조절장치 개략도  
Fig. 9. The schematic diagram of angle adjustment equipment for street light

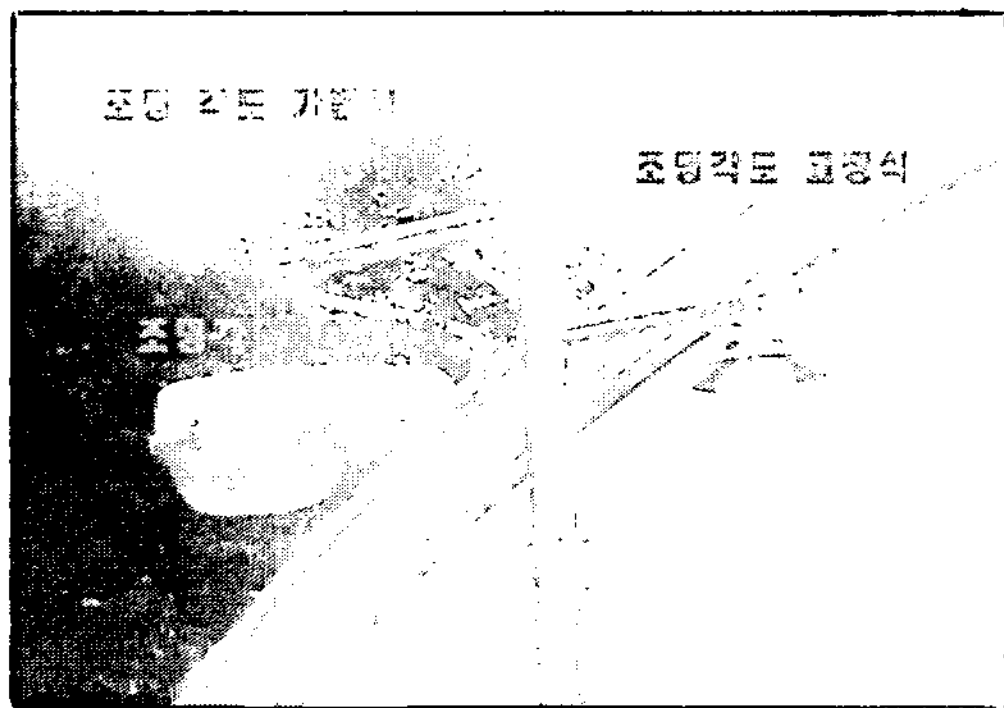


사진 3. 조명효율 향상용 가로등 각도조절장치 시제품  
Photo 3. Trial manufacture of angle adjustment equipment for lighting efficiency of street light

그림 9는 태양집광판을 사용한 가로등의 조명효율 향상을 위하여 가로등의 각도 조절을 위한 장치의 개략도를 나타낸 것이다. 그림과 같이 가로등의 상단에 가로등 지주가 설치되고 가로등 지주의 지지간에 램프 하우징이 탈착 가능하게 설치된 일정 깊이

의 삽입홈을 형성하고 삽입홈을 관통하는 고정공을 형성한 결합간과 상기 램프 하우징으로부터 연장된 프레임 선단에 회전체를 형성하고 이에 케이블이 통과되는 케이블 삽입공을 형성하며 결합간의 고정공과 대응되는 위치에 고정공을 형성한 회동구로 하는 각도 조절이 가능한 구조로 설계 제작하였다. 사진 3은 설계·제작된 가로등 각도조절장치 시제품을 촬영한 것이다.

2.2.3 태양집광판 및 가로등 상부 안전장치

태양집광판을 사용한 가로등의 자동승하강 장치는 고정부와 승하강 가동부로 나뉘어진다. 여기서 고정부와 가동부가 결합하게 되고 그 결합상태를 장기간 유지하고 외부 충격에 견딜 수 있도록 자동승하강 장치에 와이어를 이용하여 1차 안전 잠금장치를 그림 10과 같이 설계·제작하였다. 안전 잠금장치는 상부 안전핀을 설치하고 와이어로 가로등 본체를 통과한 후, 하부에 안전핀을 동작하는 구조이다. 이때 안전핀을 동작하는 하부 장치를 소형화하고 기계적 구조로 와이어가 잠금 해제 가능하도록 설계 제작하여 가로등 내부의 좁은 공간에서 와이어 드럼의 동작을 방해하지 않고 작동 편의성을 높일 수 있도록 구성하였다.

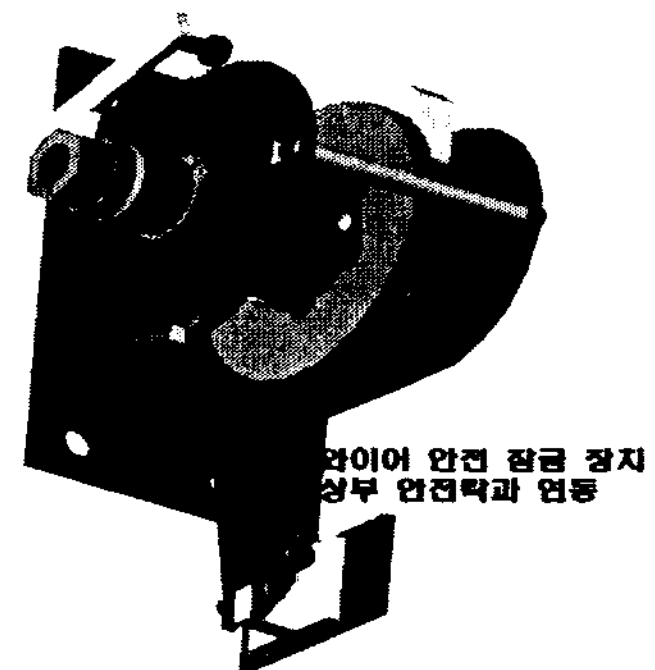


그림 10. 자동승하강 장치 1차 안전 잠금장치 개략도  
Fig. 10. The schematic diagram of 1st safety device used wire for automatic escalator system

태양집광판을 사용한 가로등의 지주로부터 태양 집광판을 분리하기 위해서는 작업자사 가로등 지주

에 설치된 핸들, 즉 1차 안전 잠금장치를 당기게 되면 이에 연결된 강선이 당겨지게 되고, 이에 따라 걸림턱이 스프링의 탄성력을 이기고 강하게 당겨지게 되어 래치의 돌기가 래치홀로부터 이탈된다.

이렇게 결합간의 고정 상태가 해제되면 작업자는 권취수단을 케이블이 풀리는 방향으로 작동시키게 되고, 권취수단이 풀림에 따라 케이블은 가로지주에 내에 설치된 롤러를 지나 이동됨으로써 태양집광판이 하강하게 된다.

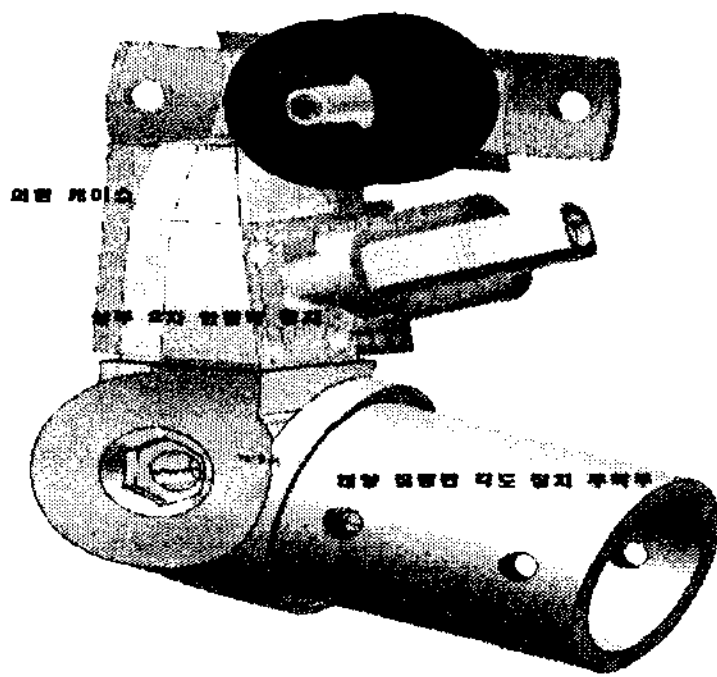


그림 11. 자동승하강 장치 2차 안전 잠금장치 개략도  
Fig. 11. The schematic diagram of 2nd safety device used wire for automatic escalator system

이러한 목적을 달성할 수 있도록 그림 11과 같이 2차 안전 잠금장치를 설계·제작하였으며, 전술한 과정을 통하여 태양집광판의 하강이 완료되면 작업자는 지상에서 쉽게 태양집광판의 각도를 조절하거나 기타 보수 작업을 하게 된다. 이때 보수가 완료된 후 태양집광판 가로등 지주내의 권취수단을 작동시켜 케이블이 감기도록 작동시키면 케이블이 하강하게 되고, 태양집광판은 상승하게 된다.

#### 2.2.4 태양집광판과 가로등의 자동승하강 제어기

안전형 권취장치가 구비되어 있는 태양집광판을 아용한 가로등은 일정 공간을 이루는 본체, 본체에 회전 가능하게 설치되어 로프가 권취되는 롤러, 롤러에 착탈 가능하게 설치되는 스토퍼, 스토퍼와 롤러 사이에 설치되어 롤러의 회전을 구속하고, 전동

공구가 롤러에 연결되면 스토퍼를 롤러로부터 분리시키는 잠금수단 및 롤러와 스토퍼 사이에 설치되어 롤러의 회전속도가 소정치 이상 상승하는 것을 방지하는 과속방지수단을 포함한 와이어 구동용 원치 동력장치를 그림 12와 같이 설계·제작하였다. 사진 4는 와이어 구동용 원치 동력장치를 촬영한 것이다.

그림 12의 와이어 구동용 원치 동력장치를 구동하는 방식은 그림 13과 같이 수동식 및 전동식의 제어기를 설계·제작하였다. 수동식은 전동식을 보완하는 것으로 전동식 장치의 경우 배터리 소모, 모터고장 등으로 동작이 불가능하여 사용이 어려운 환경에 대비하여 수동식으로도 가능한 공구도 제작하였다.

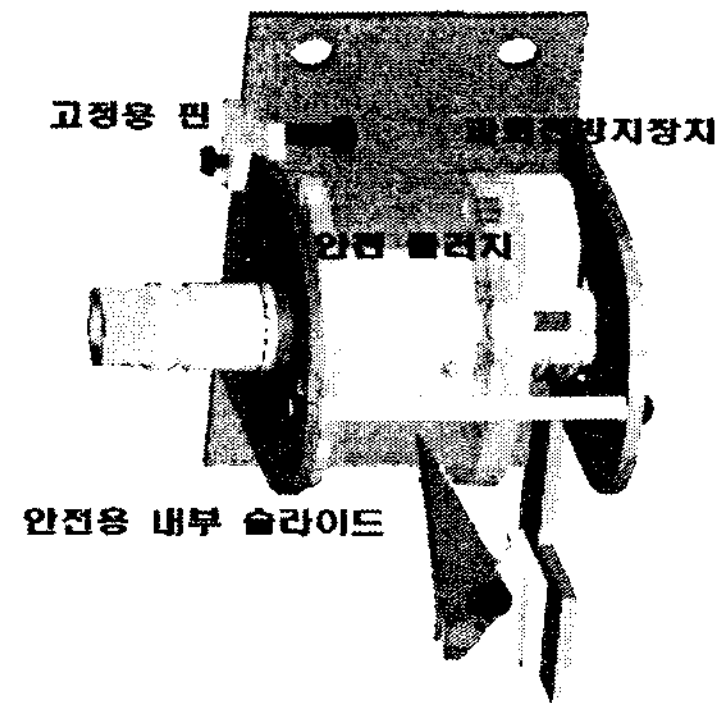


그림 12. 와이어 구동용 원치 동력장치 개략도  
Fig. 12. The schematic diagram of winch power plant for wire movement



사진 4. 와이어 구동용 원치 동력장치  
Photo 4. Winch power plant for wire movement

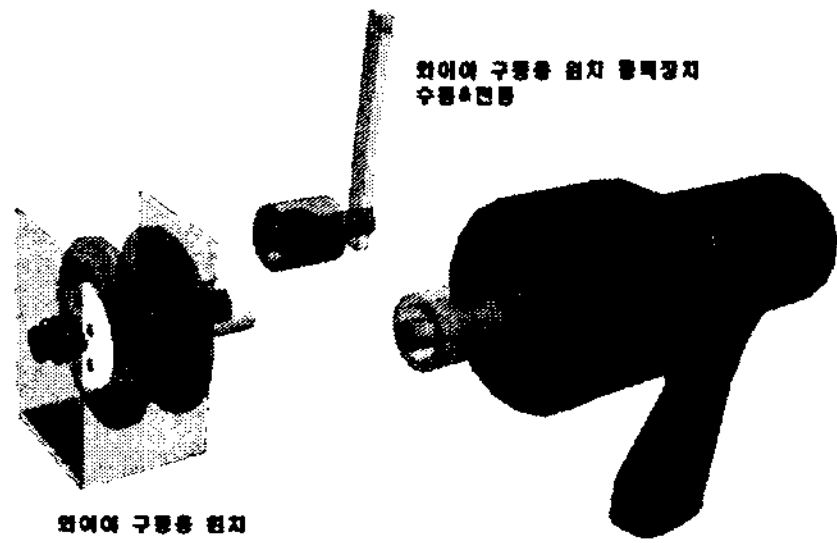


그림 13. 원치 동력장치의 제어기 개략도  
Fig. 13. The schematic diagram of winch power plant controller

전동식의 경우 모터와 내부제어장치, 감속기를 이용하여 외부에서 전동으로 원치를 작동하여 등주차체에 부착시 발생될 수 있는 부피로 인한 실용성 및 경제성을 해결 하고자 외부에서 필요시에만 동력을 전달할 수 있는 방식으로 설계하였으며, 태양집광판을 사용한 가로등에 부착이 가능한 구조로 제작하였다.

그 결과 동작특성이 우수하여 수동형으로도 간단히 작업이 가능하며 휴대성 및 내구성, 경제성, 작업 시간 등을 고려하여 상업화할 경우에는 수동형이 유리할 것으로 기대된다. 사진 5는 설계·제작된 원치 동력장치의 제어기를 촬영한 것이며, 사진 6은 원치 동력장치로 구동되는 자동승하강 장치를 태양집광판을 사용한 가로등에 장착하여 구동한 일례를 촬영한 것이다.

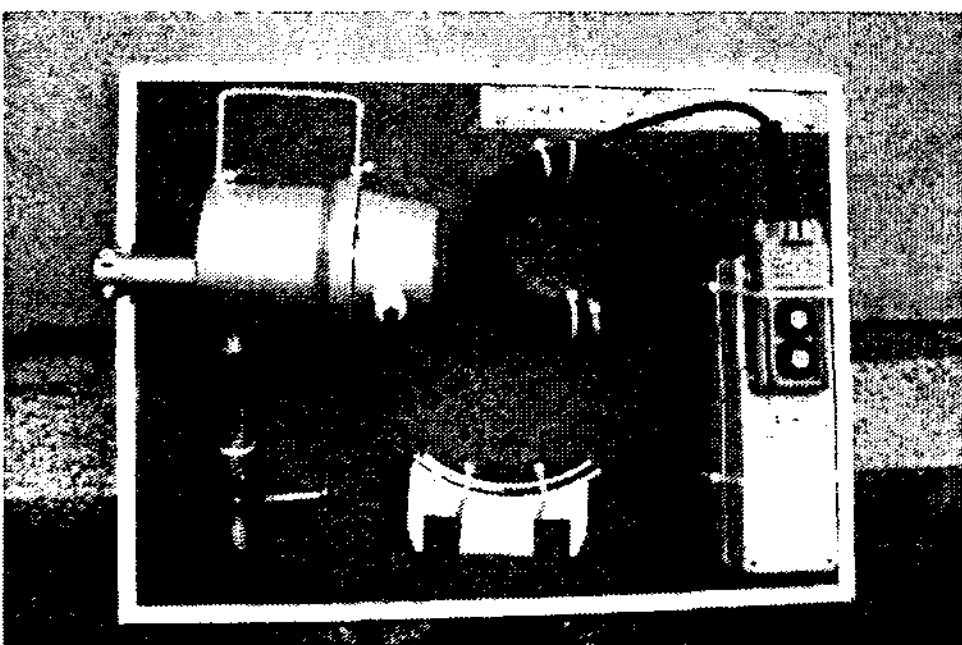


사진 5. 원치 동력장치의 제어기  
Photo 5. Winch power plant controller

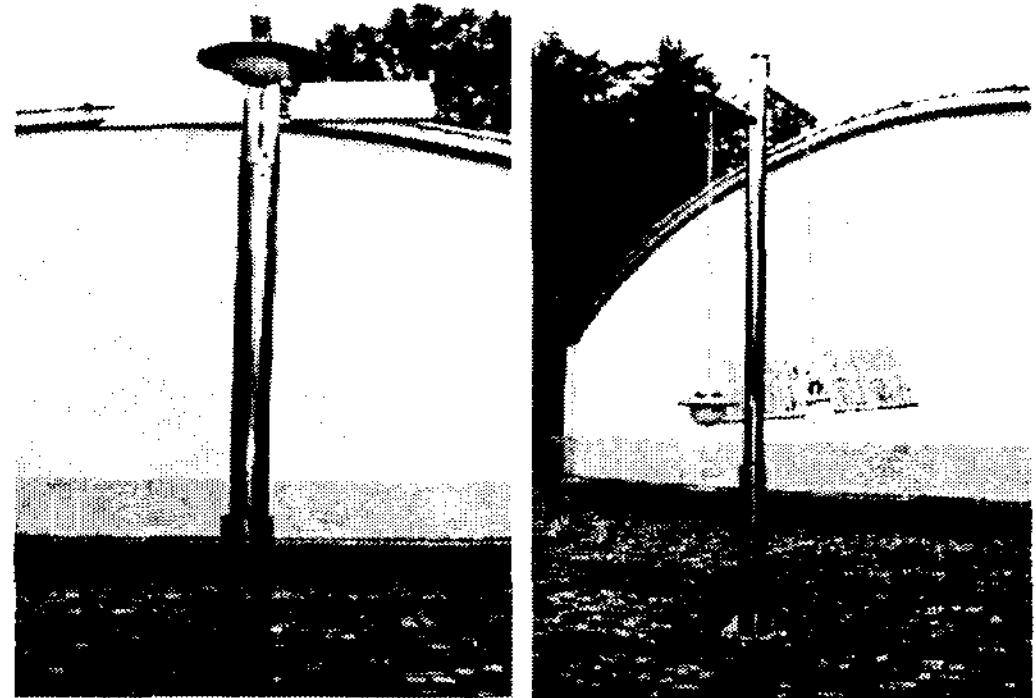


사진 6. 자동 승하강장치를 장착한 태양집광판을 사용한 가로등  
Photo 6. The street light used a solar condenser with an automatic escalator system

### 3. 결 론

본 연구에서는 고공시설물인 태양집광판을 사용한 가로등의 집광효율과 유지보수시 1인이 작업이 가능한 기능을 갖춘 자동 승하강장치를 설계·제작하였다.

자동 승하강장치는 태양집광판을 사용한 가로등과 유기적으로 동작가능하고, 태양집광판의 집광 각도를 조절하여 집광효율을 향상시킬 수 있다. 또한 태양집광판과 가로등을 쉽게 탈부착할 수 있는 구조로써 유지보수가 용이하도록 하였다.

자동 승하강장치를 장착한 태양집광판을 사용한 가로등을 활용함으로써 태양집광판의 집광효율 향상에 따른 가로등의 조명효율을 향상시킬 수 있고, 가로등의 유지보수 비용 절감 및 교체작업 시간 동안의 교통 정체현상 등을 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 설계 제작된 자동 승하강장치는 가로등외에 소 공원·공항·항만·경기장·고속도로 휴게소 등의 조명등뿐만 아니라, 태양광과 태양열 및 풍력 발전시스템 등의 자연에너지 집적장치와 신재생에너지 연구개발 장치 및 관련 분야 교육장치에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.



## References

- [1] 최충석, “주요간선 도로에 설치된 가로등의 현장실태조사를 통한 정성적 분석”, 한국조명·전기설비학회논문지, 제19권 제1호, pp.101~108, 2005.
- [2] 김훈, “가로등기구와 터널등기구”, 한국조명·전기설비학회논문지, 제18권 제5호, pp.3~9, 2004.
- [3] 정선희, 황병도, 문정현, “가로등 전기안전실태분석 및 개선방안”, 한국조명·전기설비학회논문지, 제18권 제6호, pp.62~76, 2005.
- [4] 김한상, 배석명, 김종민, “가로등의 전기설비 현장실태조사”, 한국조명·전기설비학회 2006 춘계학술대회 논문집, pp.426~431, 2006.
- [5] 한운기, 한기봉, 길형준, 최충석, “도심에 설치된 가로등 설비의 현장실태 분석”, 한국조명·전기설비학회 2003년도추계 학술대회논문집, pp.117~122, 2003.
- [6] 전창대, 장병건, “효율적인 온라인/오프라인 가로등시설 관리를 위한 데이터베이스 시스템에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회논문지, 제19권 제1호, pp.162~168, 2005.
- [7] 김기훈, 한종성, 이창모, 김훈, “터널 및 도로 조명기구의 보수율 개선을 위한 광축매 성능평가”, 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집 한국조명·전기설비학회 2004년도추계 학술대회논문집, pp.137~140, 2004.

## ◇ 저자소개 ◇

### 이재용 (李在容)

1966년 10월 10일생. 1991년 2월 경북대학교 전기공학과 졸업. 1993년 2월 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 8월 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년 ~ 현재 영남이공대학 로보테크과 교수.

### 변창수 (卞彰秀)

1969년 3월 30일생. 1996년 2월 대구대학교 응용미술학과 졸업(미술학사). 1999년 3월 오사카대학 대학원 환경공학과 졸업(석사). 2003년 4월 교토시립예술대학 미술대학원 환경디자인전공 졸업(미술학박사). 2003년 ~ 현재 영남이공대학 산업디자인계열 조교수.

### 송현직 (宋炫直)

1968년 7월 30일생. 1991년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1993년 2월 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 2월 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 2006년 ~ 현재 영남이공대학 전기자동화과 조교수. 현재 한국조명·전기설비학회 대구경북지회 이사 및 본부 편수위원.