

# 목재 조경시설물의 목재 종류별 하자분석

## - 휴게시설물 목재기둥의 균열하자를 중심으로-

박원규\* · 신훈\*\*

\*호남대학교 조경학과 · \*\*호남대학교 대학원 조경학과

# Analysis of the Defects in Wooden Landscape Facilities according to the Type of Timber

## - Focused on the Defects in Pillars of Out Door Rest Furniture -

Park, Won-Kyu\* · Shin, Hoon\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture, Honam University

\*\*Dept. of Landscape Architecture Graduate School, Honam University

### ABSTRACT

Improvements in the quality of life have resulted in a heightened awareness of safety and the environment. As a result, timber as an environmentally friendly material, is used for landscape facilities and a wide range of purposes. But there are a large number of defects since there are twists and cracks that can be found in wooden landscape facilities. This has led to the use of imported hardwood instead of the Western Hemlock which has been in widespread use.

Hardwood is expensive. However, it is being used without any information or research on how much it reduces the actual defects. Construction contractors are in great need of information on the characteristics and defect rates of different types of timber.

This study investigated and analyzed the cracks in four types of timber - namely the Western Hemlock, Burckella, Nyatoh and Malas - in order to provide basic information to construction contractor for them to be able to select and use the appropriate type of timber.

The main results of this study are as follows.

First, the Western Hemlock had 1.90 cracks/m<sup>2</sup>, Malas had 0.83 cracks/m<sup>2</sup>, Burckella had 0.14 cracks/m<sup>2</sup>, and the Nyatoh had the least number of surface defects at 0.04 cracks/m<sup>2</sup>.

Second, while Malas has the highest degree of strength timber, Nyatoh had the smallest defect rate. This showed that having high timber strength does not necessarily mean it has less defects.

Third, the Western Hemlock was the least expensive and Burckella was the most expensive. However, considering the cost of repairing defects, it would be economically advantageous to use Burckella and Nyatoh which have low defect rates.

This study aimed to provide basic information to landscape construction contractors for them to be able to select and

use the appropriate type of timber when constructing wooden outdoor rest furniture. The results are expected to contribute to quality enhancements and defect reduction in landscape facilities.

*Key Words: Wooden Landscape Facilities, Wooden Pillars, Crack Defect, Type of Timber, Crack Length, Crack Width*

## 국문초록

국민 생활수준의 향상으로 안전과 환경에 대한 인식이 고조됨에 따라 조경시설물에 환경 재료의 하나인 목재가 널리 이용되고 있으나, 미송을 사용한 목재 조경시설물은 틀어짐, 균열 등의 하자가 많이 발생하고 있어, 수입목재인 활엽수재(hardwood)를 사용하는 사례가 늘고 있다. 그러나 수입 목재는 고가이며, 실제 하자 발생이 미송에 비해 얼마나 저감되는지에 대한 정보나 실태조사 없이 사용되고 있어, 시공자에게 목재 수종별 특성과 품질 하자 발생 정도에 대한 정보가 매우 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 목재 조경시설물에 사용되는 미송, 부켈라, 니아토, 말라스 목재 4종류를 대상으로 목재의 균열 하자현황을 조사·분석하여 시공자로 하여금 적절하게 목재를 사용할 수 있는 기초자료를 제공하는데 목적을 두었다.

본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 휴게시설물 목재기둥의 목재 표면적 당 균열 하자는 미송 1.90개소/m<sup>2</sup>, 말라스 0.83개소/m<sup>2</sup>, 부켈라 0.14개소/m<sup>2</sup>, 니아토 0.04개소/m<sup>2</sup>로 조사되어 니아토가 가장 적은 것으로 나타났다.

둘째, 목재 종류별 강도와 하자율 비교를 보면 목재의 강도는 말라스가 우수하였으나, 하자율은 니아토가 더 적게 발생한 것으로 보아 목재 강도가 높은 것이 하자가 적게 발생하는 것은 아니라는 것을 알 수 있었다.

셋째, 목재 종류별 단가와 하자율 비교를 보면 미송이 가장 저렴하고 부켈라가 가장 고가로 조사되었으며, 하자처리 비용을 감안할 때 하자가 적게 발생하는 니아토를 사용하는 것이 경제적인 측면에서 유리하다고 판단된다.

본 연구는 목재 조경시설물 설치 시 시공자로 하여금 적절한 목재를 선택할 수 있는 기초자료를 제공한다는 데 그 의의가 있으며, 조경시설물의 품질 향상과 하자 저감에 기여할 수 있을 것이다.

*주제어: 목재 조경시설물, 목재기둥, 균열 하자, 목재 종류, 균열길이, 균열폭*

## 1. 서론

국민 소득 수준과 생활수준의 향상으로 안전과 환경에 대한 인식이 높아지면서 친환경적이고 아름다운 조경공간에 관한 요구가 높아지고 있다. 특히 조경공간 내 시설을 설치하는 조경시설물 공사는 공간의 기능성과 조화성, 조형성, 실용성, 환경성을 갖도록 다양한 시설물을 설치하는 일련의 작업이라 할 수 있어, 근래 들어 조경시설물 제작에 대부분 친환경적인 소재인 목재가 널리 사용되고 있다.

조경시설물의 소재 중 다른 재료와는 달리 목재시설물은 자연에서 얻어지는 천연재료로서 '부후와 변형'이라는 취약점을 갖고 있으나, 방부건조 기술의 발달로 목재의 이러한 단점이 보완되었고, 오히려 가공이 쉽다는 장점이 있어 건축, 토목, 조경을 비롯한 실생활의 작은 소품에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다(변미송, 2001: 2).

그러나 야외 조경시설용재나 목조건축물에 사용되는 목재는 다양한 생물열화 인자와 비생물열화 인자의 피해를 받으면서

열화될 수 있기 때문에, 이것이 목재의 중요한 결점으로 작용하게 되어 조경 목재시설물은 뒤틀림, 갈라짐과 같은 하자가 발생하고 있다(송만재, 2002: 1).

실제로 그동안 목재 조경시설물 제작에 광범위하게 사용되어 온 미송은 균열 하자가 매우 많이 발생하고 있어, 미송을 대체하여 수입목재인 활엽수재(hardwood)를 사용하는 사례가 급속히 늘어나고 있다.

그러나 활엽수재들은 미송에 비해 고가이며, 실제 하자 발생이 얼마나 저감되는지에 대한 정보나 실태조사 없이 무분별하게 사용되고 있으나, 수입 활엽수재에서도 균열 하자가 발생하고 있어 시공자에게 목재 수종별 특성과 하자 발생 정도에 대한 정보가 매우 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 목재 조경시설물 제작에 많이 사용되는 미송, 부켈라, 니아토, 말라스 목재 4종류를 대상으로 목재의 균열에 대해 하자현황을 조사·분석하여 시공자로 하여금 적절한 목재 선택의 기초자료를 제공하고, 목재 조경시설물의 하자 저감에 기여하는데 그 목적이 있다.

## II. 선행연구 고찰

그동안 조경공사의 하자에 관련된 연구를 살펴보면 조경식재공사의 하자에 관한 연구가 대부분이며, 조경 시설물의 하자에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히 목재시설물의 목재 종류별 하자에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서 유사한 연구를 살펴보면 조경 목재시설물의 갈라짐 실태 및 하자 저감방안에 관한 연구와 조경시설물의 품질보증 방안에 관한 연구, 그리고 그 밖에 조경시설공사 품질관리의 연구 등이 수행되었다.

한권영(2008)은 조경시설물 중 목재를 소재로 하는 시설물, 즉 파고라와 정자의 기둥재의 갈라짐 실태를 조사하고, 전문가 설문조사를 통하여 기둥재의 하자원인에 관한 항목을 추출하여 그 원인과 해결방안을 제시하였으며, 임지택(2009)은 조경시설물의 품질보증 방안을 모색하기 위하여 법 체계상의 문제점과 조경시설물 하자보수의 제도적 개선, 조경시설물설치공사 시행과정상 원인과 문제점을 살펴보고, 조경시설물 품질보증 개선 방안을 제시하였다. 문봉기(2005)는 공동주택을 대상으로 현장답사와 입주 후에 접수되는 하자접수대장의 자료를 분석하여 사전·사후의 하자방지를 위한 방안과 대책을 제시하였다. 이상석과 최기수(1997)는 조경시설공사 현장에서 발생하고 있는 문제점과 원인을 밝히고, 품질관리항목의 상대적인 중요도를 도출하였다.

그 외 본 연구와 관련하여 목재의 특성에 관해서는 이은영(2005), 송만재(2002), 심국보 등(2000), 김종만 등(2001) 등 많은 연구가 진행되었으나, 대부분 목재의 물리적 특성과 열화 특성에 관한 실험 연구 등으로서 목재시설물의 하자와의 관련성이 낮은 연구로 조사되었다.

이상 기존의 연구들을 고찰해 본 결과, 목재 조경시설물의 하자에 관한 연구는 매우 미비한 것으로 판단된다. 따라서 현장조사를 통해 목재 종류별 하자 실태를 파악하고, 목재의 특성과 비교·분석하는 연구가 매우 필요하다고 판단된다.

## III. 연구범위 및 방법

### 1. 연구 범위

본 연구의 내용적 범위는 문헌조사를 통해 목재의 종류와 품질하자에 대하여 고찰을 하고, 아파트단지 내 목재 조경시설물의 균열하자를 목재 종류별로 조사하였으며, 목재 종류별 균열하자를 목재강도 및 목재단가와 비교분석하였다. 연구범위를 균열하자에 국한한 것은 예비조사를 통해 목재의 하자유형 중 틀어짐과 옹이는 거의 나타나지 않았고, 부후는 오랜 기간이 지난 후 나타나는 현상으로써 조사대상 단지 내의 목재시설물

에서는 나타나지 않았으며, 균열하자가 많이 나타났다. 따라서 틀어짐, 옹이, 부후는 하자조사에서 제외하고 균열만 조사하였으며, 목재 조경시설물의 바닥(판재)과 지붕(판재)부분은 균열하자가 많지 않고 주로 기둥재에 발생하고 있어, 휴게시설물의 목재기둥을 대상으로 하자조사를 실시하였다.

공간적 범위는 광주광역시의 아파트 단지 중 준공완료 이후 2년 이상 경과한 아파트단지를 대상으로 총 17개 단지 내 휴게시설인 파고라, 정자, 쉼터의 목재 종류별 기둥재를 조사 대상으로 하였다.

시간적 범위는 조사계획을 수립한 2010년 4월을 기준으로 2007년 4월부터 2008년 4월 사이에 완공된 아파트단지를 대상으로 목재전문가가 2010년 7월 5일부터 7월 9일까지 현장조사를 실시하여 목재 종류를 판별하였으며, 목재기둥의 균열 하자 조사는 2010년 7월 12일부터 7월 30일까지 실시하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 연구수행과정

먼저 문헌조사를 통해 선행연구고찰과 목재의 특성에 대해 이론적 고찰을 하고, 17개 아파트단지 내 조경용 목재시설물을 현장조사를 통해 목재의 종류와 목재 조경시설물 기둥재의 균열하자 현황을 조사하였다. 하자조사 결과를 목재 종류별 특성 및 단가와 비교 분석하는 체계적인 연구과정을 수행하였다.

#### 2) 조사대상지 선정

목재 시설물의 하자는 공사 준공 시 나타나지 않는 경우가 많아 하자담보책임기간인 준공 후 2년 경과 시 하자 판단 후 보수 또는 재시공을 시행하는 경우가 많으므로, 준공 후 2년이 경과되고 3년이 경과하지 않은 단지를 조사 대상으로 하였다.

조사 대상지는 2010년 4월 광주광역시청에서 제공하는 '사용중인 아파트단지 현황'에 의해서 하자담보책임기간 2년이 지난 아파트 단지 중 사용검사 일자를 기준으로 2007년 4월~2008년 4월 사이의 아파트 단지를 층화 추출하였다. 이에 따라 총 19개 단지가 추출되었으며, 현지답사를 통하여 이 중 목재 시설물인 정자, 파고라, 쉼터들이 설치되어 있는 총 17개 단지를 조사 대상 단지로 선정하였다(표 1 참조).

#### 3) 조사대상 시설물과 조사대상 목재 종류

조사대상 시설물은 조사대상 단지 내 휴게시설물 중 목재기둥이 있는 정자, 파고라, 쉼터 전체를 조사대상으로 하였으며, 목재 기둥의 종류별로 미송 34개소, 니아토 10개소, 부켈라 14개소, 말라스 10개소 등 총 68개소 시설물의 목재기둥을 조사하였다.

#### 4) 조사시기와 방법

표 1. 조사대상 단지 개요

구분	아파트명	세대수	사용검사 일자	위치
A	학동주공	297	2007.07.19	동구 학동
B	화정동 대주피오레	218	2007.12.28	서구 화정동
C	진월주공 1단지	355	2007.12.7	남구 노대동
D	진월주공 2단지	384	2007.12.7	
E	진월주공 3단지	853	2007.11.27	
F	진월주공 4단지	449	2007.11.13	
G	진월주공 5단지	576	2007.12.21	
H	한국아텔리움2차	574	2007.7.2	북구 임동
I	한화꿈에그린	642	2007.4.3	북구 용봉동
J	우미린	823	2007.8.3	북구 동림동
K	운암산현대아이파크	599	2007.4.26	북구 운암동
L	남양휴튼	372	2007.8.3	
M	블루시안 2차아파트	114	2007.10.22	
N	연제2차대주피오레	353	2007.8.6	북구 연제동
O	용두2주공아파트	711	2007.12.17	북구 용두동
P	신창1차남양휴튼	237	2007.5.23	광산구 신창동
Q	신창2차남양휴튼	183	2007.5.23	

조사 시기는 먼저 공사 내역서를 통해 조사시설물의 목재 종류를 파악한 뒤, 2010년 7월 5일부터 7월 9일까지 목재전문가가 목재 종류를 확인·판별하는 현장조사를 실시하였으며, 2010년 7월 12일부터 7월 30일까지 조경시설물 목재기둥의 균열 현황 조사를 실시하였다(그림 1 참조). 목재 균열하자에 대한 판별기준이 아직 없는 실정이므로 균열길이는 100mm 이상, 균열폭은 0.5mm 이상인 것을 하자로 판단하고, 전수 조사하였다.

조사방법은 목재기둥의 균열길기와 균열폭을 각각 출자와 디지털 버니어캘리퍼스를 이용하여 조사하였다. 길이측정은 균열하자가 발생한 부위의 균열 연장길이를 측정하였으며, 균열폭은 균열하자가 발생한 부위의 최대 균열폭을 측정하였다(그림 2, 3 참조).

또한 조사대상 시설의 목재 종류별 목재량이 다르므로 동일한 기준 즉 목재 종류별 단위면적당 하자현황을 파악하기 위해 기둥의 면적을 측정하였으며, 기둥의 둘레×높이를 측정하여 면적을 산출하였다.

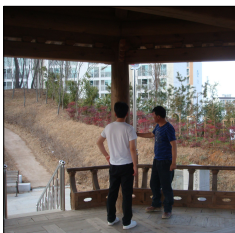


그림 1. 목재 종류 확인·판별



그림 2. 균열길이 측정



그림 3. 균열폭 측정

### 5) 분석 방법

조사 대상 단지 내 시설물에 사용된 목재는 미송, 니아토, 부켈라, 말라스 뿐이므로 이 4종류의 목재에 대해서만 분석하였다.

목재의 종류별로 균열하자의 상태 즉, 목재에 따라서 작은 균열이 많이 발생하는 목재와 큰 균열이 많이 발생하는 경우가 있을 수 있으므로 균열길이를 분석을 위해 길이 100mm 이상, 폭 0.5mm 이상 되는 균열 전체의 분포상황을 조사하여 균열크기별로 분류하였다.

균열길이의 분류는 먼저 길이 100mm 이상~1,000mm 미만은 '소'하자, 1,000mm 이상~2,000mm 미만은 '중'하자, 2,000mm 이상 ~ 2,500mm 미만을 '대'하자로 분류하였으며, 이중 '소'하자는 수량이 많아 다시 100mm 이상~250mm 미만을 '미세'하자로 분류하고, 길이 250mm 이상~1,000mm 미만은 '소'하자로 수정 분류하였다.

균열폭의 분류는 먼저 폭 0.5mm 이상~5.0mm 미만은 '소'하자, 5.0mm 이상~10.0mm 미만은 '중'하자, 10.0mm 이상~16.0mm 미만을 '대'하자로 분류하였으며, 이중 '소'하자는 수량이 많아 다시 0.5mm 이상~2.0mm 미만을 '미세'하자로 분류하고, 2.0mm 이상~5.0mm 미만은 '소'하자로 수정 분류하였다.

분석방법은 분류한 기준에 따라 균열 개수를 목재 종류별로 비교분석하였으며, 또한 동일한 기준에 따라 목재 종류별 하자율을 파악하기 위해 기둥재의 면적을 측정하고, 단위면적 당 균열 개수를 목재 종류별로 비교 분석하였다.

한편, 목재의 속성에 따른 하자율 및 목재 사용의 경제성을 비교하기 위해 목재 종류별의 강도와 하자율, 목재 종류별 단가와 하자율을 비교 분석하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 조경시설물용 목재의 종류와 품질하자

#### 1) 조경시설물용 목재의 종류

현재 조경시설물 중 휴게시설, 체육시설, 놀이시설 등 많은 시설이 목재로 제작되고 있으며, 목재 유통업체 조사결과, 조경용 목재로 미송, 더글라스 피, 라왕, 부켈라, 아버튼, 말라스, 멀

표 2. 조경시설물 제작 업체별 조경시설물용 목재 종류

업체명	사용 목재 종류
D 업체	부켈라, 니아토, 말라스, 멀바우
J 업체	부켈라, 니아토
T 업체, M업체	부켈라, 니아토, 미송
Y 업체, S 업체	니아토
J 업체	더글라스 피
H 업체	미송, 더글라스 피, 부켈라

바우, 니아토, 방킬라이, 낙엽송, 이페, 자라목, 딜레니아 등 총 13가지의 목재를 사용하고 있었다<sup>1)</sup>.

파고라, 원두막, 벤치 등을 생산·판매하는 조경시설물 생산 업체에서는 미송, 더글라스 피, 부켈라, 말라스, 멀바우, 니아토 등 총 6가지의 목재를 주로 사용하고 있었다<sup>2)</sup>(표 2 참조).

2) 조경시설물용 목재의 종류별 특성<sup>3)</sup>

(1) 미송(Western Hemlock)

학명 : *Tsuga heterophylla* Sargent.  
 분포 : 미국 남부알래스카, 아이다오, 워싱턴, 오레곤 지역과 록키산맥 일대에 분포한다.  
 재질 : 조직은 치밀하나 내구성은 낮고, 절삭가공· 건조· 접착· 도장성은 양호하나, 포삭성은 불량하다. 수분에 약하며 연삭이 잘 되고 광택도 있다.  
 용도 : 내장, 상자, 토목재, 합판, 마루판, 펄프 등

(2) 더글라스 피(Douglas Fir)

학명 : *Pseudotsuga menziesii* Franco.  
 분포 : 캐나다 중부, 남부캘리포니아, 록키산맥, 남부아리조나, 텍사스 중부지역 등에 분포한다.  
 재질 : 조직은 견고하며 나무갓<sup>4)</sup>은 거칠다. 내후 보존성이 높고, 절삭가공성은 보통이고, 건조성은 양호하며, 도장성은 불량하다.  
 용도 : 건축· 토목재, 가구, 차량, 합판, 갱목, 펄프 등

(3) 말라스(Malas)

학명 : *Homalium foetidum* Benth. 외 180여종.  
 분포 : 인도, 스리랑카, 버마를 포함하여 인도네시아, 말레이시아 등의 동남아 전역과 파푸아 뉴기니아에 분포한다.  
 재질 : 나무갓은 곱고 광택이 난다. 내구성과 천연건조가 양호하고, 실리카를 다량 함유하여 절삭가공· 건조성은 불량하나, 도장성이 양호하다. 내마모성이 크며 충해· 균해에 강하고, 약제주입도 잘 된다.  
 용도 : 중구조, 교량, 선박, 마루판, 건축재, 차량, 콘테이너 바닥, 내부 장식, 상판 등

(4) 멀바우(Merbau)

학명 : *Intsia palembanica* Miq. 외 12종  
 분포 : 푸아뉴기니아에서 태국까지 말레이반도와 인도네시아 등 열대동남아 전역에 분포한다.  
 재질 : 나무갓은 거칠고 대체로 균일하다. 내구성은 매우 높고 가공과 연삭은 양호하며, 포삭성은 불량하다. 나

무좀 등 충해에 강하고 방부제 주입은 곤란하다.

용도 : 장식, 고급가구, 악기, 중건축, 교량, 구조물, 상판, 침목 등

(5) 니아토(Nyatoh)

학명 : *Palaquium obovatum* Engl. 외 100수종  
 분포 : 인도 대륙, 인도지나 반도, 동남아시아 전역과 남태평양 제도, 오스트레일리아, 뉴질랜드 등 대양주까지 분포한다.  
 재질 : 나무갓은 곱고 균일하며 얇고, 농색의 줄무늬가 피상 문양을 나타낸다. 건조· 가공· 내구성 불량하고, 도장은 보통이나 접착· 연삭은 양호하며, 광택이 있다. 실리카 함량이 많아 방부제 주입은 불량하다.  
 용도 : 마루판, 천정판, 건축재, 가구, 중구조 합판, 내장 등

(6) 부켈라(Burckella)

학명 : *Burckella obovata*(Forst.)Pierre  
 분포 : 몰루카스, 뉴기니아로부터 사모아까지 분포한다.  
 재질 : 니아토와 유사하지만 약간 더 무겁고 단단하다.  
 용도 : 가구용재, 문재, 내장재 등

3) 조경시설물용 목재의 물리적· 기계적 성질

목재의 성질을 나타내는 지표는 목재의 색, 표면의 광택, 목재의 향기, 나무결 등을 나타내는 외관적 성질과 비중, 흡수율 등으로 표시되는 물리적 성질, 그리고 목재세포의 화학적 구조에 따른 화학적 성질과 압축강도, 인장강도, 휨강도, 전단강도로 표시되는 기계적 성질 등이 있다.

전술한 조경시설물 생산업체에서 사용하고 있는 목재 6가지의 물리· 기계적 속성은 표 3과 같다<sup>5)</sup>.

4) 목재의 형질적 결함 유형<sup>6)</sup>

목재는 흡습 환경에 노출되면 수축, 팽윤되어 그 차수가 변하고, 미생물에 의해 분해되는 단점을 갖고 있다. 미생물에 의해 목재가 썩는 현상을 부후(decay)라 한다. 또한 자외선과 같

표 3. 주요 조경용 목재의 물리· 기계적 속성

수종	기건비중	수축율		휨강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	전단강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		방사 방향	접선 방향			
미송	0.47	4.3	7.8	830	477	66
더글라스 피	0.51	4.8	7.4	949	532	110
말라스	0.81	2.6	4.0	1,336	724	118~191
멀바우	0.76	-	-	1,327	697	92~99
니아토	0.45~0.85	4.0	6.6~7.6	806~1,011	304~534	-
부켈라	0.59~0.79	-	-	989	501	148

은 비생물 요인에 의해 목재의 표면이 마모되는 소위 기상 열화 또는 풍화(weathering) 현상이 있다. 따라서 조경용 목재시설물 제재목의 형질적 결함이 나타나며, 형질적 결함의 종류는 다음과 같다.

- (1) 할렬(割烈) : 목재가 건조되면서 목섬유가 횡방향 또는 섬유방향으로 터지는 것.
- (2) 윤할(輪割) : 연륜과 연륜사이 또는 연륜 내부가 길이 방향으로 터진 것.
- (3) 분할(分割) : 할렬과 유사하지만 횡단면 할렬이 확대되어 횡단면 쪽의 두 재면이 연결되어 터진 것.
- (4) 웅이 : 출현이 많은 형질적 결함으로써 가지가 목질 내부로 말려 들어가 생긴 것.
- (5) 둥근모 : 제재품의 귀통이나 모서리가 수피로 덮여 있거나 또는 둥근모양을 이루는 것.
- (6) 백반(白斑) : 곰팡이에 의한 것으로 흰색의 작은 반점이 생긴 것.
- (7) 부후(腐朽) : 목재의 부후 곰팡이에 의해 목질 성분이 분해된 것.
- (8) 청변(靑變) : 목재가 부분적으로 곰팡이에 의해 목질 성분이 분해된 것.
- (9) 길이굽음 : 판재의 재면이 길이방향으로 휨 것.
- (10) 너비굽음 : 판재의 재면이 너비방향으로 휨 것.
- (11) 측면굽음 : 판재의 측면이 길이방향으로 휨 것.
- (12) 비틀림 : 판재가 건조 중에 비틀림 작용에 의해 비틀린 것.

#### 5) 목재 조경시설물의 품질상 문제점<sup>7)</sup>

목재시설의 경우, 목재의 소재특성, 제재, 건조, 방부, 가공과 정상의 목재의 품질에 대한 기준과 가공과정의 표준화의 미비로 인하여 목재품질이 불안정한 상태이며, 이로 인하여 현장에서 품질관리에 많은 어려움을 가져다 주는 요인이 되고 있다. 목재시설물의 목재품질상의 문제점과 원인을 정리해 보면 다음과 같다.

- (1) 균열 : 목재건조 불량, 노목 사용, 제작설치과정 부실, 현장보관 불량, 마감 불량, 기상요인
- (2) 뒤틀림 : 건조 불량, 제재 불량, 현장보관 불량, 마감 불량, 기상요인
- (3) 파손 : 불량목재 사용, 시공중 부주의, 현장여건 불량
- (4) 웅이 : 불량목재 사용, 검사기준 미비
- (5) 목재질의 불균일 : 불량목재 사용, 검사기준 미비

#### 6) 목재 조경시설물의 품질하자 유형

전술한 목재의 형질적 결함 유형과 목재 조경시설물의 품질 문제점을 종합해 볼 때, 조경용 목재시설물의 하자 유형을 다음과 같이 요약할 수 있다<sup>8)</sup>.

#### (1) 균열

태양광선에 직접 노출되면서 반복적인 젖음과 건조가 발생하는 목재표면에는 미세한 할렬부터 크고 깊은 갈라짐 현상까지 발생된다. 이러한 결함들은 횡단면에서 심하게 발생하나, 방사나 접선단면에서도 발생하는데, 발생 초기에는 눈에 띄지 않을 정도로 미세하나, 시간이 경과되면서 점진적으로 커진다.

할렬이나 갈라짐은 못 등 금속결합물의 유지력을 감소시켜 목재간 접합부를 약화시킬 뿐만 아니라 이들을 통해 목재내부로 침투한 수분이 할렬 내부의 함수율을 부후균의 생육에 적합한 수준으로 상승시키기 때문에, 종종 할렬의 끝 부분은 내부 부후의 개시점이 된다.

#### (2) 틀어짐

함수율 변화에 따라 건조재는 팽윤과 수축을 반복한다. 팽윤과 수축이 반복되면서 목재 내에는 길이굽음, 측면굽음, 너비굽음, 비틀림 등의 틀어짐을 야기하는 응력이 발생된다. 횡단방향 수축이방성 때문에 정목재에 비하여 판목재의 틀어짐 발생이 심하며, 또한 목리경사가 심한 목재 또는 고비중의 압축 이상재를 포함하는 목재 등에서 틀어짐 발생이 심하다.

#### (3) 웅이

성장 중에 가지가 목질내부로 말려 들어가 생긴 생웅이와 죽은 가지가 목질내부로 말려들어가 생긴 죽은웅이가 있다. 웅이가 발생된 목질부는 가공이 곤란하고 외관을 손상시키며 인장 및 휨 강도가 저하된다.

#### (4) 부후

부후는 미생물이 목재 세포벽을 공격하여 목재를 썩게 하는 것으로 목재에 피해를 입히는 미생물로는 진균과 세균이 있다. 부후가 진행되면서 목재의 색상 변화는 침입한 균사의 색과 농도, 목재 내의 세포벽 구성 요소와 색소물질의 화학적 변화와 파괴, 균에 의한 독특한 발색물질의 형성으로 그 색상이 변한다.

## 2. 조사·분석 결과

### 1) 조사대상 시설물의 개요와 목재 종류별 현황

단지별 목재시설물의 현황조사 결과, 총 68개 시설물이 조사되었으며, 기둥의 개수는 314개, 총면적 511.89m<sup>2</sup>로 조사되었다(표 4 참조). 각 목재 종류별 시설물의 갯수는 미송 34개소, 니아도 10개소, 부켈라 14개소, 말라스 10개소로 미송이 55%를 차지하는 것으로 조사되었다(표 5 참조).

표 4. 단지별 조사시설물의 개요와 목재 종류

단지 구분	시설물 NO.	시설물 유형	목재 종류	기둥 개수	기둥면적 (m <sup>2</sup> )
A	A-1	파고라	부켈라	4	5.92
	A-2	육각정자	부켈라	6	7.92
	A-3	사각정자	미송	4	7.56
B	B-1	사각정자	미송	4	12.40
C	C-1	사각정자	니아토	4	5.85
	C-2	사각정자	니아토	4	5.85
	C-3	사각정자	미송	4	7.39
	C-4	사각정자	미송	4	7.39
D	D-1	사각정자	니아토	4	5.85
	D-2	사각정자	니아토	4	5.85
	D-3	사각정자	니아토	4	5.85
	D-4	사각정자	미송	4	7.39
	D-5	사각정자	미송	4	7.39
	D-6	사각정자	미송	4	7.39
E	E-1	사각정자	미송	4	7.64
	E-2	사각정자	미송	4	7.64
	E-3	사각정자	미송	4	7.64
	E-4	사각정자	니아토	4	5.85
	E-5	사각정자	니아토	4	5.85
	E-6	사각정자	미송	4	7.90
	E-7	사각정자	미송	4	7.90
	E-8	사각정자	미송	4	7.90
	E-9	사각정자	미송	4	7.90
F	F-1	사각정자	미송	4	6.93
	F-2	사각정자	미송	4	6.93
	F-3	사각정자	부켈라	4	7.69
	F-4	파고라	미송	3	6.92
G	G-1	전통정자	미송	6	13.66
	G-2	셸터	부켈라	6	5.75
	G-3	파고라	부켈라	4	3.48
	G-4	셸터	부켈라	2	1.92
	G-5	파고라	부켈라	2	1.92
H	H-1	팔각정자	니아토	8	13.26
	H-2	파고라	미송	8	13.55
	H-3	육각정자	니아토	6	13.26
	H-4	육각정자	니아토	6	13.26
I	I-1	육각정자	미송	6	10.50
	I-2	셸터	부켈라	2	2.60
	I-3	셸터	부켈라	2	2.60
	I-4	셸터	부켈라	2	2.60
	I-5	셸터	부켈라	2	2.60

(표 4. 계속)

J	J-1	파고라	미송	4	1.04
	J-2	파고라	말라스	4	4.96
	J-3	육각정자	미송	6	10.58
	J-4	파고라	말라스	4	2.16
	J-5	파고라	미송	4	2.18
	J-6	파고라	미송	4	2.18
	J-7	파고라	미송	4	2.18
K	K-1	파고라	말라스	6	9.56
	K-2	파고라	말라스	6	11.20
	K-3	파고라	말라스	6	9.56
L	L-1	전통정자	미송	8	13.80
	L-2	사각정자	말라스	8	7.39
	L-3	셸터	말라스	5	6.72
	L-4	전통정자	미송	8	13.80
M	M-1	사각정자	미송	4	6.80
N	N-1	파고라	미송	4	3.67
	N-2	사각정자	부켈라	4	6.70
O	O-1	셸터	부켈라	2	2.78
	O-2	사각정자	미송	4	7.18
	O-3	사각정자	미송	4	7.18
	O-4	사각정자	미송	4	7.18
	O-5	파고라	부켈라	4	6.99
P	P-1	전통정자	미송	8	17.00
	P-2	파고라	말라스	10	20.70
Q	Q-1	전통정자	미송	8	17.00
	Q-2	파고라	말라스	5	7.83
	Q-3	파고라	말라스	5	7.83
계	68개소			314	511.89

표 5. 목재 종류별 기둥재 면적

구분	미송	니아토	부켈라	말라스	전체
시설물 수량	34	10	14	10	68
기둥면적(m <sup>2</sup> )	281.74	80.75	61.49	87.90	511.89
비율(%)	55.0	15.8	12.0	17.2	100

2) 목재 종류별 균열하자 분석

(1) 균열길이 분석

목재 균열하자는 미송이 총 536개소로 압도적으로 많았으며, 다음은 말라스가 72개소이며, 부켈라와 니아토는 각각 8개소, 3개소로 매우 적은 수의 균열하자가 나타나고 있다(표 6 참조). 균열길이를 세부적으로 보면 미송은 전체 536개소 중 '미세'하

표 6. 목재 종류별 균열길이 분석

(단위: 개소)

분류	균열길이(mm)	미송		니아토		부켈라		말라스	
		수량	비율	수량	비율	수량	비율	수량	비율
'미세'하자	100 이상~250 미만	52	9.7	1	33.3	4	50.0	11	15.3
	250 이상~500 미만	87	16.2	2	66.7	1	12.5	26	36.1
'소'하자	500 이상~750 미만	76	14.2	0	0.0	2	25.0	10	13.9
	750 이상~1,000 미만	69	12.9	0	0.0	1	12.5	12	16.6
	소계	232	43.3	2	66.7	4	50.0	48	66.6
'중'하자	1,000 이상~1,250 미만	90	16.8	0	0.0	0	0.0	10	13.9
	1,250 이상~1,500 미만	52	9.7	0	0.0	0	0.0	1	1.4
	1,500 이상~1,750 미만	30	5.6	0	0.0	0	0.0	1	1.4
	1,750 이상~2,000 미만	29	5.4	0	0.0	0	0.0	1	1.4
	소계	201	37.5	0	0.0	0	0.0	13	18.1
'대'하자	2,000 이상~2,250 미만	40	7.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	2,250 이상~2,500 미만	11	2.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	소계	51	9.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
합계		536	100	3	100	8	100	72	100

자 52개소, '소'하자 232개소, '중'하자 201개소, '대'하자 51개소로 조사되었으며, '소'하자와 '중'하자가 전체의 80.8%를 차지하는 것으로 나타나 대부분 25cm~2m 길이의 균열하자를 보이고 있다.

니아토는 전체 3개소 중에서 '미세'하자 1개소, '소'하자 2개소로 조사되어 50cm 이내의 매우 작은 하자만 나타나고 있다. 부켈라는 전체 8개소 중에서 '미세'하자 4개소, '소'하자 4개소로 조사되어 대부분 75cm 이내의 비교적 작은 균열하자를 보이고 있다.

말라스는 전체 72개소 중에서 '미세'하자 11개소, '소'하자 48개소, '중'하자 13개소로 조사되었으며, '소'하자가 전체의 66.6%를 차지하는 것으로 나타나, 많은 부분 25cm~1m 길이의 균열하자를 보이고 있다.

목재 종류별 균열길이 분석을 동일한 기준에 따라 비교하기 위해 기둥재의 표면적(m<sup>2</sup>)당 하자 수량을 파악한 결과는 미송이 m<sup>2</sup>당 1.90개소로 압도적으로 높고, 다음으로 말라스가 0.83개소이고, 부켈라와 니아토가 각각 0.14개소, 0.04개소로 나타나 니아토의 하자 발생율이 매우 낮은 것으로 분석되었다(표 7 참조).

세부적으로 보면 미송은 '소'하자, '중'하자 등이 많이 발생하는 반면, 니아토와 부켈라는 '미세'하자와 '소'하자만 발생하며,

표 7. 기둥 단위면적당 균열길이 하자 수량 (단위: 개소/m<sup>2</sup>)

분류	균열길이(mm)	미송	니아토	부켈라	말라스
'미세'하자	100 이상~250 미만	0.19	0.01	0.07	0.13
'소'하자	250 이상~1,000 미만	0.82	0.03	0.07	0.55
'중'하자	1,000 이상~2,000 미만	0.71	0.00	0.00	0.15
'대'하자	2,000 이상~2,500 미만	0.18	0.00	0.00	0.00
합계		1.90	0.04	0.14	0.83

말라스는 '중'하자도 일부 발생하는 것을 알 수 있다. 따라서 수입활엽수재(hardwood)의 균열하자가 미송에 비해 현저히 적게 발생하는 것으로 판단된다.

(2) 균열폭 분석

미송은 전체 균열하자 536개소 중에서 균열폭에서는 '미세'하자 288개소, '소'하자 185개소, '중'하자 55개소, '대'하자 8개소로 조사되었으며, '미세'하자와 '소'하자가 전체의 88.2%를 차지하는 것으로 나타나 대부분 0.5mm~5mm 폭의 균열하자를 보이고 있으나 '중'하자도 10.3%나 나타났으며, 10mm 이상의 '대'하자도 8개소나 조사되었다(표 8 참조).

니아토와 부켈라는 모두 '미세'하자 부분에만 조사되어 2mm 이내의 작은 균열하자를 보이고 있으며, 말라스는 전체 72개소 균열 하자의 폭 중에서 '미세'하자 68개소, '소'하자 4개소로 조사되어 '미세'하자가 94.4%로 차지하는 것으로 나타나, 대부분 2mm 이내의 작은 균열하자를 보이고 있다(표 8 참조).

이를 통해 볼 때 균열 폭의 분석결과, 니아토, 부켈라, 말라스 등은 대부분 2mm 이하의 '미세'하자만 발생하는 것을 알 수 있다.

균열폭을 기둥재의 표면적(m<sup>2</sup>)당 하자 수량을 파악한 결과, 전체 하자 수는 미송이 m<sup>2</sup>당 1.90개소, 말라스가 0.83개소, 부켈라와 니아토가 각각 0.14개소, 0.04개소로 균열길이 분석과 동일하다(표 9 참조).

세부적으로 살펴보면 미송은 '미세'하자부터 '대'하자까지 나타난 반면, 니아토와 부켈라는 '미세'하자만 나타났으며, 말라스는 '소'하자까지만 나타나고 있어 수입활엽수재(hardwood)의 균열 폭도 미송에 비해 매우 작게 발생하는 것으로 판단된다(표 9 참조).



표 8. 목재 종류별 균열폭 분석

(단위: 개소)

분류	균열폭(mm)	미송		니아토		부켈라		말라스	
		수량	비율	수량	비율	수량	비율	수량	비율
'미세'하자	0.5 이상~1.0 미만	88	16.4	3	100.0	6	75.0	28	39.0
	1.0 이상~2.0 미만	200	37.3	0	0.0	2	25.0	40	55.5
	소계	288	53.7	3	100.0	8	100.0	68	94.4
'소'하자	2.0 이상~ 3.0 미만	98	18.3	0	0.0	0	0.0	4	5.5
	3.0 이상~ 4.0 미만	65	12.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	4.0 이상~ 5.0 미만	22	4.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	소계	185	34.5	0	0.0	0	0.0	4	5.6
'중'하자	5.0 이상~ 6.0 미만	31	5.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	6.0 이상~ 7.0 미만	12	2.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	7.0 이상~ 8.0 미만	8	1.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	8.0 이상~ 9.0 미만	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	9.0 이상~ 10.0 미만	3	0.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	소계	55	10.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
'대'하자	10.0 이상~ 11.0 미만	4	0.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	11.0 이상~ 12.0 미만	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	12.0 이상~ 13.0 미만	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	13.0 이상~ 14.0 미만	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	14.0 이상~ 15.0 미만	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	15.0 이상~ 16.0 미만	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	소계	8	1.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
합계		536	100	3	100	8	100	72	100

표 9. 기둥 단위면적당 균열폭 하자 수량 (단위: 개소/m<sup>2</sup>)

분류	폭(mm)	미송	니아토	부켈라	말라스
'미세'하자	0.5 이상~2.0 미만	1.02	0.04	0.14	0.78
'소'하자	0.2 이상~5.0 미만	0.66	0.00	0.00	0.05
'중'하자	5.0 이상~12.0 미만	0.19	0.00	0.00	0.00
'대'하자	12.0 이상~16.0 미만	0.03	0.00	0.00	0.00
합계		1.90	0.04	0.14	0.83

(3) 목재 종류별 강도와 단위면적당 균열하자 비교분석

목재의 기계적 속성인 강도와 균열하자를 비교하여 강도에 따라 균열하자율이 저감하는지 분석하였다. 4가지 목재의 압축 강도와 휨 강도를 높은 순으로 나열하여 균열하자 수와 비교해 보면 말라스가 높은 강도를 나타냈으나, 분석 결과는 니아토나

표 10. 목재 종류별 강도와 단위면적당 균열하자 비교

구분 (강도 순위)	목재 종류	압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	휨강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	단위면적당 균열하자 수 (개소/m <sup>2</sup> )
1	말라스	724	1,336	0.83
2	부켈라	501	989	0.14
3	니아토	304~534	806~1,011	0.04
4	미송	477	830	1.90

부켈라보다 하자가 더 많이 발생하였음을 보여주고 있다(표 10 참조). 따라서 목재의 강도가 높다고 균열 하자가 적게 발생하지는 않는 것으로 나타나, 목재의 균열하자와 목재강도 사이에 상관관계가 크지 않은 것으로 판단된다.

(4) 목재 종류별 단가와 단위면적당 균열하자 비교분석

목재 사용의 경제성을 파악하기 위해 목재 종류별 단가와 균열하자를 비교 분석하였다. 휴게시설물의 목재기둥의 규격과 가장 근접한 각재규격으로 3,600×200×200mm 규격의 단가를 조사하였다<sup>9)</sup>.

조사결과, 부켈라의 단가가 가장 높고, 말라스와 니아토가 비슷하며, 미송이 저렴함을 알 수 있다. 그러나 균열하자율과 비교하면 미송이 니아토에 비해 절반 가격이나, 균열하자 수는 47배 이상 조사되어 경제적으로 볼 때 불리한 것으로 판단된다(표 11 참조). 분석 결과를 보면 단가 대비 균열하자율 측면에서 볼 때 니아토가 가장 유리한 것으로 판단된다.

표 11. 목재 종류별 단가와 단위면적당 균열하자 비교

구분	미송	니아토	부켈라	말라스
목재 단가(원/m <sup>3</sup> )	1,261,270	2,695,280	2,845,020	2,696,860
단위면적당 균열하자 수 (개소/m <sup>2</sup> )	1.90	0.04	0.14	0.83

## V. 결론

본 연구는 목재 조경시설물에 사용되는 미송, 부켈라, 니아토, 말라스 목재 4종류를 대상으로 목재의 균열하자를 조사·분석하여 시공자로 하여금 적절하게 목재를 사용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 진행하였다.

본 연구의 주요 결과를 요약하면 조사 결과, 목재 균열하자는 미송이 총 536개소로 압도적으로 많았으며, 다음은 말라스가 72개소, 부켈라와 니아토는 각각 8개소, 3개소로 매우 적은 수의 균열 하자가 조사되었다.

목재 종류별 균열길이 분석 결과를 보면 미송은 대부분 25cm~2m의 균열길이를 보이고 있으며, 니아토는 모두 50cm 이내의 작은 균열길이만 나타나고 있다. 부켈라는 대부분 75cm 이내의 비교적 작은 균열길이를 보이고 있으며, 말라스는 25cm~1m의 균열길이가 많이 나타나고 있다. 기둥의 표면적(m<sup>2</sup>)당 하자 수량을 파악한 결과는 미송이 m<sup>2</sup>당 1.90개소로 압도적으로 높고, 다음으로 말라스가 0.83개소, 부켈라와 니아토가 각각 0.14개소, 0.04개소로 나타나, 니아토의 하자 발생율이 매우 낮은 것으로 분석되었다.

균열폭 분석 결과를 보면 미송은 대부분 0.5mm~5mm 폭의 균열하자를 보이고 있으며, 니아토와 부켈라, 말라스는 대부분 2mm 이내의 작은 균열하자를 보이고 있다. 기둥의 표면적(m<sup>2</sup>)당 하자 수량을 파악한 결과는 미송은 '미세' 하자부터 '대' 하자까지 나타난 반면, 니아토와 부켈라는 '미세' 하자만 나타났으며, 말라스는 '소' 하자까지만 나타나고 있어 수입활엽수재(hardwood)의 하자 발생율이 매우 낮은 것으로 분석되었다.

목재 종류별 강도와 균열하자를 비교해 보면 목재의 강도는 말라스가 우수하였으나, 하자는 니아토가 더 적게 발생하는 것으로 분석되어 목재의 강도가 높다고 목재의 하자가 적게 발생하는 것은 아니라는 것을 알 수 있었다.

목재 종류별 단가와 균열하자 비교에서는 미송이 가장 저렴하나 균열하자가 많이 발생하며, 니아토의 균열하자가 매우 적게 발생한 것으로 나타나, 하자처리비용을 감안할 때 니아토가 경제적인 측면에서 유리하다고 판단된다.

본 연구는 목재 조경시설물 설치 시 시공자로 하여금 적합한 목재 사용의 판단 지침을 제공하고, 이를 통해 목재 조경시설물의 품질향상과 하자저감에 기여할 수 있을 것이다. 본 연구는 조사대상을 휴게시설물의 기둥재로 한정하고, 시공 후 2년이 경과한 단지만 조사함으로써 다양한 시설물의 하자유형과 장기간 하자에 대해서는 연구결과를 일반화하는데 다소의 어려움이 있다고 사료된다. 따라서 향후 다양한 목재시설물을 대상으로 장기간에 걸친 목재 종류별 하자상황을 조사하여, 보다 객관적인 결과를 도출할 필요가 있을 것으로 판단된다.

또한 현재 목재 조경시설물의 하자 판정기준이 없어 이에 대한 연구가 시급하며, 하자 판정기준이 수립되어야 하자에 대한 논란

없이 합리적인 하자처리가 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

- 주 1. 금진목재, (주)대현목재, 산림조합중앙회목재유통센터, (주)영림목재, 경원목재, 동화기업, 이진산업, 한솔천연자원, 대성목재, 영풍목재, 수풍산업 등 13개 목재유통업체에 직접 전화하여 조사함.
- 주 2. 조경시설물 제작 판매업체 8개 업체를 직접 전화하여 조사함
- 주 3. 조재명, 강선구, 허남주, 박상진(1988). 원색 세계목재도감. 서울: 선진문화사. pp 95-172, 한국열대목재연구원(2003). 수입원목 도감. 서울: 중앙. p.195 의 내용을 요약 정리함.
- 주 4. 나무갓(texture of wood)은 목재 세포요소의 크기와 배열 및 분포량에 의해 나타나는 재면의 상태를 말함.
- 주 5. 조재명, 강선구, 허남주, 박상진(1988). 앞의 책. 한국열대목재연구원(2003). 앞의 책에서 발췌함.
- 주 6. 김운수, 김영숙, 김규혁(2004). 목재보존과학. 광주: 전남대학교출판부. p. 18, 대한주택공사 주택연구소(1999). 조경시설물 상세설계 매뉴얼. p. 156의 내용을 요약 정리함.
- 주 7. 이상석, 최기수(1997). 조경시설공사의 시공품질 분석을 통한 품질관리 항목의 중요도 연구. 한국조경학회지 25권 3호 p.7의 내용을 요약함.
- 주 8. 김운수, 김영숙, 김규혁(2004). 앞의 책. pp.39-155를 참고하여 요약 정리함.
- 주 9. 한국목가협회에서 발행하는 한국목가자료 2010년 9월호에 게재된 가격을 기준으로 동일한 조건(대패가공 목재)과 동일한 규격(3,600×200×200mm 미만)의 목재의 업체별 단가를 조사하여 평균단가를 구하였으며 m<sup>3</sup>당 단가로 환산함.

## 인용문헌

1. 김운수, 김영숙, 김규혁(2004) 목재보존과학. 광주: 전남대학교 출판부. pp. 18.
2. 김종만, 이원희, 김정환(2001) 고온수증기처리 목재의 전단강도 특성. 목재공학 295(4): 9-15
3. 대한주택공사 주택연구소(1999) 조경시설물 상세설계 매뉴얼. pp. 156.
4. 문봉기(2005) 공동주택의 하자원인 분석 및 대책에 관한 연구. 삼척대학교 산업대학원 석사학위논문.
5. 변미승(2001) 목재시설물의 선호도 및 이미지 분석. 고려대학교 대학원 석사학위논문. pp. 2.
6. 송만재(2002) 목조건축용 주요 수입목재의 열화특성에 대한 연구. 국민대학교 대학원 석사학위논문. pp. 1.
7. 심국보, 이도식, 박정환, 홍인표(2000) 국내 유통목재의 강도특성 분석. 한국목재공학회 학술발표논문집. pp. 48-51
8. 이상석, 최기수(1997) 조경시설공사의 시공품질 분석을 통한 품질관리 항목의 중요도 연구. 한국조경학회지 25(3): 7.
9. 이은영(2005) 국내·외산 목재의 물리적 특성에 관한 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문.
10. 임지택(2009) 조경시설물의 품질 보증 방안에 관한 연구: 조경시설물 하자발생 사례를 중심으로. 한양대학교 공학대학원 석사학위논문.
11. 조재명, 강선구, 허남주, 박상진(1988) 원색 세계목재도감. 서울: 선진문화사. pp. 95-172.
12. 한국열대목재연구원(2003) 수입원목도감. 서울: 중앙. pp. 195.
13. 한권영(2008) 조경 목재시설물의 갈라짐 실태 및 하자 저감방안: 조경현장의 파고라. 정자 기둥재를 중심으로. 한경대학교 산업대학원 석사학위논문.
14. Eaton R. A. and M. D. C. Hale(1993) Wood - Decay, Pests, and Protection. London: Chapman & Hall.

원 고 접 수 일: 2012년 5월 4일  
 심 사 일: 2012년 6월 11일(1차)  
 2012년 6월 26일(2차)  
 계 재 확 정 일: 2012년 6월 27일  
 3인익명 심사필