

친환경 목재가로등의 디자인 및 제조특성

김 종 인^{†,1}, 정 수 영¹, 원 경 록²

¹국립산림과학원, ²경상대학교 농업생명과학대학

Design and Manufacturing Characteristics of Eco-Friendly Wood Street Lamp

Jong-In Kim^{†,1}, Su-Young Jung¹, Kyung-Rok Won²

¹Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea

²College of Agriculture & Life Science, LALS, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract: This study was carried out to develop eco-friendly wood street lamp (EFWSL) by using wood resources stacked in the forests after tree tending operations which were mostly abandoned, but economical as renewable wood resources for developing the wood coated street lamps with the effects of cost reduction and their attractive appearances. This study has led to the development of key compact structures of street-lighting wood poles (shaft) using laminated timber. The core technique in this study is related with producing the more stable wood poles (shaft) with the hole inside than wood poles exposed under the natural environment through applicable process to protect the wood from bursting and splitting. We also comprehensively developed the method to conserve the timber durability of wood shaft and connect the wood shaft with groove, race way to be located in the groove, locking ring, current stabilizer connected to the groove and luminaire support arm, base and hand-hole which was partly used in combination with steel materials and wood. Also we increased the utilization of abandoned and stacked woods after thinning in the forests such as *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, and *Pinus koraiensis* plantations by maximizing the value of these natural wood resources as main materials of eco-friendly street lightings with the effects of cost reduction and attractive appearances and also the expectation of advertising effects of street lightings developed in this study.

Keywords: Eco-friendly wood street lamp(EFWSL), wood resources, cost reduction effects, street-lighting wood poles

1. 서 론

지구상에서 탄소량의 증가로 인한 지구온난화와 환경문제는 금세기에서 해결해야 할 커다란 과제이다. 구조용 재료 중에서 우리가 주로 사용하고 있는 철재와 콘크리트재료의 경우, 탄소 고정능력

이 없다. 지구 환경을 개선하는데 있어 탄소 고정 능력이라는 잣대로 구조용 재료를 평가한다면 단연 목질 재료가 그 으뜸이 되는 것은 틀림없다(박 외 2003). 그러나 우리나라에서도 현대화 이후 산업화되었던 목재 전신주나 공공장소 등 거리의 가로등은 한국전쟁 이후 목재의 고갈로 공급이 어렵게 되자, 콘크리트의 사용이 곧바로 뒤를 이었다. 또한 종래의 목재는 사용하려면 소요기간이 많이 걸리고 하중에 대한 신뢰성이 낮아서 구조재료로

2014년 10월 7일 접수; 2014년 10월 23일 수정; 2014년 10월 25일 게재확정

[†] 교신저자 : 김 종 인 (jikim99@forest.go.kr)

많이 사용되지는 못하였다. 한편, 구조용집성재는 목재의 자연적 결점을 제거한 후, 함수율을 엄격히 규제하고 접착제를 사용하여 제조되는데, 일반목재의 1.5배 이상의 강도를 유지할 수 있으며, 중량 대비 강도가 우수하고, 형상길이 및 단면을 자유로이 할 수 있다(김 과 양 2006, 손 외 2014).

목재가로등의 수종 및 종류는 다양하며, 형태·구조적 분류는 원목을 그대로 사용하는 경우, 사각형 목재가로등, 목재가로등, 자연식(원목) 원형목재가로등 등이 있으며, 집성가공재로서 목재 블라드(집성/관통형 가공) 목재가로등, 관통가공 목재가로등, 커버형(커버우드폴) 목재가로등, 각재집성형 가로등, 각재관통형 가로등, 원주목 관통가공(원형/사각형 관통) 등 다양하여 내구성 있는 친환경 목재가로등의 향후 수요는 더욱 증대될 것이다.

하지만 목재는 우리 주변에서 가장 손쉽게 구할 수 있는 친숙한 재료지만 수축 팽창 등으로 갈라지거나 뒤틀릴 수 있어 이에 대한 꾸준한 관리를 필요로 한다. 특히 목재의 할렬(割裂)은 내구성에 큰 영향을 미치기 때문에 이의 대비를 철저히 하지 않으면 심각한 하자를 불러올 수 있다(서 외 2012). 지금까지는 1~2년마다 한 번씩 일스테인을 처리하는 것이 목재의 할렬(割裂)을 막는 보편화된 방법이었으나 최근에는 년 1회 시공으로 반영구적인 효과를 볼 수 있는 목재 Crack-seal clear가 주로 사용되고 있다. Crack-seal clear는 인체 유해물질 즉 VOC(휘발성 유기화합물) 등의 함량이 상대적으로 높지 않아 인체에 영향이 적으며, 도막이 부풀어 오르거나 벗겨짐이 없다. 목재 뒤틀림 및 할렬 방지 효과가 미처리재에 비해 80~90%로서 미처리재에 비해 우수하였으며 강력한 UV(紫外線) 차단 효과로 목재 풍화를 방지하며 산성비에 강하다(정 외 1999). 크랙 방지제는 목재 내부에 침투해 보호막이 형성돼 껍질이 벗겨지거나 갈라질 우려가 없으며 표면코팅으로 나무무늬를 그대로 유지시키는 장점이 있어 목재가로등의 표면처리에 적합한 것으로 나타났다.

일반적으로 가로등은 콘크리트 기둥 또는 강관 기둥으로 이루어져 있으며, 콘크리트 기둥 또는 강관 기둥에 나무 모양의 FRP 피복재를 부착한 환

경 친화적 전주가 안출된 바 있다. 그러나 상술한 종래의 환경 친화적 전주는 기둥 및 가지부가 콘크리트 또는 강관으로 구성되고, 그 표면에 나무 모양의 FRP 피복재를 피복하여 형성하였으므로 장기간 태양광에 폭로되었을 경우, 그 피복재가 박리되어 미관을 저해하거나 변질될 우려가 높고, 또한 피복재의 성분상 친환경성과는 거리가 있을 것으로 사료된다. 원재료 및 가공 원가도 상대적으로 높은 문제점이 있었다.

이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구에서는 산림을 보호하고 목재의 성장을 촉진하고자 벌채(간벌 등)가 이루어진 후, 방치되어 있는 나무(소나무, 잣나무, 낙엽송)를 사용함으로써 폐자원의 리사이클이 가능하며, 또한 여기에 자연형 표면 보호제 도장처리하여 가로등주를 설계 디자인함으로써, 친환경적이고 원가절감 효과를 얻을 수 있는 친환경 목재가로등을 제조하고 이용하는 것을 목표로 한다.

2. 가로등 제조공정

2.1. 공시재료 및 집성목 제조

친환경 목재가로등에 사용된 시험목은 벌채하여 방치하고 있는 국내조림수종인 소나무(*Pinus densiflora*), 낙엽송(*Larix leptolepis*), 잣나무(*Pinus koraiensis*)를 목재가로등 제작에 크기 및 강도 적합한 목재를 제재하여 이용하였다. 제재목은 강원도 화천군에 위치한 대명우드에서 목재를 일정한 크기의 정육면체 또는 직육면체 형상이 되게 절단하여 이들을 서로 접합하여 집성재로 제조하였다. 레조시놀 접착제를 사용하여, 주재와 경화제 혼합은 4 : 1의 비율로 제조하여 도포량 250 g/m² 양면도포 처리하였으며, 프레스의 압력을 12 kgf/m²로 압제하여 24시간 동안 상온에서 경화시켰다. 1주일간 양생기간을 거친 후 집성목 4개를 접합한 후, 기계 연마하여 중앙 종단부로 중공을 갖는 원주형상으로 원통형 선반작업 및 원통집성목의 샌딩 처리는 320#~600# 연마 처리하였다. 원통형 집성재의 제조공정은 Fig. 1에 나타내었다.



Fig. 1. Manufacturing process of cylinder laminated timber.

2.2. Crack-seal clear 도장처리

목재가로등에 사용된 도료는 Acrylic emulsion resin 30~40%, Dipropylene glycol monomethyl ether 1~5%, 소듐도데실벤젠설포네이트, 소듐라우릴설포네이트 및 킬페놀에톡시레이트로 조합된 하나 이상의 성분을 포함하는 계면활성제 1~5% 및 나머지 성분은 물을 포함하는 수용성 기반의 친환경 수용성 목재 Crack-seal clear를 표면에 도장처리하여 목재기둥에 대한 방부·방충 처리를 행하였다. 표면의 도장처리는 상기 도료를 하도와 상도 마감으로 3회 이상 도포와 건조를 반복 처리하였다.

2.3. Crack-seal clear formulation

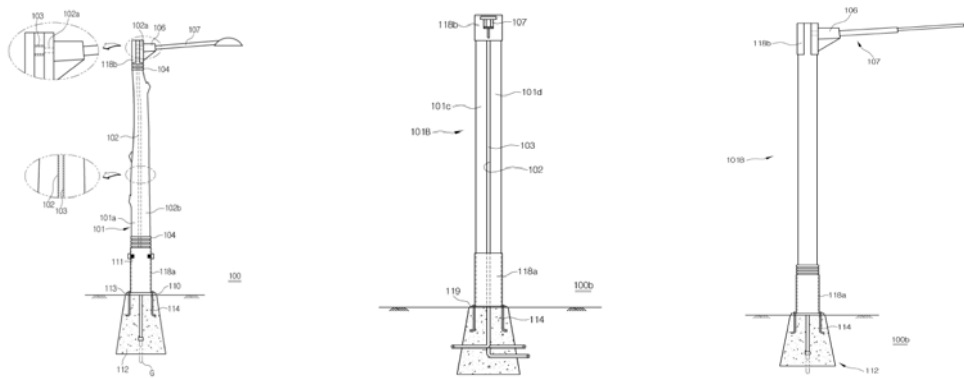
Crack-seal clear는 Acrylic emulsion resin 100 중량부를 기준으로 입자크기가 50~150 mesh 규사 60~200 중량부 및 talc 10~60 중량부를 추가로 첨가 혼합하였다. Crack-seal clear는 분산습윤제, 동결방지제, 소포제, 레벨링제, 방부제, 증점제, pH 조절제, 도막조제로 이루어졌다. 암모늄퍼

설페이트, 소듐염퍼설페이트, 포타슘퍼설페이트 등에서 선택된 radical 중합개시 촉매 0.1~1 중량부를 혼합하여 부가 중합 혼합물을 제조하고, 이것의 pH를 8~10으로 조절하여 Acrylic emulsion resin를 제조하였으며, 목재에 대한 접착력을 높이기 위하여 Dipropylene glycol monomethyl ether (CH₃O(CH₂)₃O(CH₂)₃OCOCH₃)는 Acrylic emulsion resin를 혼합하였다. Acrylic emulsion resin의 혼합 비율은 제한하여 사용하지 않았으며, 그 사용량은 30~40%로 하였다. 만약 30% 미만의 경우, 부착력이 낮아져 시공시 작업성이 떨어질 수 있고, 반면에 40%를 초과한 경우, 입자의 크기 및 수지의 점도 측면에서 사용에 제한을 받을 수 있다.

3. 가로등 제조특성

3.1. 목재가로등의 설계 디자인

Fig. 2에 별채된 목재를 원목의 형상을 그대로 유지하는 목재가로등(A)과 원통형 집성재 목재가



(A) A wood street lamp as with natural forms using natural wood (B) A front view of cylindrical wood street lamp (C) A side view of cylindrical wood street lamp (B)

Notes; 100, 100b: 목재가로등, 101, 101B: 목재기둥, 101a: 제1목재기둥, 101b: 제2목재기둥, 101c: 제3목재기둥, 101d: 제4목재기둥, 102: 제1케이블홀, 102a: 제2케이블홀, 103: 케이블관, 104: 고정링, 112: 기초구조물, 112a: 콘크리트, 113: 제2고정홀, 114: 앵커볼트, G: 접지봉, 115: 결속봉, 115a: 나사부, 116: 커플링, 117: 연결봉, 118a, 118b: 고정관, 119: 고정판

Fig. 2. Overall drawing of eco-friendly wood street lamp.

로등(정면도 B, 측면도 C)의 전체 설계도를 나타내었다.

3.1.1. 자연형 목재가로등

Fig. 2의 A의 목재가로등은 벌채한 목재를 그대로 이용하는 경우에 의해 원목의 형상을 그대로 유지함으로써 공원, 가로변 등에서 나무의 형상을 자연스럽게 연출할 수 있게 되어, 자연친화적 특성을 가졌다. 목재기둥은 벌채하여 방치하고 있는 나무를 길이방향(신장성장방향)으로 절단하여, 서로 결합되는 경우 목재기둥으로 되는 두 개의 제1 및 제2목재기둥으로 형성된다. 제1 및 제2목재기둥의 서로 대향하는 면에는 케이블관의 삽입고정(장착)을 위해 서로 결합하는 경우, 케이블이 외측면에 요입(凹入) 가능하도록 길이방향을 따라 홈을 디자인 설계하였다.

산림을 보호하고 가꾸며, 수목의 성장을 유도 촉진하고자 벌채하여 산지에 자연 방치하고 있는 국내산 낙엽송, 소나무, 잣나무 또는 리기다소나무 중 어느 하나를 사용하며, 나무의 직경(굵기) 및 형상이 가로등주(街路燈柱)로 사용할 수 있는 목재를 가공하여 한 쌍의 목재기둥으로 이용함으로써, 폐자원을 활용하는 목적과 원가를 절감하는 효과가 있다.

3.1.2. 집성목재가로등

Fig. 2의 A와 같이 벌채 나무를 그대로 목재기둥으로 이용할 수 없는 목재를 이용하여 벌채 나무의 6면을 절단한 직육면체 형상인 두 개의 제3 목재 기둥 및 제4목재기둥을 형성하고, 두 개의 제3 및 제4목재기둥을 서로 결합하여 목재기둥을 설계 제조하였다. 이때 목재기둥의 각각 종단 측면 중 횡단면방향의 길이가 긴 면의 중앙의 종단으로 요철부(凹凸部)를 각각 형성하여, 서로 결합하는 경우 제1케이블 홈으로 형성되도록 하였다. 집성목재가로등 또한 자연형 목재가로등과 같이 폐자원을 활용하여 목재의 원가를 절감하는 효과를 보였다.

3.2. 목재가로등주(기둥) 구조

Fig. 3의 D에 집성목을 이용하여 구형된 원주형 목재기둥의 사시도(斜視圖)를 나타내었고, E는 원주형목재기둥의 일부분으로 되는 집성목의 사시도를 나타내었다. Fig. 3의 D 및 E와 같이 임의형상의 목재를 일정한 크기의 직육면체 또는 직육면체 형상이 되게 절단하여 이들을 서로 접합하여 집성목을 제작하였다. 이후 집성목 4개를 중앙부가 중공인 케이블관로를 형성하도록 접합하고 기계적 연마과정을 거쳐 원주 형상인 목재기둥으로

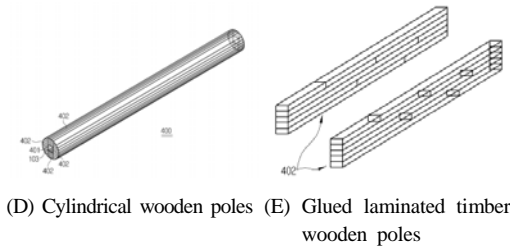


Fig. 3. Wooden poles of eco-friendly wood street lamp.

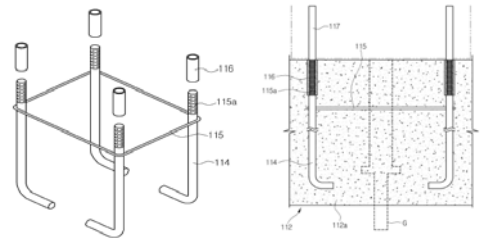
제작하였다. 이후 목재기둥의 케이블관로에 전원 케이블이 내부에 삽입되는 케이블관을 장착하는 것에 의해 집성목을 이용하여 제작한 원주형 목재 기둥을 설계하였다. 원주형 목재기둥의 하단부는 하부 고정관과 고정판을 이용하여 기초구조물에 고정하였다. 상부의 경우에는 고정판을 고정한 후 제2케이블홈에 안정기집과 가로등걸이를 장착한 후 전원 케이블을 연결하여 집성목에 의해 제작된 원주형목재기둥을 디자인한 목재가로등을 제조하였다.

4. 목재가로등 시공 및 활용

4.1. 친환경 목재가로등 시공

친환경 목재가로등의 설치 및 결합을 위한 앵커 볼트 구조물의 분해 사시도(斜視圖, isometric)와 하단부 기초구조물의 종단면도를 Fig. 4에 나타내었다.

구조용 집성재는 그 생산단계에서 생산수율이 높고, 소요되는 가공에너지를 감소시킬 수 있다. 그러나 기존의 볼트나 drift pin을 이용한 기계적 접합은 목재에 접합구를 삽입하는 방식으로 외관상의 이점은 있지만 하중을 전달하는 지압면적이 작으며, 목재 내부로 접합장치가 파고들기 때문에 목재에 균열을 발생시키는 약점이 있다(장 외 2009). 따라서 본 연구의 목재가로등은 Fig. 4의 F와 같이, Fig. 3의 A 및 D의 기초구조물에는 상단부에 나사부가 형성된 앵커볼트와, 나사부에 결합되는 coupling을 포함하여 구성된다. 앵커볼트의 수는 설치되는 목재가로등의 크기에 따라 변경되며, 다수의 앵커볼트는 콘크리트 타설을 위해 결속



(F) Anchor bolted type structure (G) Longitudinal section of lower part structure

Fig. 4. Eco-friendly wood street lamp installation by the connection of detail parts.

봉에 의해 고정시킨다. Fig. 4의 G와 같이, 상기 coupling의 상단부에는 연결봉이 기초구조물의 상부로 돌출하도록 결합된다. 이후, 콘크리트를 타설하여 양성과정을 거치면, 목재가로등의 설치를 위한 기초구조물로 된다. 연결봉의 상부에는 수나사부로 형성되어, 고정판의 제2고정 홈을 통해 상부로 돌출된 후 너트 체결되는 것에 의해 하부 고정관과 고정판으로 구성되는 고정부재를 견고히 고정하여, 목재기둥을 수직으로 고정된 상태를 유지하도록 고정하였다.

4.2. 친환경 목재가로등 활용

4.2.1. 기존의 목재가로등

전신주나 가로등은 콘크리트 기둥 또는 강관 기둥으로 설치하는 것이 일반적이며, 기존에 설치된 목재가로등은 콘크리트 기둥 또는 강관 기둥에 목재 모양의 FRP 피복재를 부착한 부재로 가공한 가로등이 발명돼 사용되었다(Fig. 5). 현대의 알루미늄가로등은 시트, 압출, 합금 부분의 조합으로 구성되어 있다(W.S Miller et al). 또한, 기존 가로등은 기둥 및 가지부가 콘크리트 또는 강관으로 구성되었고 외면에 목재모양(목재무늬결, grain)의 FRP 피복재를 입혀 구성된 종래의 가로등(電柱)을 친환경적이라 할 수 없을 뿐만 아니라 원재료 및 가공 원가가 높은 문제점이 있었다. 따라서 상기 문제점을 해결하기 위하여 별채하여 방치하던 간벌목재 즉, 리사이클이 가능한 목재 및 목질재료를 적극 활용하여, 전주의 외면을 목재용 자연도료로



Fig. 5. Existing iron street lamp, ground current split factor, and wood street lamp.

특수도장처리 함으로써 기존의 가로등에 비해 친 환경 목재가로등주를 구현하고자 하였다.

4.2.2. 친환경 목재가로등 시공사례

생활수준의 향상과 더불어 목재가 가지고 있는 인체 및 환경에 친화적인 특성이 인식되기 시작하여 목구조주택뿐만 아니라 대형 구조물이나 교량에도 목재가 사용되는 사례가 증가하고 있다. 특히 목재가 가지고 있는 결점을 분산시킬 수 있고 대 단면의 구조용 부재도 제조가 가능하기 때문에 구조용 집성재의 사용도 눈에 띄게 증가하고 있다.

또한 건축재료로서의 목재는 아름다움과 함께 재료로서의 기능성도 매우 높다(손 외 2104). 이러한 목재사용을 위하여 개발된 친환경 목재가로등을 활용한 사례를 Fig. 6에 나타내었다. 추가적인 활용방법으로 알루미늄관이 삽입되어 형성된 한 쌍의 목재 기둥 사이의 공간에 각종 광고판 및 조명시설을 함으로써, 경제적 및 시각적 효과를 얻을 수 있다.

5. Crack-seal clear 도장처리

최근에는 새로운 한옥의 기둥과 보에도 할렬이나 틀어짐 등과 같은 결점 발생이 거의 없는 집성재의 사용이 검토되어 일부 시험적으로 시공된 사례가 있다. 이와 같이 집성재의 장점이 부각되어 다양한 건축 구조재로 사용이 확대되고 있는 추세에 있으며, 집성재를 외장 구조부재로 사용하는 경

우에는 우수한 내구성뿐만 아니라 목재 부후균이나 흰개미와 같은 목재를 가해하는 생물에 대한 저항성도 함께 요구된다(이 와 이 2014).

본 연구에서는 도포 처리하여 사용되는 친환경 crack-seal clear는 내구성·내후성·방수성을 나타내는 동시에 반영구적이며, 도막이 부풀어 오르거나 박리 및 갈라짐이 방지되었으며, 수분 침투로 인한 목재의 비틀림 및 크랙방지 효과가 있었다. 또한, 목재표층 내부로 침투하여 보호막을 형성하여 높은 UV 안정성과 내산성이 우수하고 세척이 가능하고, 목재 표면의 유·무광 코팅으로 나무결의 자연미를 유지하였고, 곰팡이·이끼발생의 방지 및 통기성이 양호하였다. 이외에 한 UV 차단효과, 목재의 풍화방지 효과, 특화된 기술의 목재 조습작용과 기능을 유지하며 표면보호, 건조 및 도장처리 시간이 짧아 비용 절감과 친환경적으로 환경부 휘발성 유기화합물(V.O.C) 함량등급기준 1등급이며, 유독성 물질 및 중금속 등이 없어서 목재 제품의 코팅에 널리 사용될 수 있다. 또한 crack-seal clear는 통기성이 우수하여 나무 특유의 향기와 무늬 등을 보존시키며 목재의 크랙을 막아주면서 자연미와 무광택을 지닌 양질의 도막을 형성시키기 때문에 목재의 표면 코팅에 매우 우수한 성능을 갖고 있다. crack-seal clear의 안전성, 도장성, 도막형성, 코팅 조성물의 점도, 형성된 도막두께 등 측면에서 효과적으로 사료된다.

물(중류수)과 Water-soluble acrylic resin로 제조하여 도장처리시에 거의 냄새가 없었다. 발수,



The night view of EFWSL placed in Southern Forest Resources Research Center, Jinju city



The scenery of EFWSL and Southern Forest Resources Research Center during the day



EFWSL placed in Samgukyousa Park (Gyeongsan city)



EFWSL placed in lake park (Gyeongsan city)



EFWSL as for park lamp



Outdoor grass lamp



Outdoor park lamp

Fig. 6. The utilization of eco-friendly wood street lamp (EFWSL).

방수 공간의 안정성을 제공하며, 뛰어난 통기성을 갖고 있다. 할렬방지 수지는 acrylic resin와 Dipropylene glycol monomethyl ether가 잘 용해되고 적정비의 혼합이 이루어지게 해야 하며, 최종 조성물인 crack-seal clear가 용이하게 목재에 도포되도록 하기 위하여 계면활성제를 사용하였다. 이때, Dipropylene glycol monomethyl ether가 1% 미만일 경우, crack-seal clear 도료의 목재 접착력이 떨어지고, 5% 이상 초과되면 소수성이 강해져서 수용성 성질이 약해지는 특징을 갖는 것으로 알려져 있다(황 외 2013).

6. 결 론

목재 폐기에 따른 환경오염을 줄이고, 목재가로등의 제조비용이 절감될 수 있으며, 원목을 그대로 사용하는 원목가로등과 원통형 집성목재가로등에 의해 인체 및 자연친화적인 목재가로등을 제작하였다. 본 연구는주요 소재가 되는 목재는 장기간에 걸쳐 대기 중에 방치하여, 옥외폭로 등 자연환경에서 탄소의 고정효과가 높다. 최근 이슈가 되고 있는 지구온난화에 따른 기후변화의 저감과, 친환경 에너지원의 재활용 등의 효과를 동시에 거둘 수 있어 장차 국내목재의 가격경쟁력 향상과 국가경

쟁력 확보에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구에서 개발된 친환경 목재가로등은 산림을 보호하고 가꾸며, 목재의 정상 성장을 유도 촉진하고자 벌채(숯가꾸기, 간벌 등)가 이루어진 후, 경제성이 낮아 산지 혹은 벌채 현지와 집재지에 방치되어 있는 목재 즉, 국내산 조림수종으로서 소나무, 낙엽송, 잣나무 등의 간벌재를 최대로 사용함으로써 우리나라 목재자원의 이용가치를 새롭게 창출하는데 큰 역할을 담당할 수 있게 되었다. 기존의 목재가로등은 기둥 및 가지부가 콘크리트 또는 강관으로 된 구성이거나, 그 표면에 나무 모양의 FRP 소재를 피복하여 설계 디자인하였으므로 장기간 옥외폭로시 변퇴색의 우려가 있으며 그 피복재 또한, 박리되어 외관을 저해하며, 변질될 우려가 있다. 또한 피복재의 성분이 친환경에 배치될 뿐만 아니라 원재료 및 가공 원가가 현저히 높은 등의 문제점으로 나타났다.

따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구에서 개발된 목재가로등은 crack-seal clear로 도장 처리하여 기존의 목재 특성에서 지니고 있던 내구성의 단점을 보완하고 친환경적이면서 원가절감 효과를 얻을 수 있었다. 지금까지, 본 발명에 따른 인체친화형 목재가로등은 도면에 도시(圖示)된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 연구 개발 사례의 기초자료로서 이용될 수 있을 것으로 사료되며, 향후 실질적인 목재가로등의 응용 및 활용에 관한 지속적인 연구 개발이 뒤따라야 본 연구의 결론을 정확히 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 박학길, 한재수, 황선우. 2003. 간벌 소경재를 이용한 집성목재 보의 휨 거동특성에 관한 연구. 대한건축학회 논문집 구조계 16(6): 11-17.
- 김순철, 양일승. H형강과 구조용집성재로 구성된 휨재의 접합형식에 관한 실험적 연구. 2006. 대한건축학회 논문집 구조계 22(4): 95-102.
- 서진식, 김종인, 황성욱, 박상범. 2012. 원통형 단판적층재의 접착성 및 도장처리에 따른 표면내구성. 한국목재공학회지 40(6): 418-423.
- 정성철, 김기동, 신동우. 1999. 액상균열방지제에 의한 공동주택 바닥 모르타의 균열저감에 관한 실험적연구. 대한건축학회 논문집 구조계 15(1): 109-118.
- 장상식, 김윤희, 장영익. 2009. 구조용 강철과 구조용 집성재 복합재료 보의 역학적 성질. 한국목재공학회지 37(4): 300-309.
- 손동원, 엄창득, 박준철, 박주생. 2014. 난연처리 제재목으로 제조한 구조용 집성재의 강도 성능평가. 한국목재공학회지 42(4): 477-482.
- 이동훈, 이종신. 2014. 네오니코치드계 목재보존제가 집성재 제조용 레조르시놀 수지의 접착력에 미치는 영향. 한국목재공학회지 42(1): 34-40.
- 황수인, 김영진, 김동권. 2013. 아크릴계 페놀수지 합성과 이를 이용한 도료의 물성연구. 한국공업화학학회 24(2): 171-176.
- W.S Miller, L Zhuang, and J Bottema. 2000. Street-Lighting Poles, Transmission Towers, and Station Structures. Related Structural Applications of Aluminum. Chater 18.