

## 일본에 있어서 산림토목 목재구조물 설계지침에 관한 연구(1)\*

- 목재의 이용과 특성, 조사 및 계획을 중심으로 -

전근우<sup>1)</sup> · 김민식<sup>1)</sup> · 김윤진<sup>2)</sup> · 염규진<sup>1)</sup> · 江崎次夫<sup>3)</sup>

## Study on design indicator for wood structure of forest engineering works in Japan(1)\*

- Focus on use and characteristic of wood, investigation and planning -

Kun-Woo Chun<sup>1)</sup>, Min-Sik Kim<sup>1)</sup>, Youn-Jin Kim<sup>2)</sup>,  
Kyu-Jin Yoem<sup>1)</sup> and Tsugio Ezaki<sup>3)</sup>

### 요 약

일본에서 2004년도에 발행된 산림토목 목재구조물 시공 매뉴얼에 실려 있는 산림토목 목재구조물 설계지침은 총설, 목재의 이용과 특성, 조사, 계획 및 설계 등으로 구성되어 있으며, 이 논문에서는 총설, 목재의 이용과 특성, 조사 및 계획에 대하여 분석하였다.

분석 결과, 목재의 특성은 목재의 물리·화학적 특성, 환경에의 영향, 심리·생리적인 효과 및 목재의 부후성에 대해 정리되어 있으며, 조사항목은 유수에 의한 영향의 정도, 일사의 정도, 흰개미의 생식 유무, 지표수 및 지하수의 유하 상황, 계류 등에 서식하는 동식물의 상황, 물이용 상황 등이 제시되었다. 또한 계획에서는 목재구조물의 구조와 설치장소, 취급방법, 해당 지역의 목재·간벌재의 이용, 방부처리 등에 대하여 설명되어 있다.

### ABSTRACT

The design instruction put in the wood structure construction manual of forest engineering works issued in Japan in 2004 is composed of the introduction, the use and characteristic of wood, investigation, planning, design, and etc. of wood structures. We analyzed the introduction, the use and characteristic of wood, investigation and planning for wood structures.

By the results, the contents on the characteristic of wood are shown about physical and chemical properties of wood, the environmental influence, psychological and

\* 이 논문은 2002년도부터 2005년까지 농림기술관리센터에서 지원받은 농림기술개발사업(연구과제명 : 소형 목재 사방댐 개발에 관한 연구)에 의해 진행되었음.

- 1) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 : Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.
- 2) 강원대학교 대학원 임학과 : Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.
- 3) 日本, 愛媛大學 農學部 : Faculty of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan.

physiological effects, and rot of wood. The investigation items include the effective degree by flow and insolation, white ant's genital existence, flow conditions of surface water and ground water, situations of flora and fauna to live in mountain stream, the condition of water use, and etc. Also, the contents for the planning are explained for the structure, installation features, treatments, use of wood and lumber in the regions, preservative treatment, and etc.

*Key words : wood structure construction manual, forest engineering works, the use and characteristic of wood, investigation and planning for wood structures*

## I. 서 론

목재를 이용한다는 것은 목재가 재생산이 가능하고, 가공에 필요한 에너지가 적으며, 인간과 환경에 잘 어울리는 소재라는 것, 유효이용이 환경에 부하가 적은 순환형사회의 형성에 기여한다는 것, 산림의 정비 및 보전을 통해 이산화탄소를 흡수 및 고정하여 지구온난화방지 등의 산림의 다면적 기능에 기여한다는 장점이 있다. 또한 지역 사회의 목재를 적극적으로 이용하는 것은 지역 산림의 정비에 기여할 뿐 아니라 지역의 활성화에 이어진다는 것이다(河川環境管理財團, 2003; 日本治山治水協會・日本林道協會, 2004). 이러한 관점에서 볼 때 각 방면에서 목재의 적절한 이용을 적극적으로 추진하는 것이 중요하다.

일본에서 발행된 「平成17年版 森林土木製構造物施工マニュアル」은 간벌제 등을 이용한 목재구조물의 조사, 계획, 설계, 시공 상의 지침을 정해 목재의 유효하고도 적극적인 이용을 추진하는 것을 목적으로 하고 있다. 이는 산림토목분야에 있어서 목재구조물에 관한 현시점에서의 표준적인 기본사항을 정리한 것으로 앞으로의 기술 발달, 관련법령의 개정과 폐지 등에 따라 개정하는 것으로 되어 있다.

여기서 목재구조물이란 통나무, 제재 및 목제품을 주요 재료로 하는 구조물로 ① 안정계산, 부재응력계산 등을 필요로 하지 않는 장소에 설치하는 간단한 것과 ② 안정성 계산, 부재응력계산 등을 필요로 하는 장소에 설치하는 것으로 구분된다. 즉 집성재를 사용한 목재구조물 등은 재료특성, 설계방법이 통나무, 제재 및 목제품을 주요한

재료로 하는 목재구조물과 다르기 때문에 이 지침의 대상으로 하지 않는다. 또한 ②의 목재구조물에 대해서는 취급할 때에 충분한 주의를 요한다.

## II. 목재의 특성과 이용

목재를 목재구조물의 재료로 사용하는 경우에는 목재가 목재구조물의 목적, 요구되는 기능에 일치되는 재료라는 것을 확인하고, 목재의 특성을 살린 적절한 이용에 유의할 필요가 있다.

### 1. 목재의 특성

목재는 가벼워서 취급이나 운반이 용이하며, 가공이 간단하고 공작설비가 간편하다. 또한 비중이 작는데 비하여 강도가 크며, 소리나 진동, 충격에 대해 흡수성이 높다. 그리고 외관이 아름답고 주위의 경관과 환경에 조화롭다는 이점이 있는 반면에 썩기 쉽고, 재질이 균일하지 않으며, 치수가 변화하고 연소하는 등의 단점이 있다. 따라서 목재를 이용할 때에는 다음과 같은 목재 및 목재구조물의 특성을 충분히 이해해야 할 필요가 있다.

#### 1) 물리·화학적인 성질

##### ① 목재의 조직

목재는 주변의 색이 옅은 변재와 중심의 색이 짙은 심재로 나눌 수 있다. 변재는 수분 등의 통로의 역할을 하는 조직으로 당, 전분, 질소화합물이 많고 내후성은 작다. 심재는 변재에 화학물질

이 침착하여 가치를 지탱하는 조직이 된 것으로 추출성분이 많고 내후성은 크다.

유령기에 만들어 진 세포는 길이가 짧으며, 휘는 정도를 나타내는 영계수가 작고 강도가 떨어지기 때문에 미성숙재(침엽수에서는 약 15년생까지)라고 한다. 간벌재·소경재는 강도적인 성능이 떨어지는 미성숙재의 비율이 높다.

### ② 목재의 함수율

목재의 실제 무게에 대한 전체 함유수분의 무게 비율을 함수율이라고 한다.

벌채 직후의 건조하지 않은 상태의 목재를 생재(生材)라고 하지만, 침엽수의 경우는 심재에 비해 변재의 함수율이 높아 100~200%에 달한다. 생재를 장기간 방치해 두면 점차 건조하여 일정한 함수율(기건함수율)이 된다. 그 때의 함수율은 지역이나 계절 등에 따라 다르지만, 일반적으로는 12~15% 정도이며, 그 상태의 목재를 기건재(氣乾材)라고 한다.

목재는 건조 상태에 따라 수축·팽창을 반복하며, 이방성(異方性)이 있기 때문에 갈라지거나 휘다. 함수율이 20% 이하에서는 부후균의 활동이 억제되어 썩기 어렵다. 또한 섬유포화점(약 30%)보다 함수율이 낮아지면 결합수가 감소하며, 함수율의 저하에 따라 강도가 증가한다.

### ③ 목재의 강도

목재의 인장강도는 철보다 약하지만, 콘크리트보다 강하다. 또한 목재의 밀도는 철에 비해 작기 때문에 강도를 밀도로 나눈 비강도(比強度)는 철을 상회한다.

목재는 섬유세포가 축방향으로 배열된 구조를 하고 있고, 이방성을 갖기 때문에 하중이 걸리는 방향에 따라 강도가 다르다. 압축강도, 인장강도는 섬유방향의 강도가 섬유에 직각방향의 강도보다 5~30배 정도 크다. 또한 목재는 생물재료이기 때문에 강도는 수종, 부위, 생육환경 등에 따라 다르며, 균일하지 않다.

### ④ 목재의 열화

목재는 부후·개미 등에 의한 열화에 의해 강

도저하를 일으키며, 이것이 목재구조물의 내구성을 좌우한다.

부후는 목재 부후균이 목재를 영양원으로 하여 번식하므로 발생한다. 목재가 썩으면 변색되고, 약화되어 말기에는 손가락에 의해서도 쉽게 부서질 정도가 된다. 목재가 썩는 조건으로는 영양분·수분·산소·온도를 들 수 있다. 즉 목재의 수피는 영양분이 풍부하기 때문에 수피를 벗기는 것이 내후성이 높아지며, 항균성분이 있는 수종이나 심재부분은 잘 썩지 않는다. 또한 함수율이 40~150% 정도의 환경 하에서 부후가 진행되기 쉽고, 함수율이 20% 아래로 내려가면 목재 부후균의 활동은 정지하지만, 재차 수분이 주어지면 활동을 개시한다. 그리고 목재 부후균은 호기성(好氣性)이므로 목재가 물 속이나 땅 속 등과 같이 산소가 차단되는 환경에 있으면 썩지 않는다 또한 저온에서는 생육이 늦고, 20~35℃에서 왕성하게 생육하며, 고온에서는 생육이 나빠져 사멸하던지 포자를 만들어 휴면상태에 들어간다.

개미에 의한 피해는 주로 흰개미와 야마도흰개미에 의한 식해(食害)이다. 흰개미는 관동 이남의 해안선 연안의 온난한 지역에 분포하며, 발생빈도는 낮지만 피해는 크다. 야마도흰개미는 북해도를 제외한 일본 전국에 분포하며, 목재 부후균과 마찬가지로 습윤한 환경을 좋아하기 때문에 부후와 함께 개미에 의한 피해가 진행되는 일이 많다.

## 2) 환경에의 영향

### ① 이산화탄소의 고정

목재는 수목이 지구온난화의 원인 중에 하나인 공기 중의 이산화탄소를 흡수하고, 태양 에너지에 의해 수간 등에 탄소로서 고정 축적시키는 것으로 절건중량의 약 1/2이 탄소이다. 따라서 목재를 장기적으로 이용하면 이산화탄소의 고정기간을 늘릴 수가 있고, 또한 간벌재의 유효이용과 간벌을 추진하여 건전한 산림을 육성하게 되면 산림의 이산화탄소 고정량을 늘릴 수 있다.

### ② 환경부하

목재는 수목이 빛에너지를 이용하여 계속적으로 생산하고 있는 것이다. 또한 가공, 재이용·폐

기가 용이하며, 이산화탄소의 배출량 등, 환경에 미치는 부하가 작다. 목재가 화석연료를 많이 사용하는 재료(콘크리트·철 등)의 대체재로 이용하게 되면 이산화탄소의 배출량을 억제할 수 있다.

### ③ 생물재료

목재는 자연상태로 산림이나 계류에 존재하며, 중요한 구성요소이기도 하고, 생태계나 환경의 유지에 반드시 필요한 생물재료이다. 또한 목재 상태로 남겨둬도 썩어 환원되기 때문에 생태계에 미치는 영향이 적다.

## 3) 심리·생리적인 효과

### ① 촉각·후각적 효과

목재는 열을 전달하는 정도를 나타내는 열전도율이 작기 때문에 만졌을 때 열이 잘 빠져 나가지 않으며, 온기가 있다. 더구나 탄성이 적당하며, 감촉이 부드럽다. 또한 목재의 향기는 기분을 편안하게 하는 효과가 있다.

### ② 시각적 효과

목재는 기분을 좋게 하는 생물재료이므로 사람들이 자주 보는 장소의 구조물 재료로 사용하게 되면 구조물 자체에 대한 위화감을 해소하게 된다.

## 2. 목재의 내후성

목재는 주로 부후에 의해 열화하며, 열화에 따라 목재 및 구조물의 내용연수가 좌우된다. 목재의 내후성은 수종·재질(심재와 변재의 차이 등)에 따라서도 다르지만, 그보다는 목재가 사용되는 환경(수분, 일사 등)에 의해 크게 영향을 받는다. 예를 들면 물속에서 장기간 동안 기능을 발휘하고 있는 목재구조물이 적지 않다. 따라서 목재를 이용할 때에는 사용할 목재의 수종·재질, 사용환경면에서 목재의 내후성을 검토하여 적절한 이

용방안을 마련해야 한다.

## 3. 장기간 동안 기능을 발휘하고 있는 목재 구조물의 사례

### 1) 長野縣 御嶽山 濁澤의 목재구조물

長野縣 御嶽山의 남사면을 유하하는 濁澤에 설치된 낙엽송을 이용한 목재골막이 및 기슭막이에 대하여 설치 후 17년이 경과한 후에 부재를 채취하여 휨실험에 의해 휨강도를 측정하고, 천공저항 실험에 의해 부후두께(직경방향에서 측정한 부후부의 두께)를 측정한 결과는 그림 1, 2, 3과 같다. 또한 목재의 부후두께/전체 직경을 부후두께비라고 한다(石川 등, 2003).

- ① 골막이 부재는 17년이 경과한 후에도 부후두께가 0.6cm 이하로 부후의 진행이 매우 느려 건전한 부재와 거의 같은 강도를 갖고 있다(그림 1, 2). 이는 골막이 부재에 항상 유수가 흘렀기 때문이라고 생각된다.
- ② 기슭막이 부재는 계상으로부터의 높이에 따라 부후두께가 크게 다르다(그림 1, 2 참조). 즉 항상 유수가 흐르는 최하단부의 부재의 부후두께는 1cm 이하이며, 위쪽으로 갈수록 부후의 두께는 커지고, 휨강도도 작아진다.
- ③ 같은 수종을 부재로 사용할지라도 사용 환경, 특히 상수의 여부에 따라 내구성은 크게 다르다. 또한 기슭막이 상부가 특히 부후두께가 큰 것은 일사가 강하고, 건습의 변동이 크기 때문이다.
- ④ 목재의 휨강도는 부후두께비에 의해 거의 평가할 수 있다(그림 3 참조). 즉 직경에서 차지하는 부후두께의 비율이 커질수록 전체의 강도는 저하한다. 따라서 같은 부후두께 일지라도 직경이 굵은 목재일수록 강도의 저하는 작아지고, 부후성이 높아진다.

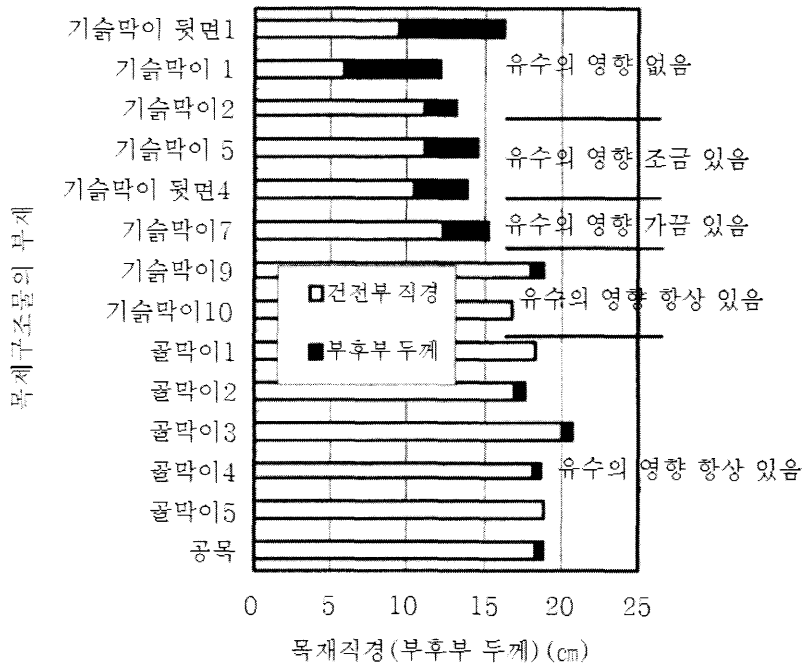


그림 1. 천공저항치에 의한 건전부 직경(ds)과 부후두께(dr)

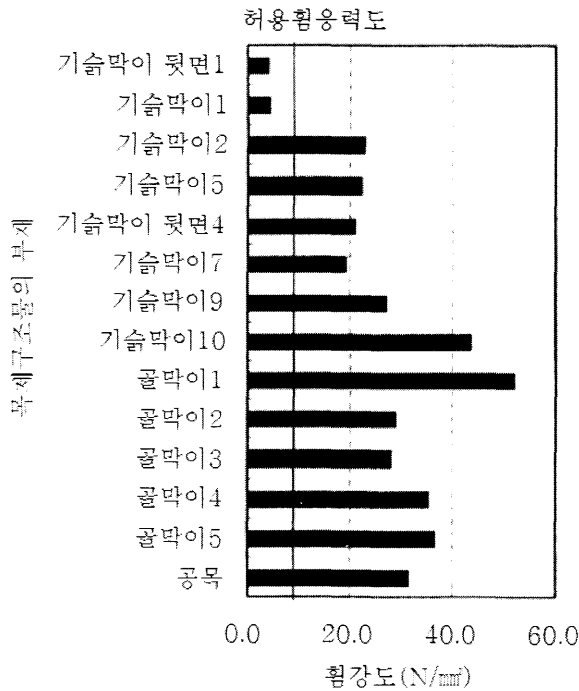


그림 2. 각 부재의 휨강도(전체 직경 dt로 계산)

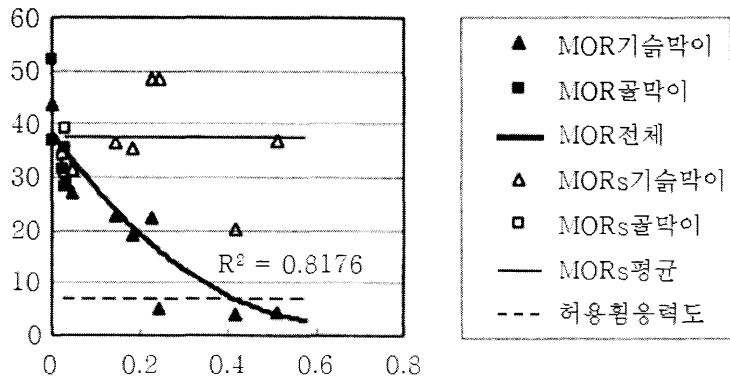


그림 3. 부후두께비(dr/dt)와 휨강도(MOR, MORs)

MOR은 전체 직경(dt), MORs는 건전부 직경(ds)로 계산

2) 青森縣 岩木川 坪毛澤의 목재골막이

青森縣 津輕半島의 岩木川 坪毛澤에 설치된 노송나무를 사용한 목재골막이에서는 설치 후 40~50년이 경과해도 기능을 충분히 발휘하고 있다고 보고되어 있다(唐牛, 1999a ; 1999b).

Ⅲ. 조 사 편

목재구조물의 계획, 설계 등을 합리적이고도 효율적으로 실시하기 위해서는 목재구조물의 목적, 기능에 따라 설치장소에 대한 사전조사를 실시해야 하며, 또한 안정계산, 부재응력계산 등을 필요로 하는 장소에 설치하는 목재구조물에 대해서는 원칙적으로 조사를 실시한다. 목재구조물의 설치에 관한 일반적인 조사는 치산기술기준, 임도기술기준 등에 의한다.

1) 조사내용

목재는 사용 환경에 따라 열화의 정도가 다르기 때문에 현지조사, 자료정리에 의해 목재구조물의 사용 환경에 관한 사항을 적절하게 파악한다. 즉 목재는 물속에 있는 상태에서는 잘 썩지 않지만, 건습의 변화가 심한 경우에는 썩기 쉽고, 사용 환경에 따라 열화의 정도가 다르기 때문에 현

지조사, 자료조사에 의해 목재구조물의 사용 환경에 관한 사항에 대하여 개괄적으로 파악해야 한다.

2) 조사항목

일반적인 조사항목은 전술한 바와 같이 ① 유수에 의한 영향의 정도, ② 일사의 정도, ③ 흰개미의 생식 유무 등이며, 방부처리 등이 수환경이나 인간생활에 영향을 미칠 우려가 있는 경우에는 위의 조사항목 이외에 필요에 따라 ① 지표수 및 지하수의 유하 상황, ② 계류 등에 서식하는 동식물의 상황, ③ 물이용 상황 등에 대하여 조사한다.

3) 정 리

조사결과는 계획, 설계할 때에 목재구조물의 내구성 등을 검토할 수 있도록 정리한다.

Ⅳ. 계 획 편

목재구조물을 설치하는 경우에는 목재의 특성에 유의해야 하고, 또한 구조물의 목적 등에 따라 규모, 설치장소, 취급방법 등을 적절하게 계획하며, 구조물의 기본적인 사항은 치산기술기준, 임도기술기준 등에 따른다.

### 1. 구조물의 규모 및 설치장소

#### 1) 목재구조물의 규모

예상하지 못한 원인에 의해 구조물이 파손돼도 그에 따른 피해나 영향이 적어야 하므로 일정한 규모가 필요한 경우에는 구조물을 복수로 하여 개개의 규모를 작게 한다.

#### 2) 설치장소

다음과 같은 조건에서는 목재구조물을 적극적으로 채택한다.

- ① 충돌완충효과, 방음효과 등 목재가 갖는 물리·화학적 특성을 살릴 수 있는 경우
- ② 계류환경의 창조·보전 등과 같은 환경에 미치는 영향을 고려할 경우
- ③ 목재사용에 의해 심리·생리적인 효과를 기대할 수 있는 경우
- ④ 토석류 등이 발생할 우려가 없는 소계류에 설치하는 댐공사나 댐면의 토압이 적은 흙막이, 옹벽 등의 목재구조물로 부재가 썩을 때까지 식생의 생육 등에 의해 그 기능을 대체할 수 있는 경우. 또한 대규모 사면, 급경사면에 산복공 등을 계획할 때에는 콘크리트, 강구조물과 함께 목재구조물을 사용하도록 한다.
- ⑤ 목재가 잘 썩지 않는 물 속, 땅 속에 설치하여 장기간의 기능발휘가 기대되는 경우
- ⑥ 비탈면의 각부 등과 같이 작용하는 토압 등이 매우 작은 장소에 배치할 경우
- ⑦ 도로의 횡단배수구 등의 간단한 공작물로 보수 등이 용이한 경우

- ⑧ 일시적으로 공사용 임시 방호책, 응급복구공사 등의 구조물로 사용할 경우

다음과 같은 조건을 가진 장소에서는 목재구조물의 이용을 피한다.

- ① 목재구조물을 설치하여 인명 등에 좋지 않은 영향을 미칠 우려가 있는 경우
- ② 대규모의 충격력이 목재구조물에 작용할 우려가 있는 경우
- ③ 장기간에 걸쳐 강도의 발현이 필요하지만, 검점, 보수 등의 곤란한 경우

### 2. 목재구조물의 취급

목재는 부후 등에 의한 열화를 피할 수 없기 때문에 목재구조물을 계획할 때에는 시공 이후의 취급방법을 충분히 검토한 후에 적절하게 계획한다. 구체적인 취급방법은 아래의 표-1과 같다.

### 3. 해당 지역의 목재·간벌재의 이용

바람직한 산림정비를 비롯한 순환형 사회의 형성, 지속가능한 사회의 현실 등의 관점에서 다면적 기능이 발휘되도록 산림의 정비를 통해 공급되는 해당 지역의 목재가 이용되는 방안을 촉진하는 것이 중요하다. 또한 산림이 갖고 있는 다면적 기능이 고도로 발휘되도록 적절한 간벌을 실시하여 산림을 육성할 필요가 있다. 간벌재를 이용하는 것은 건전한 산림의 육성에 기여하는 것이 되기 때문에 간벌재의 적극적인 이용에 노력하는 것이 중요하다.

표-1. 목재구조물의 취급구분과 내용

구 분	내 용
존 치	구조물의 필요성이 없어진 후에는 설치한 장소에서 썩어 자연에 환원되는 것
철 거	구조물의 필요성이 없어진 시점에서 정리하는 것
갱 신	부후 등에 의해 구조물의 기능이 없어진 시점에서 재차 설치하는 것

#### 4. 방부처리 등의 계획

목재보존제에 의한 목재의 방부·방충(특히 흰 개미)처리는 환경에 유의하면서 필요에 따라 적절하게 실시한다. 즉 목재의 방부, 방충처리는 목재구조물의 내구성을 향상시키지만, 목재보존제가 환경에 미치는 영향도 충분히 고려해야 한다.

특히, ① 유수·지하수에 접촉하는 구조물, ② 많은 사람이 접촉하는 구조물, ③ 희귀 동식물의 생식지에 설치하는 구조물에 대해서는 방부·방충처리의 필요성에 대해 신중해야 하며, 방부·방충처리를 실시하는 경우에는 적절한 방법에 의해 실행할 필요가 있다.

#### 5. 목재보존제와 처리방법

1) 방부, 방충처리에 사용하는 목재보존제는 안전성이 확인된 것을 사용해야 한다. 일본 공업규격(JIS)에 규정된 목재보존제에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 제4급 암모늄화합물계(AAC-1, AAC-2)
- ② 동·제4급 암모늄화합물계(ACQ-1, ACQ-2)
- ③ 동·아졸화합물계(CUAZ-1, CUAZ-2, CUAZ-3)
- ④ 붕소·제4급 암모늄화합물계(BAAC)
- ⑤ 제4급 암모늄·비에스테르필레스로이드화합물계(SAAC)1
- ⑥ 아졸·제4급 암모늄·비에스테르필레스로이드화합물계(AZAAC)
- ⑦ 지방산금속염계(NCU-E, NZN-E, VZN-E)
- ⑧ 나프텐산금속염계(NCU-O, NZN-O)
- ⑨ 아졸·네오니코치노이드화합물계(AZN)
- ⑩ 크레오소트유(A)

2) 방부·방충처리방법에는 가압식, 침적, 도포 등이 있으며, 효과나 경비를 고려하여 적절한 방법을 선정한다. 목재보존제의 침투성은 수중에 따라 다소의 차가 있지만, 일반적으로 변재는 침투하기 쉽고, 심재는 어렵다.

- ① 가압식 : 가압주입시설을 이용하여 가압

이나 감압을 조작하여 약제를 주입하는 방법으로 약제의 침투효과가 우수하고 방부효과의 신뢰성이 높다.

- ② 침 적 : 목재를 약제 조에 침적하여 처리하는 방법이다. 다량의 약제가 필요로 하고, 부분적인 처리가 불가능하다.
- ③ 도 포 : 간단하고 소규모의 설비로 실시할 수 있는 표면처리법이며, 보수방법으로도 이용된다. 약제의 침투 깊이가 불충분하고, 효과 유지기간이 길지 않다.

표-2. 심재에 대한 목재보존제의 침투성(수종별)

구 분	수 종
양 호	노송나무, 오리나무
약간 양호	삼나무, 소나무류, 솔송나무, 일본 전나무
곤 란	편백, 가문비나무, 분비나무, 전나무, 느티나무, 너도밤나무
매우 곤란	낙엽송, 밤나무, 상수리나무, 녹나무, 참나무류

(목재공학 핸드북으로부터 일부 수정)

### V. 결 론

일본에서는 사방과 하천사업을 담당하고 있는 부서에서 간벌재 및 목제품의 이용을 조직적으로 추진하고 있으며, 특히 임야공공사업 등에 있어서 목재구조물의 사용 확대와 보급을 추진하기 위해 목재구조물의 설계지침 등을 정해 놓고 있다. 또한 임야청 삼림정비부 계획과장 명의로 각 삼림관리국 삼림정비부장과 각 도도부현 조림·치산사업담당부장 앞으로 삼림토목 목재구조물의 잠정시공의 추가지정 및 해제를 통지하고 있다.

따라서 우리나라에서도 삼림청을 중심으로 삼림토목 목재구조물 시공 매뉴얼을 작성하고, 삼림토목 목재구조물 설계 등의 지침과 삼림토목 목재구조물 시공사례집 등을 발간하여 치산분야 등



에서 목재구조물의 사용 확대와 보급을 추진하기 위해 노력해야 할 것이다. 이를 위해서는 각 대학과 산림과학원을 중심으로 목재구조물의 채택 방안, 계획 및 관리 등에 대한 기초적인 연구가 병행되어야 할 것이다.

## VI. 인용문헌

1. 唐牛孝司. 1999a. 施工後40~80年が経過したヒバ材えん堤の現況について. 林業技術 691 : 20-21.
2. 唐牛孝司. 1999b. 既設木えん堤の現況について. 砂防學會誌 51(6) : 46-50.
3. (私)日本治山治水協會・日本林道協會. 2004. 平成17年版森林土木木製構造物施工マニュアル. 新和印刷株式會社. 379pp.
4. 石川芳治・内藤洋司・落合博貴・上原勇. 2003. 各種試験に基づく木製施設の耐久性, 腐朽度および曲げ強度評價法. 砂防學會誌 56(4) : 21-31.
5. (財)河川環境管理財團. 2003. 河川・砂防工事における木材活用工法ガイドブック(案). 山海堂. 256pp.