

GOVP1200132774

634.98
L293人
19

최 중
연구보고서

소경목의 산지처리 기술 및 야외 시설물 축조 기술개발

Development of Field treatment of small diameter logs
using sap displacement method and construction
technology for outdoor facilities

소경목의 산지처리 기술 개발

Field treatment of small diameter logs using sap
displacement method

야외 시설물 축조 기술 개발

Development of construction technology for outdoor
facilities

경제성 분석

Economical Efficiency Evaluation

강 원 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “소경목의 산지처리 기술 및 야외 시설물 축조기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 7 월 일

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 전 수 경

세부연구책임자 : 박 상 규

연 구 원 : 김 규 혁

연 구 원 : 이 현 중

연 구 원 : 박 종 수

협동연구기관명 : 서울대학교

협동연구책임자 : 이 진 제

연 구 원 : 임 승 빈

요 약 문

I. 제목

소경목의 산지처리 기술 및 야외 시설물 축조 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

농어촌의 지역 특화 산업화를 통한 농어업 외의 소득, 즉 농외 소득원 개발은 정부가 추진하는 WTO 체제에 대응하기 위한 방안의 하나인데, 산촌(또는 산지농가)의 경우에는 임산물을 원재료 상태로 가공업자에게 판매하는 것보다는 임산물 생산자가 고부가가치의 가공품을 직접 생산하여 최종 소비자에게 판매함에 의해 농외소득을 얻을 수 있다.

여러 가지 임산물 가공이 있겠지만, 소경목을 벌채 현장에서 산촌주민 또는 그들의 협력업체가 직접 가공하여 고부가가치의 제품을 생산, 판매하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 또한 이러한 시도는 정부가 장기 목표로 추진하고 있는 2040년 국산 목재 자급률 50% 달성을 위해서도 매우 중요하다. 소경재나 미(저)이용 활엽수재로부터 생산할 수 있는 부가가치가 높은 목재 가공품으로는 집성재, 보존처리재(방부처리재, 난연처리재, 치수안정화재 등), 목질섬유, 칼라무늬목 등의 특수 개질목재를 생각해 볼 수 있는데, 품질이 양호하면 서도 생산비가 낮은 제품, 즉 기존 제품에 대한 경쟁력이 있는 제품을 생산하기 위한 기술적인 측면과 경제적인 측면을 동시에 고려할 때, 간벌 소경재나 미(저)이용재를 이용하여 임업인들이 직접 투자하여 생산할 수 있는 제품은 보존처리재라고 사료된다. 왜냐하면 제품의 생산을 위한 고난도의 기술 요구도가 타 가공제품에 비하여 훨씬 적고, 제품생산을 위한 시설 투자비가 저렴하며 동시에 소규모 생산으로도 시장확보가 용이하기 때문이다.

산지에서 간단하게 처리할 수 있는 방법으로 임목내 수분의 이동경로를 이

용하여 목재를 처리하는 수액치환법(sap displacement method)을 떠올릴 수 있다. 이 방법은 벌채된 생원목을 처리하기 때문에 별도의 건조시설이 필요 없고, 또한 특수한 처리시설도 요구되지 않는 장점이 있어서 가장 저렴하게 보존처리 목재를 생산할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

최근 국내에서는 쾌적한 주거 환경 및 여가 환경을 위해 목조 주택, 오락 시설, 놀이시설 등에 대한 요구가 계속 증가하고 있다. 그러나 이러한 요구에도 불구하고 국내의 경우 설계 기준과 표준 설계도, 축조 지침서가 미미하여 설계 및 시공의 부실화가 초래되고 있다. 또한 재료에 있어서도 유럽이나 북미에서 수입된 목재가 대부분을 차지하고 있어, 국산재의 활용도를 떨어뜨리고 있다. 따라서 목조 주택을 포함하여 다양한 야외시설물에 대한 표준 설계도의 개발은 국산 소경재의 용도 확대와 더불어 쾌적한 여가 환경 조성에 기여할 수 있을 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 우리 나라 산림에 산재되어있는 소경재의 활용도를 높이고자 임목의 수분이동경로를 이용한 제반 보존제의 산지 처리방법의 개발, 개발된 산지 처리기술을 이용한 보존처리재 생산에 적합한 수종과 보존제의 조합 제시, 산지처리 방법과 기존의 상압 및 가압처리법 간의 보존제 처리도 비교, 개발된 산지처리법을 이용한 방부제, 난연제, 치수안정제의 혼합처리 가능성 조사, 산지처리 기술을 이용한 방부처리재의 방부제 유효성분의 정착 및 용탈 특성 조사, 산지처리 임목의 가공시 발생하는 폐재의 친환경적 폐기 또는 재 활용 방안 검토, 친환경적 원구법 처리장 부지 선정과 처리시설의 설계 및 운용 지침 제시했다. 국산재의 강도 특성을 조사하여 목조 주택을 비롯한 야외 시설물에 국산 소경재를 활용할 수 있는 기초 자료를 제시하였고, 야외 시설물의 문제점을 분석하여 개선 방향을 설정하였으며, 야외시설물 기존 설계안을 조사하여 야외시설물의 단위 모듈을 개발하였다. 주요 구조부인 접합부에 대한 강도적 특성을 근거로 정확한 파괴모드와 항복하중을 고려한 구조적 접

합모델을 개발하고 실제 야외시설물에 사용되는 부재에 대하여 구조물의 용도와 규모, 사용된 부재의 종류와 하중지지 상태등을 고려한 치수모델을 개발하였다. 또한 국산 소경재를 사용한 야외 시설물에 대한 다양한 설계안과 배치 기준을 연구하여 야외시설물의 표준 설계도를 개발하였다. 시범 사례 대상지를 지정하고 야외 시설물을 시범설계하며, 야외 시설물의 설계모델을 물리, 생태적인 면을 중심으로 분석하고, 컴퓨터를 이용하여 고도, 경사, 향분석 등을 실시하였고, 이들을 종합하여 최종적으로 각각의 야외시설물들에 대한 축조 지침서를 작성하는 연구를 수행하였다. 소경재의 유통경로 분석, 산지 보존처리 목재의 원가 분석, 가압처리 방식과의 경제성 비교, 타 재료와의 대체효과 비교 분석, 환경적 효과 분석 등을 연구 개발 목표로 설정하고 진행했다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

우리는 목조 주택을 비롯한 각종 목재 시설물의 수요 증가에도 불구하고, 대부분의 구조용 목재를 북미나 북유럽 등지로부터 수입하고 있으며, 특히 구조적 문제를 크게 고려하지 않아도 되는 야외시설물 조차도 국산 소경재를 거의 사용하지 않고 있다. 이러한 상황에서 목조주택을 포함하여 다양한 야외 시설물에 대한 표준설계도를 개발하여 국산 소경재의 용도 확대와 더불어 쾌적한 여가환경의 조성에 기여할 목적으로 본 연구 과제를 수행하였다.

수액치환법인 증산법 및 원구법의 처리도, 처리 용이성, 처리와 관련된 환경적인 측면을 모두 고려할 때, 산지처리를 위한 방법으로는 원구법이 더 효과적인 방법이었다. 소나무, 잣나무, 낙엽송, 은사시나무, 굴참나무, 물오리나무를 방부제, 난연제, 치수안정제 및 이들의 혼합약제로 처리하여 처리임목의 보존제 처리도를 조사하여 보존처리재 생산에 적합한 수종과 보존제의 조합을 산림청이 고시한 방부처리재의 사용환경 범주별로 제시하였다. 산지처리 대상 수종에 대한 방부제 유효성분의 정착 및 용탈 특성을 조사하여 방부처리재의 안전한 사용을 위한 처리재의 적정 양생기간을 제시하였으며, 산지처리

입목의 후가공시 발생하는 방부처리 폐재의 친환경적 폐기 또는 재활용 방안
에 대하여도 제시하였다. 그리고 최종적으로 친환경적 원구법 처리장 부지 선
정과 처리시설의 설계 및 운용 지침을 제시하였다.

한편, 기존 야외시설물의 문제점을 분석하여 개선방향을 도출했고, 야외시
설물의 설계모델 및 기본 단위 모델과 더불어 표준 설계도를 개발하였고, 이
를 토대로 시범 사례 대상지에 대한 시범 설계 및 각 야외시설물에 대한 축조
지침을 완성하였다.

이상의 연구의 결과로 주요 구조부의 접합부에 대한 구조 해석을 통한 국산
소경재를 이용하는 야외시설물의 축조 기술을 개발하였다. 이는 앞으로 실제
시공을 통한 검증과정이 필요하겠지만, 국산 소경재에 대한 표준 지침이 완성
되었음을 의미한다. 이는 수입에 의존하고 있는 부재의 국산화가 가능함을 기
술적으로 입증할 뿐만 아니라 그 가능성을 높여주었으며, 더 나아가서는 국산
소경재의 용도를 확대시켜 새로운 수요를 창출하게 될 것이다.

우리는 목조 주택을 비롯한 각종 목재 시설물의 수요증가에도 불구하고, 대
부분의 구조용 목재를 북미나 북유럽 등지에서 수입하여 의존하고 있으며, 특
히 구조적 문제를 크게 고려하지 않아도 되는 야외시설물 조차도 국산 소경재
를 거의 사용하지 않고 있다. 이러한 상황에서 목조주택을 포함하여 다양한
야외시설물에 대한 표준설계도를 개발하여 개발이 국산 소경재의 용도 확대와
더불어 쾌적한 여가환경의 조성에 기여할 목적으로 야외시설물 축조 기술 개
발 연구 과제를 수행하였다.

기존 야외시설물의 문제점을 분석하고, 개선방향을 도출하였으며, 이용 가능
한 국산 소경재의 강도적 특성을 조사하였으며, 야외시설물의 설계모델 및 기
본 단위 모델과 더불어 표준 설계도를 개발하였고, 이를 토대로 시범 사례 대
상지에 대한 시범 설계 및 각 야외시설물에 대한 축조 지침을 완성하였다.

이상의 연구의 결과로 주요 구조부의 접합부에 대한 구조 해석과 치수 모델
화를 통한 국산 소경재를 이용하는 야외시설물의 축조 기술을 개발하였다. 이
는 앞으로 실제 시공을 통한 검증과정이 필요하겠지만, 국내에서도 국산 소경

재에 대한 표준 지침이 완성되었음을 의미한다. 이는 수입에 의존하고 있는 부재의 국산화가 가능함을 기술적으로 입증할 뿐만 아니라 그 가능성을 높여 주었으며, 더 나아가서는 국산 소경재의 용도를 확대 시켜 새로운 수요를 창출하게 될 것이다.

“향후의 산림정책은 단순 녹화에 그치지 않고 산림의 경제적 가치를 높이는 데 중점을 두고 조림사업을 떠나갈 계획”인 것으로 산림청에서 밝히고 있어 이러한 사업을 성공적으로 이끌기 위해서는 간벌이 매우 중요한 사업일 것이다. 따라서 간벌사업에서 파생되는 비경제적 소경재의 활용방안이 적극적으로 추진될 수 있기 때문에 본 원구법에 의한 방부처리기술은 지대한 기여를 할 수 있을 것으로 평가된다. 소비자들이 산업발전과정에서 나타나는 환경변화로 자연친화적인 삶을 지향하고 있어 목재에 대한 수요(예, 목조건물 등)는 급속히 증대되고 있는 실정이다. 목재의 단점인 짧은 수명을 증가시킬 수 있는 방부처리기술은 환경생태계 보존에도 기여할 수 있을 것이다. 목재건물 및 목재를 이용한 시설물들은 산업화에 따른 콘크리트건물에서 삭막하게 변하는 인간성 상실을 어느 정도 예방도 가능하기 때문에 이것을 정량적으로 산출을 할 수는 없지만 직·간접적으로 많은 공헌이 있을 것으로 기대된다. 본 사업은 소규모로 비교적 장소에 구애받지 않고 실시할 수 있기 때문에 농민들의 소득 향상과 이농현상 예방 및 귀농에도 기여할 수 있을 것이다. 본 사업이 성공하기 위한 관건은 방부처리된 원목과 그 원목으로 상품화 할 수 있는 기업, 그리고 수요처를 연결할 수 있는 정보네트워크 구축이 필요하고, 또한 이러한 네트워크를 이용하는 네트워크 구성간의 전략적 제휴가 수행되어야 한다.

SUMMARY

This project was carried out to develop field treatment techniques of small diameter logs using sap displacement method and construction techniques of various outdoor structures using treated logs.

In the chapter of the development of field treatment method of small diameter logs using sap displacement method, we investigated the feasibility of using sap displacement method (transpiration method and butt-end method) for the treatment of domestic softwood small diameter logs and less utilized hardwood species with preservatives, fire-retardant chemicals, and dimensional stabilizer, based on the treatability, easiness of treatment, and environmental aspects related to the treatment. Based upon the results of above studies, we suggested the proper combinations of wood specie and chemical for the production of treated products according to the hazard classes for preservative treated wood using developed treatment method (butt-end method). And then, the feasibility of using butt-end method with mixed chemicals of preservatives, fire-retardant chemicals, and dimensional stabilizer was examined. Also, fixation and leaching characteristics of preservatives (CCA and CCFZ) in wood species used for this study was evaluated with respect to safe use of treated products. Finally, we investigated environmental friendly disposal or recycling method of waste chemicals after treatment and waste wood produced after the post-processing of treated products, and suggested site selection criteria for treatment facilities, and the guides for safe design and operation of treatment facilities. Butt-end method was effective compared to transpiration method, when considered treatability, easiness of treatment, and environmental aspects related to the treatment. Treatbility of butt-end method was better than that of simple dipping method, but worse than that of pressure impregnation method. Proper combinations of wood species and chemicals

for the production of treated products were proposed according to the hazard classes for preservative treated wood. The treatment with mixed chemicals (CCA+PEG-400+FR-4 and CCFZ+PEG-400+FR-4) was feasible using butt-end method, except for Korean pine with CCA+PEG-400+FR-4. However, only Japanese red pine and Manchurian alder could be recommended to be used for the production of treated products with mixed chemicals because the penetration of preservatives into the remainder wood species was not deeper than the depth of checks developed for 12 months during outdoor exposure of treated products. Even though the difference in fixation rates of preservative components were observed between preservatives and among wood species, proper fixation time, according to the combination of wood species and preservatives, could be estimated using the regression equation constructed based on the relation between fixation time and the degree of fixation. Unexpectedly, The relatively significant quantities of arsenic leached from CCA-treated wood. The effect of fixation temperatures on the amount of leachate must be investigated in order to guarantee the safe use of CCA-treated products using butt-end method. The preservative components could be extracted from waste wood using solvent extraction method. The best solvent was hydrogen peroxide when considered extraction yield, the extraction costs, and safety of solvents. As the increase in extraction temperature, concentration of solvent, and extraction period, the extraction yield increased. Therefore, preservative components should be extracted from waste wood and reused for the manufacture of new preservative, and waste wood after the removal of preservative components might be recycled such as raw material for wood composites. Even though quantities was very small, waste liquid pushed out from top-end contained some preservative components. Therefore, waste liquid

must be collected carefully and reused as make-up water during the preparation of treating solution using stock solution of preservatives. Finally, the criteria for the selection of site for treatment facilities, and the guides for the treatment area design and safe operation of treatment facilities were proposed through a field investigation of well designed and maintained domestic pressure treatment plants and based on UNEP report about site design and operation for environmental and health protection.

These days, for comfortable domestic living and leisure space, a desire of wooden frame building, recreation facilities and playground equipments has continuously increased in this country. In domestic situation, since there is little information about design criteria, standard design drawing and construction guide, design and construction were brought about insincerity. Moreover, through the demand of wood as a structural material is increased rapidly, most of the wood used in all these structures are unfortunately imported from North America and Europe. Therefore, development of standard design drawing for outdoor facilities including wood buildings will be a great contribution to extend the use of domestic small diameter log and to create comfortable leisure spaces. The basic data of strength properties for domestic wood was evaluated and the direction for improvement was provided through the analysis of the problem in outdoor facilities. And, the unit module was developed through investigating the previous design of outdoor facilities. Structural connection model was developed by means of accurate failure mode and yield load as strength properties of connection. A dimension model in consideration of use and scale of structure, a kinds of wood species and a practical load condition for materials of outdoor facilities construction, was developed. And various design plan and arrangement standard of outdoor facilities using

domestic small-diameter log was researched, so that a standard design drawing of outdoor facilities was developed. Finally, sample exhibition site was assigned and, outdoor facilities was designed for the site. Design model of outdoor facilities was analyzed in physical and biological aspect. And altitude, scope and aspect analysis were performed by computerization technique. finally, After considering all the results, a research to make the guide of construction for each outdoor facilities was accomplished. Structural wood in domestic wooded frame building depended on import from North America and Europe, though demand of wood facilities including wooded frame building was increased. Domestic small-diameter logs were not used in Outdoor facility constructions, which need little consideration of structural problem. In this situation, development project of construction technology for outdoor facilities was performed for three years in purpose of a contribution to extend a use of domestic small diameter log and to create comfortable leisure spaces by means of the development of standard design drawing for various outdoor facilities including a wood frame building. Problems of previous outdoor facilities were analyzed, the improvement direction was instituted and strength properties for domestic small-diameter log were investigated. Design model of outdoor facilities, basic unit model and standard design drawing were developed. Sample designing of sample exhibition site and making a guide of outdoor facility constructions were accomplished. Through the structural analysis of a major structural connection and dimension modeling, development of construction technology for outdoor facilities was performed. Though the verification process by consideration of real constructive condition needs, the results of this research means the accomplishment of a standard guide of the domestic small-diameter log.

This demonstrated a possibility for a localization of materials as well as the possibility was enhanced. Moreover the use of domestic small-diameter log will be extended and new demand will be created.

The Office of Forestry says that the forestry policy in the near Future will be focused on enhancing economic value of forests, beyond simply expanding green forests. Thinning out a forest is a significant work for the policy to be successful, Therefore, the antiseptic treatment technology is evaluated to make a great contribution toward the economy since feasible is the recycling effect to make use of non-economic lumbers derived from thinning-out work. The demand for lumber as building materials has increased since consumers orient their lives to more nature-friendly ones by the environmental change from the era of industrial development. Antiseptic treatment technology can overcome one of the defects that lumber has, which is a short endurance. Consequently this technology can make a contribution to reservation of ecology. Buildings and facilities with lumber also contribute to lowering the deprivation of humanity that may come from industrialization. This project could be good measures to keep farmers from leaving their working place and, more positively, to motivate them to get back to their original works in that it can be performed just in a small scale without any locational restriction. To be successful, there are three necessities: Firms that can antiseptize lumbers and convert them into marketable goods, building up the information network which connect the firms and their demanders, and strategic alliances among these network constituents.

CONTENTS

Chapter 1. General introduction.....	18
Chapter 2. Field treatment of small diameter logs using sap displacement method.....	25
Section 1. Introduction.....	25
Section 2. Treatment using transpiration method and butt-end method	28
Section 3. Comparison in treatability of butt-end method and commercial treatment method	57
Section 4. Treatment with mixed chemicals by butt-end method.....	70
Section 5. Fixation and leaching characteristics of CCA and CCFZ in wood species used for field treatment.....	89
Section 6. Recovery of preservative components from CCA- and CCFZ- treated waste wood.....	103
Section 7. Possible environmental problems related to field treatments	

and its reduction or prevention	116
Chapter 3. Development of construction technology for outdoor facilities	
Section 1. Introduction.....	124
Section 2. Strength properties of domestic small-diameter log	125
Section 3. Research of field condition and problem analysis of outdoor facility.....	136
Section 4. Improvement principle of outdoor facility.....	143
Section 5. Analysis of unit and production module for outdoor facility	
Section 6. Development of connection model for outdoor facility ...	174
Section 7. Development of standard design plan for outdoor facility	185
Section 8. Arrangement criterion and basic arrangement model of outdoor facility	220
Section 9. Selection and analysis of sample exhibition site.....	240
Section 10. Arrangement plan and exhibition design of outdoor facility	

sample exhibition site	248
Section 11. Concluding remark.....	251
Chapter 4. Economical Efficiency Evaluation.....	252
Section 1. Introduction.....	252
Section 2. Distribution Channel Analysis.....	252
Section 3. Cost Analysis.....	256
Section 4. Economical Efficiency Comparison Analysis with Pressure and Diameter Log Treated method.....	260
Section 5. Substitution Effectiveness Analysis.....	262
Section 6. Conclusion.....	266
Appendix	
i. Evaluation of design model for outdoor facility	
ii. Guide of construction for outdoor facility	

목 차

제 1 장 서론.....	18
제 1 절 연구개발의 중요성.....	18
제 2 절 기술·경제·사회적 측면에서의 중요성.....	20
제 2 장 소경목의 산지처리 기술 개발 분야.....	25
제 1 절 서설.....	25
제 2 절 증산법과 원구법을 이용한 약제처리.....	28
제 3 절 원구법과 상업적 처리법간의 약제 처리도 비교.....	57
제 4 절 원구법을 이용한 혼합약제 처리.....	70
제 5 절 산지처리 대상 수종의 CCA 및 CCFZ의 처리제내 정착 및 용탈특성	
제 6 절 CCA 및 CCFZ 처리재로부터 방부제 유효성분의 회수.....	103
제 7 절 산지처리와 관련된 환경영향 및 축소기술 개발.....	116

제 3 장 야외 시설물 축조 기술 개발 분야.....	124
제 1 절 서론.....	124
제 2 절 국산재의 강도 특성.....	125
제 3 절 야외 시설물 현황 조사 및 문제점 분석.....	136
제 4 절 야외시설물 개선 방향.....	143
제 5 절 야외 시설물 단위 모듈 및 생산 모듈 분석.....	147
제 6 절 야외 시설물의 접합부 모델 개발.....	174
제 7 절 야외 시설물 표준 설계도 개발.....	185
제 8 절 야외 시설물 배치 기준 및 기본 배치 모델.....	220
제 9 절 시범 사례 대상지 선정 및 분석.....	240
제 10 절 시범 사례 대상지 야외시설물 배치 계획 및 시범 설계.....	248
제 11 절 결론.....	251
제 4 장 경제성 분석 분야.....	252

제 1 절 서론.....	252
제 2 절. 유통경로 분석.....	252
제 3 절. 원가분석.....	256
제 4 절. 가압처리방식과의 경제성 비교분석.....	260
제 5 절. 대체효과분석.....	262
제 6 절. 결론.....	266

부록

- i 야외 시설물 설계 모델 평가
- ii 야외 시설물 축조 지침

제 1 장 서론

제 1 절 연구개발의 중요성

농어촌의 지역 특화 산업화를 통한 농어업 외의 소득, 즉 농외 소득원 개발은 WTO 체제에 대응하기 위한 방안의 하나인데, 산촌(또는 산지농가)의 경우에는 임산물을 원재료 상태로 가공업자에게 판매하는 것보다는 임산물 생산자가 고부가가치의 가공품을 직접 생산하여 최종 소비자에게 판매함에 의해 농외소득을 얻을 수 있다. 여러가지 가공방법이 있겠지만, 저급재(침엽수 간벌 소경재와 미 또는 저이용 활엽수재)를 벌채 현장에서 산촌주민 또는 그들의 협력업체가 직접 가공하여 고부가가치의 제품을 생산, 판매하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 산지 생산비가 시장가격보다 높은 관계로 벌채가 기피되고 있는 간벌 소경재와 특별한 용도가 없어서 산림 내에 그대로 방치되고 있는 미이용(또는 저이용) 활엽수재를 산지에서 산촌주민 또는 임업인들이 직접 고부가가치의 가공품으로 생산, 판매하게 되면 이는 매우 훌륭한 산촌주민의 농외 소득원이 될 뿐 아니라, 간벌이 촉진되고 또한 저급 활엽수재가 산림 내에서 제거되기 때문에 우리 산림을 고급화시킬 수 있다. 또한 이러한 시도는 정부가 장기 목표로 추진하고 있는 2040년 국산 목재 자급률 50% 달성을 위해서도 매우 중요하다.

침엽수 소경재나 미(저)이용 활엽수재로부터 생산할 수 있는 부가가치가 높은 목재 가공품으로는 집성재, 보존처리재(방부처리재, 난연처리재, 치수안정화재 등), 목질섬유, 칼라무늬목 등의 특수 개질목재를 생각해 볼 수 있는데, 품질이 양호하면서도 생산비는 낮은 제품, 즉 기존 제품에 대한 경쟁력이 있는 제품을 생산하기 위한 기술적인 측면과 경제적인 측면을 동시에 고려할 때, 간벌 소경재나 미(저)이용재를 이용하여 임업인들이 직접 투자하여 생산할 수 있는 제품은 보존처리재라고 사료된다. 왜냐하면 제품의 생산을 위한

고난도의 기술 요구도가 타 가공제품에 비하여 훨씬 적고, 제품생산을 위한 시설 투자비가 저렴함과 동시에 소규모 생산으로도 시장확보가 용이하기 때문이다. 이들을 단순 1차 가공에 의해 제재목, 원주가공재, 그리고 목질 판상제품 및 펄프용 칩 등으로 생산하여 판매하는 것보다는 원목 그 자체를 간단한 방법으로 보존처리 등의 가공을 통하여 목재의 내구력을 최대한으로 증대시키면 제품의 부가가치를 높일 수 있다. 임업인 또는 임업경영체가 벌채 현장에서 이들을 원목 형태로 이용해 보존처리재를 직접 생산하여 통나무집용 원목, 자연휴양림 등의 조경시설재, 농림수산자재(농업용 지주목, 수산양식장용 목재) 등으로 판매하면 간벌 소경재와 미(저)이용재의 부가가치를 크게 제고시킬 수 있다.

산지에서 간단하게 처리할 수 있는 방법으로 임목내 수분 이동경로를 이용하여 처리하는 수액치환법(sap displacement method)을 들 수 있다. 이 방법은 벌채된 생원목을 처리하기 때문에 별도의 건조시설이 필요 없고, 또한 특수한 처리시설도 요구되지 않는 장점이 있어서 가장 저렴하게 보존처리재를 생산할 수 있는 방법이라 할 수 있다. 그러나 수액치환법에 의한 처리는 노동력이 많이 드는 단점 이외에도 방부제 처리도(방부제 보유량 및 침투깊이)가 수종(침엽수와 활엽수간의 차이, 그리고 활엽수의 경우에도 환공재와 산공재간의 차이 포함)에 따라 상이하다는 문제점이 있어서 모든 수종이 수액치환법에 의해 만족할 만한 보존제 처리도 달성할 수는 없다. 본 연구에서는 수종별로 조사된 보존제별 처리도를 기존의 상압 및 가압처리법과 비교하여 수액치환법에 의해 보존제 처리가 가능한 수종들을 제시하였고, 수액치환법에 의한 생산된 보존처리재의 최종 용도를 제시했다.

이상에서 개발된 보존처리재를 이용하여 지주목, 경계목, 창고, 농업관리사, 목재블록, 공원시설, 모험시설, 야외놀이시설, 야외용 의자, 파고라, 방음벽 등의 축조기술을 개발했으며, 목조 주택 및 야외시설물의 표준설계도, 시공법 및 축조지침서를 작성하여 국내산 소경재의 용도확대를 꾀했다.

제 2 절 기술 · 경제 · 사회적 측면에서의 중요성

1. 산지처리 기술개발

본 연구는 국산 저급재로부터 생산비는 저렴하면서도 품질은 양호한 보존처리재, 즉 시장 경쟁력을 갖춘 제품을 생산할 수 있는 기술을 개발하기 위한 연구이었다. 임업인이나 임업경영체가 생산한 보존처리재가 수입목재를 이용한 기존의 보존처리재 시장을 대상으로 하여 시장 점유율을 확보하려면 무엇보다도 품질과 가격면에서 우위를 점하여야 할 것이다.

이를 위해서는 처리재의 가격이 저렴하여야 함은 물론이고, 기존 제품에 대한 품질 우위, 즉 보존처리재의 충분한 내구력이 보장되어야 할 것이다. 보존처리재의 내구력은 보존제의 목재내 방사방향 침투깊이와 흡수량에 의해 결정되는데 보존제의 목재내 침투가 깊고 보존제의 흡수량이 많을수록 양호한 보존처리가 된다. 이러한 보존제의 처리도는 수종 자체의 고유한 특성, 즉 수종에 따른 목재내 조직의 차이에 의해 큰 영향을 받는다.

따라서 처리재의 염가화를 위해서는 처리비 또는 생산비가 가장 저렴한 수액치환법을 이용한 보존처리로도 충분한 내구력을 위해 필요한 처리도를 달성할 수 있는 수종들을 방부제별로 구명, 제시하고 이들 수종들의 적절한 처리를 위한 처리방법 및 처리조건을 구명했다.

2. 야외 시설물 축조기술의 개발

콘크리트 건물에 대한 심층과 설계의 다양성이 추구됨에 따라 목조 건축물에 대한 국민의 관심과 선호도는 증가하고 있으며, 안락한 생활공간에 대한

요구가 높아짐에 따라 대도시, 신도시, 도시근교의 단독주택, 농산촌의 주택, 전원주택 뿐만 아니라 야외 오락시설, 조경시설, 놀이시설, 관광농원시설 등에 목조시설물의 수요가 증가하고 있다. 그러나 목구조 부재 및 접합부재 등에 대한 표준화기술이 미비되어 있고, 국내에 구조부재 전문 생산업체가 없을 뿐 아니라 설계기준이 마련되지 않아 시공의 부실화가 우려되고 있다.

따라서 보존처리 소경재를 활용하여 표준 목구조 부재 또는 목규격 부재를 개발하고, 각종의 야외 시설물의 조립식 축조공법을 개발하고, 목조주택을 포함한 각종의 야외 시설물의 표준설계도, 시공법, 축조지침서 등을 마련했다.

3. 경제와 산업적인 고려인자

세계적인 산림환경보전 운동이 확산되고 산림자원이 감소되어감에 따라 해외 우량 대경목의 벌채량이 감소되고, 이는 목재가격의 상승으로 이어지고 있어 국내 목재자원의 육성의 긴급성과 당위성이 한층 높아지고 있다.

한편 국내산 목재가격은 국제 원목가 상승에 편승하지 못하고 제자리 걸음이며 오히려 노동력 부족과 생산비 상승으로 목재생산의 채산성이 떨어지고 있는 실정이다. 국내산 원목가격이 정체되는 것은 국산재의 형질이 수입재와 경쟁할 수 없는 열등재이기 때문이며, 이러한 국내재의 질적 문제와 채산성 악화는 금후 간벌재의 용도개발을 통한 집중적인 육림사업이 없이는 계속될 것이며 이로 인해 향후 우리나라 목재수급상 큰 차질이 예상된다. 또한 간벌 사업은 기본적으로 수익사업이 아니라 목재의 질적, 양적인 증대를 위한 산림 투자사업이기 때문에 산림경영목표가 확고하지 않고 비전이 없이는 활성화가 쉽지 않다. 간벌에 의해 생산되는 간벌 소경재는 목재로서의 질적 가치는 아직 익지 않은 과일에 비유될 수 있기 때문에 용도가 제한적이며, 작업성이 떨

어저 경제적으로도 불리한 소재라 할 수 있다. 용도에 따라서는 소재의 질적인 면을 고려하지 않아도 되는 것이 있고, 또한 오히려 형질상 중대경제보다 유리한 경우도 있다. 질적인 면을 고려하지 않아도 되는 것은 주로 원재료 즉 펄프, 보드류 등의 원료이며, 형질상 유리한 것은 갭목, 해태목 등이 대표적이다. 그러나 이러한 용도는 부가가치가 낮아 간벌재 생산비용이 수입을 초과하는 경우가 대부분이어서 보조지원이 없이는 이용하기란 쉽지 않으며 결과적으로 밀식된 임분을 그대로 두거나 간벌사업은 하되 별도목을 임지내에 방치하게 된다. 간벌사업의 경제적 어려움을 극복하고 우량 대경제를 육성하려면 간벌 소경제의 고부가가치 이용이 가장 유력한 방안이라 할 수 있다. 간벌재를 고부가가치로 이용하기 위해서는 두가지 중요한 원칙이 제시된다. 첫째로 간벌재 가공제품이 상품성을 갖추어야만 가능한데 상품성을 지니기 위해서는 간단한 처리를 통해 목재의 질적 가치를 향상시켜야한다. 둘째, 간벌재 가공제품이 경제성을 갖추어야 한다. 이를 위해 중대경제와 경쟁력을 갖추어야 하나 간벌재가 작업성에서 떨어지기 때문에 경쟁력을 갖추기 위해서는 중대경제와 경합이 적고 목재의 가공도가 낮은 용도개발에 주력해야 한다. 이러한 두가지 문제점을 동시에 해결할 수 있는 방법으로 산지처리 기술 개발을 통한 소경제의 질적 향상과 새로운 용도 창출을 생각할 수 있다. 기술적, 경제적으로 가장 간단한 산지처리 기술로서 수목의 수분이동경로를 이용한 보존처리를 생각할 수 있으며, 처리된 목재를 산지 또는 산지 근교에서 야외 시설물 축조에 이용하면 소경제의 고부가가치화를 통한 산촌민의 새로운 소득 창출을 기대할 수 있으며, 소경제의 용도가 확대되면 간벌 촉진으로 우리나라 삼림의 고급화를 동시에 추구할 수 있다. 또한 야외 축조물을 새로운 관광, 레저 산업으로 활용하며 부수적인 경제적 효과를 기대할 수 있어 일석이조 또는 일석

삼조의 효과를 기대할 수 있다.

보존처리 조경시설재의 1993년도 국내 사용량은 48,640m³으로서 앞으로도 이러한 용도의 목재 수요는 급격히 증가되리라 예상된다(심, 1994). 현재 이러한 용도의 방부처리에 사용되는 목재의 거의 전량을 외국(북미, 뉴질랜드, 칠레, 시베리아)에서 수입하고 있는 실정인데, 이를 국산 소경재나 미(저)이용 활엽수재로 대체한다면 수입대체 효과에 따른 막대한 외화의 절약은 물론 영세 산주와 산촌 주민들의 단기소득 증대에도 크게 기여하리라 믿어 의심치 않는다. 만일 조경시설재용 목재를 전량 국산 소경재로 대체할 수만 있다면 1993년 국내 간벌재 생산량이 140,000 m³(산림조합 중앙회)임을 고려해 볼 때, 전체 간벌재 생산량의 1/3 이상을 고부가가치 용도로 이용할 수 있을 것이다. 임업연구원의 자료에 따르면 2030년의 국내 목재 수요량은 현재의 2배로 증가될 것이라 장기 예측되고 있다. 현재 국내 수요의 절대량(약 90%)을 외재에 의존하고 있는 우리의 현실과 향후 예측되는 목재 수입이 어려움과 이에 따른 가격 폭등을 고려해 볼 때, 앞으로 매년 증가되는 국내 목재 수요량을 어떻게 감당할 것인가 하는 문제가 심각해진다. 이러한 애로사항을 해결할 수 있는 하나의 방법이 바로 국산 간벌 소경재 및 미(저)이용 활엽수재의 이용이다.

이들의 이용도가 제고되면 간벌이 촉진되어 국내 산림의 간벌율(현재 전체 대상 임지의 10-20%)이 높아지기 때문에 국내 산림의 질이 우수해져 향후 국내 목재산업에 우량 임목의 공급이 가능해진다는 경제적 측면의 이점도 있다. 또한 보존처리재를 이용한 야외시설물의 시공법이 개발되고 표준설계도가 마련되면 조립식 자재 개발에 따른 현장설치 비용을 절감할 수 있으며, 목구조 부재 전문 생산업체 등의 창업도 기대할 수 있다.

4. 사회 문화적으로 고려해하할 사항

우리나라 국토이용 면적(9,939,381 ha) 중 산림이 차지하는 면적(6,455,550 ha)은 65%에 해당되지만, 국민 총 생산 2,339,402 억원 중 임업이 차지하는 구성비는 0.2%인 5,770억원 이다. 이러한 결과를 분석하여 보면 우리임업이 얼마나 생산활동을 하지 못하고 있는지 짐작이 간다. 그 주요 원인은 산림 속에 있는 산림자원을 효율적으로 활용하지 못하고 있기 때문이다. 특히, 산림 내에 70% 이상 존재하는 소경재 및 저급 활엽수를 이용하지 못하기 때문이다. 따라서 산촌주민 또는 그들의 협업경영체가 직접 간벌 소경재나 미(저)이용 활엽수재를 보존처리하여 고부가로 판매한다면 직접적으로 임업인들의 소득증대가 기대된다. 이와 더불어 산촌 주민들이 간벌재 생산 및 가공에 필요한 노동력을 제공하게 되어 삶의 공간으로서 산촌 정주권의 활성화가 기대된다.

지금까지 소경 간벌재, 관목 등의 특별한 용도개발이 없어 무육시업과 간벌이 이루어지지 않거나 정부의 보조(국고 40%, 지방비 40%, 자부담 20%)에 의해 이루어졌다. 그러나 산지처리 기술 등의 간단한 방법으로 소경 간벌재의 고부가가치화 및 이용도를 개발하면 적은 예산으로 간벌 및 무육시업을 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 산지처리된 저렴한 보존처리재를 현지 주민들의 목조주택 또는 통나무주택에 활용하면 주거환경 개선으로 산촌민의 삶의 질 향상 및 정주의식 향상에도 도움이 될 것이며, 자연친화적 재료인 목재의 사용으로 인한 심리적 안정감 향상 및 목재문화에 대한 재평가를 기대할 수 있고, 보존처리재로 자연경관과 어우러진 농가민박마을, 농어촌 휴양단지, 관광농원 등을 조성하면 내외국인 관광객을 불러들이는 부수적인 경제효과도 기대할 수 있다.

제 2 장 소경목의 산지처리 기술 개발 분야

제 1 절 서설

본 연구는 국산 저급재로부터 생산비는 저렴하면서도 품질은 양호한 보존처리재, 즉 수입재와 비교해서도 시장 경쟁력이 충분한 제품을 생산할 수 있는 기술을 개발하기 위한 연구이다. 임업인이나 임업경영체가 생산한 처리재가 수입재를 이용한 기존의 처리재 시장을 대상으로 하여 시장 점유율을 확보하려면 무엇보다도 품질과 가격면에서 우위를 점하여야 할 것이다. 이를 위해서는 처리재의 가격이 저렴하여야 함은 물론이고, 기존 제품에 대한 품질 우위, 즉 보존처리재의 충분한 내구력이 보장되어야 할 것이다.

우리나라 목재 보존처리재 수요량은 전체 목재 소요량의 약 65%인 5,802천 m^3 이지만 1993년도 보존처리 실적은 50천 m^3 에 지나지 않아 보존처리 대상량의 2% 정도에 해당된다. 목재 보존처리 시설 능력도 246천 m^3 에 지나지 않는다. 우리나라 목재 보존처리 시설은 근본적으로 부족한 상태로서 새로운 시설 설비가 필요한 실정이다.

한편, 국립공원 조경 시설, 자연휴양림 조경시설, 통나무집, 농업용재(인삼 재배, 비닐하우스 등) 등 산촌과 농촌에서의 목재 보존처리재 수요는 점점 증가하고 있다. 이러한 수요를 충족시키는 방안으로서 산에서 직접 임목의 수분

이동경로를 이용하여 보존제를 침투시킨 후 현지에서 직접 사용하면 간벌재 이용과 원거리로부터 목재를 수송하는 경비(수송비)를 절감할 수 있어서 일석 이조의 효과를 거둘 수 있다.

첫번째 방법으로는 간벌 대상 소경이목을 벌채 즉시 수관부를 제거하지 않고 각종 보존제를 수목의 수분이동경로를 통해 증산법으로 목부 세포의 벽공을 따라 세포의 내강에 침투시켜 목재 세포벽에 침착시켰다. 두번째 방법으로는 중경이목을 벌채한 후 수관부를 제거하여 원목을 수직으로 세운 다음, 각종 방부제, 난연제, 치수안정제를 원목의 원구를 통해 침투시켰다. 이러한 방법으로 처리된 처리재는 사용수명이 길다. 따라서 고도의 이산화탄소의 축적체이며, 가공시 에너지가 금속, 플라스틱 등의 타 재료에 비해 극히 작아 이산화탄소의 배출이 작은 목재의 이용을 증진시킴으로써 자연환경의 보존에 크게 이바지하게 된다. 산림휴양림, 국공립공원의 조경위락시설, 통나무집, 농업용, 수산어업, 수렵장 울타리용 등의 자재를 산림과 농촌 현지에서 직접 조달할 수 있고, 특별한 처리시설이 필요하지 않아 산촌 어디에서나 적용 가능하다. 지금까지 산림에서 이목을 벌채하여 원거리의 보존처리 공장으로 수송한 다음, 보존제를 주입한 후, 다시 산촌 및 농촌으로 수송하여 이용함으로써 발생하는 많은 비용을 절약할 수 있다(벌채-하산-집하-상차-운송-하차-보존제 처리-상차-운송-하차-집하의 11단계에서 벌채-보존제처리-하산-집하의 4단계로 7단계의 노동력 및 운송비가 절약됨).

한편, 콘크리트 건물에 대한 싫증과 설계의 다양성이 추구됨에 따라 목조 건축물에 대한 국민의 관심과 선호도는 증가하고 있으며, 안락한 생활공간에

대한 요구가 높아짐에 따라 대도시, 신도시, 도시근교의 단독주택, 농산촌의 주택, 전원주택 뿐만 아니라 야외 오락시설, 조경시설, 놀이시설, 관광농원시설 등에 목조시설물에 대한 증가하고 있다. 그러나 목구조 부재 및 접합부재 등에 대한 표준화기술이 미비하고, 국내에 구조부재 전문 생산업체가 없을 뿐만 아니라 설계기준 조차 마련되지 않아 시공의 부실화가 우려된다. 따라서 보존처리 소경재를 활용하여 표준 목구조 부재 또는 목규격 부재를 개발하고, 각종의 야외 시설물의 조립식 축조공법을 개발하고, 목조주택을 포함한 각종의 야외 시설물의 표준설계도, 시공법, 축조지침서 등을 마련하는 것은 시설물의 안정성 향상뿐만 아니라 국내산 소경재의 용도 확대를 꾀하기 위하여 반드시 필요하다.

보존처리재의 내구력은 방부제의 목재내 방사방향 침투깊이와 흡수량에 의해 결정되는데 보존제의 목재내 침투가 깊고 보존제의 흡수량이 많을수록 양호한 보존처리가 된다. 이러한 보존제의 처리도는 수종 자체의 고유한 특성, 즉 수종에 따른 목재내 조직의 차이에 의해 큰 영향을 받는다. 따라서 처리재의 염가화를 위해서는 처리비 또는 생산비가 가장 저렴한 수액치환법을 이용한 보존처리로도 충분한 내구력을 위해 필요한 처리도를 달성할 수 있는 수종들을 방부제별로 구명, 제시하고 이들 수종들의 적절한 처리를 위한 처리방법 및 처리조건을 구명할 필요가 있었다. 수액치환법을 이용한 국산 수종의 보존처리에 대한 연구가 부족한 상태이기 때문에 기술적인 측면에서 처리가능 수종과 최대의 보존효과를 달성할 수 있는 처리방법 및 조건 구명은 필수적이었다.

제 2 절 증산법과 원구법을 이용한 약제처리

1. 재료 및 방법

가. 공시수종

침엽수인 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix leptolepis*)과 활엽수인 굴참나무(*Quercus variabilis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*)를 본 연구의 공시수종으로 사용하였다.

나. 공시약제

크롬·구리·비소화합물계 방부제(CCA 3호), 크롬·플루오르화구리·아연화합물계 방부제(CCFZ), 알킬 암모늄화합물계 방부제(KD[®]), 붕소화합물계 방부제(Timbor[®]), 치수안정제인 PEG-400, 난연제인 AWPA FR-2, AWPA FR-4를 공시약제로 사용하였다. 각 약제의 조성구성과 처리농도를 Table 1-1에 보여준다.

다. 약제처리

1) 증산법 처리

세움 틀에 수직으로 고정된 상태에서 벌채된 임목의 원구 부분을 약제 통에 담그는 일반적인 증산법 처리 방법과 달리 본 연구에서는 임목을 벌채함 없이 다음과 같이 임목(立木) 상태에서 증산법 처리를 실시하였다. Chain saw를 이용하여 처리대상 임목의 수간 하부에 임목 전 둘레에 대해 변재부 깊이까지 홈을 파고, 이 홈을 통해 공급되는 약제가 수관부의 앞에서 발생하는 증산작용에 의해 수분이동 경로를 통해 수간의 상부로 이동하게 하였다. 홈으로의 약제공급은 홈보다 약간 높은 곳에 위치한 약제 공급용기의 호스와 연결된 유리관을 홈에 끼움에 의해 달성되었는데, 약제의 외부 누출을 예방하고자 유리관을 홈에 끼운 후 홈의 나머지 부분 표면을 발포 우레탄수지로 완벽하게 봉

합하였다. 처리는 약제 공급용기로부터 약제의 공급이 더 이상 발생되지 않을 때까지 지속되었다.

2) 원구법 처리

벌채된 임목으로부터 조재된 일정 길이의 원목을 원구가 상부에 위치하도록 수직으로 세운 후, 원구의 직경보다 약간 적은 직경의 원형 금속 파이프 통을 원구의 횡단면에 수직으로 박고 파이프 통에 약제를 공급하였다. 처리는 파이프 통에 공급된 약제가 중력에 의해 임목내 수분이동 경로를 통해 이동하여 말구 쪽에서 누출될 때까지 지속되었다.

라. 처리도 분석

중산법과 원구법을 이용한 처리임목의 수축방향 세 부위, 즉 약제투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위, 처리 임목의 중간 부위, 약제투입 위치와 반대 위치에서 30 cm 떨어진 부위에서 두께 1 cm 원판을 2개씩 채취하여 각각 약제 침투깊이와 보유량 측정용으로 사용하였다.

1) 약제의 침투깊이 분석

CCA, CCFZ, Timbor[®], AWPA FR-2, AWPA FR-4의 침투깊이는 미국방부협회(American Wood Preservers' Association; AWPA) 표준규격 AWPA A3-97(AWPA, 1997), KD[®]의 침투깊이는 산림청 고시 목재 방부·방충처리 기준(산림청, 1999)에 제시된 정색방법에 의해 측정하였는데, 약제별 정색반응의 결과를 Fig. 1-1에 보여준다.

육안 판정이 불가능한 무색의 PEG-400 침투깊이는 정색반응에 의한 측정방법도 존재하지 않는 관계로 다음과 같이 예측하였다. PEG 처리임목에서 채취된 원판의 표면에서 수(pith)를 향해 내부로 5 mm 간격으로 연속 채취된 시편의 온수추출(60℃에서 24시간 추출)에 의한 중량감소율과 미처리재에서 채취한 동일 치수 시편의 중량감소율을 비교하여, 처리재의 중량감소율이 미처리재의 중량감소율보다 유의성 있게 높은 부위까지를 PEG 침투부위로 예측하였

다. PEG 침투 부위의 중량감소가 미처리재보다 높은 이유는 전자의 중량감소는 수용성 PEG의 용탈과 수용성 추출물의 추출에 의해 야기되고 후자의 감소는 단지 수용성 추출물의 추출에 의해서만 발생되기 때문이다.

Table 1-1. Composition and concentration of chemicals used in this study.

Chemical	Composition	Concentration(%)
CCA-Type C	CuO 17-21% CrO ₃ 45-51% As ₂ O ₅ 30-38%	5
CCFZ	CuSiF ₆ · 4H ₂ O 17.3% ZnSiF ₆ · 6H ₂ O 19.7% (NH ₄)Cr ₂ O ₇ 63.0%	5
KD TM	Dimethylbenzyl(C ₁₂ -C ₁₄) alkylammonium chloride 50%	5
Timbor TM	Disodium octaborate tetrahydrate 98%	30
FR-2	Dicyanodiamide 26% Urea 6% Formaldehyde 25% Phosphoric acid 41% Formic acid 1% Sodium hydroxide 1%	10
FR-4	Phosphate as P ₂ O ₅ 57.8% Boric acid as H ₃ BO ₃ 18.3% Ammonia as NH ₃ 23.9%	10
PEG-400	Polyethylene glycol 50%	50

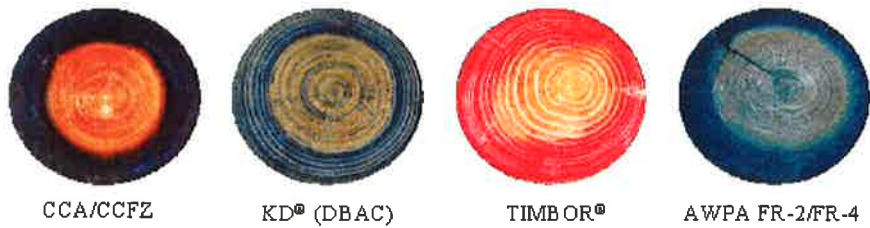


Fig. 1-1. Results of color change due to the presence of preservatives and fire-retardant chemicals.

굴참나무를 제외한 나머지 5 수종의 PEG 처리임목에서 채취된 원판에서 소나무, 잣나무, 낙엽송, 은사시나무의 경우는 Fig. 1-2에서 볼 수 있듯이 PEG 침투 부위가 미침투 부위에 비하여 광 투과성이 우수하였고, 물오리나무의 경우는 Fig. 1-3에서 볼 수 있듯이 건조후 PEG 침투 부위가 암색화 되는 현상이 발견되었다. PEG 침투에 의한 광투과성 증가와 암색화 현상이 실제 PEG 침투에 의한 결과인지를 조사하기 위하여 광투과성 증가 부위와 암색화 부위의 온수추출에 의한 중량감소율을 측정한 결과, 처리 원판의 광투과성 증가 부위 및 암색화 부위는 PEG 침투 부위와 거의 일치하였다(Fig. 1-4).

Untreated sample



PEG-treated sample



Pinus densiflora

Pinus koraiensis

Larix leptolepis

Populus tomentosa glandulosa

Fig. 1-2. Differences in transillumination between untreated and PEG-treated sample.



Untreated



PEG-treated

Fig. 1-3. Darkening due to the presence of PEG in *Alnus japonica*.

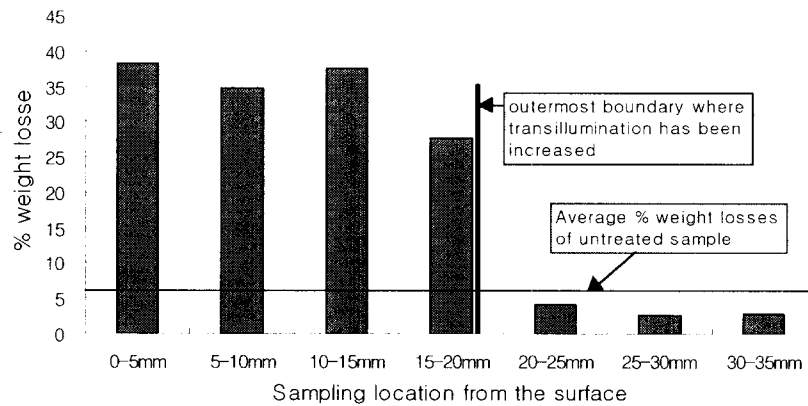


Fig. 1-4. Area showing increased transillumination and darkened area in sample is coincident with PEG diffusion distance.

2) 약제의 보유량 분석

처리임목에서 채취된 원판의 최외각 1 cm 깊이에 대한 약제 보유량을 정량하였다. CCA는 목분(20 mesh) 상태 그대로 정량하였으나, 나머지 약제는 목분으로부터 약제 유효성분을 추출이나 분해(digestion)에 의해 분리한 후 정량하였다. CCA 정량분석은 휴대용 X-ray fluorescent spectrophotometer인 ASOMA[®](Texas Instrument, Inc., Austin, Texas)를 이용하여 실시하였으며, CCFZ 보유량은 AWPA A11-93(AWPA, 1997)의 Lambert법으로 추출한 후 AWPA A21-97(AWPA, 1997)의 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer(ICP-AES) 방법에 의해 측정되었다. Timbor[®]는 AWPA A7-93(AWPA, 1997)의 질산과 과산화수소를 사용하는 목질 분해법에 의해 약제성분을 분리한 후, AWPA A21-97(AWPA, 1997)의 ICP-AES 방법에 의해, 그리고 KD[®]는 산림청의 목재 방부·방충처리 기준(산림청, 1999)에 제시된 방법에 의해 약제 보유량을 흡광도법에 의해 측정하였다. AWPA FR-2와 FR-4는 현재 미국 방부협회의 규격 난연제이나, 현재 이에 대한 정량법이 제시되지 않은 상태이므로 본 연구에서는 AWPA FR-2와 FR-4가 동시에 함유하고 있는 난연 유효성분

인 인(P)을 block digester에 의해 분해한 후 visible spectrophotometer에 의해 정량하였다(농업기술연구소, 1988).

2. 결과 및 고찰

수분 이동경로를 통한 생임목의 약제처리 가능성은 처리임목의 수축방향 세 부위에서 채취된 원판의 약제 침투형태를 조사함에 의해 결정하였다. 증산법 및 원구법 처리임목에서 채취된 원판들을 대상으로 조사된 약제의 침투형태는 예상과 달리 매우 다양하게 나타나서 편의상 침투형태를 Type 1부터 Type 12 까지로 분류하였다(Fig. 1-5). Table 1-2와 Table 1-3은 각각 증산법과 원구법 처리시 수종별로 수축방향 세 부위 원판에서 조사된 약제의 침투형태를 보여준다.

일단 방사방향 침투깊이에 관계없이 처리된 3개의 임목중 2개 이상의 임목에서 수축방향의 최소 두 부위 원판(약제투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위와 처리 임목의 중간 부위)에서 조사된 침투형태가 Type 1부터 5까지인 수종과 혼합약제의 조합을 수분 이동경로를 이용한 증산법과 원구법 처리가 가능한 조합으로 간주하였다. Type 4는 Type 1과 유사하나 극히 일부 변재부에 대한 약제 침투가 전혀 이루어지지 않은 경우인데, 이는 처리시 약제의 수축방향 이동경로 상에 존재하는 용이가 약제 유동을 방해한 결과로 나타나는 것이기 때문에 Type 1과 동일하게 간주하였다. 그리고 Type 5는 원구법 처리시 처리 임목의 직경보다 다소 작은 직경의 약제 주입용 금속 파이프 통을 사용한 관계로 나타난 형태이기 때문에 이 역시 Type 1과 동일한 침투형태로 간주하였다. 참고로 조사된 3개의 임목중 2개 이상이 처리되면 처리가 가능한 것으로 간주한 이유는 동일 수종에서도 임목간의 처리도 변이가 존재하기 때문이다. 또한 약제투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위와 처리 임목의 중간 부위 원판까지만 처리되면 처리가 가능한 것으로 간주한 이유는 약제투입 위치와 정 반대 부위의 원판도 처리시간을 연장할 경우에는 처리가 가능하리라 판단하였기 때문이다. Table 1-4는 처리된 3개의 임목중 2개 이상의 임목에서 수축방향의

최소 두 부위 원판의 약제 침투형태가 Type 1부터 5 사이인 수종과 약제의 조합을 보여준다.

굴참나무와 난연제인 FR-4의 조합을 제외하고는 증산법에 의한 생임목의 약제처리가 전혀 불가능하였으며, 조사된 세 임목중 한 임목이라도 증산법에 의한 처리가 가능한 것으로 나타난 조합도 소나무와 FR-4, 잣나무와 CCFZ, 잣나무와 Timbor[®], 낙엽송과 KD[®], 굴참나무와 Timbor[®], 굴참나무와 FR-2의 조합에 불과하였다. 동일 수종과 약제의 조합에서도 이러한 임목간 처리도 변이의 원인은 현재로서는 불분명하다. 또한 원구에서 30 cm 떨어진 위치에서 채취된 원판에서만 약제의 침투흔적을 관찰할 수 있는 수종과 약제의 조합도 많이 관찰되었다. 예상과 달리 증산법에 의한 약제처리가 거의 불가능한 이유는 증산법 처리중 시간의 경과와 함께 임목의 증산작용이 점차 쇠퇴하다가 최종적으로 정지되면서 더 이상 수분 이동경로를 이용한 약제 유동이 중지되었기 때문이라 사료된다. 처리임목에서 채취된 원판들을 대상으로 조사된 약제의 침투형태를 보면, 증산법 처리의 경우 수종과 약제의 조합에 따라서 반드시 일치하지는 않으나 일반적으로 Type 6, 7, 10의 형태가 많이 관찰되었다. 이는 증산법 처리시 약제의 상승이 임목의 전체 횡단면을 통해 발생하는 것이 아니라 부분적으로 발생함을 의미한다.

원구법의 경우, CCA를 이용한 처리는 은사시나무만 가능하였고 PEG-400을 제외한 나머지 약제에 대해서는 낙엽송/CCFZ, 소나무/KD[®], 굴참나무/KD[®], 오리나무/KD[®], 은사시나무/KD[®] 조합을 제외한 모든 수종과 약제의 조합이 처리가 가능한 것으로 나타났다. 몇몇 수종과 약제의 조합이 원구법을 이용한 처리 불가능 조합으로 나타난 이유는 현 단계에서는 확실한 설명이 곤란하나, 수종이나 약제의 단독 영향보다는 상호 복합적인 영향에 의한다고 사료된다. 원구법에 의해 처리가 불가능한 수종과 약제의 조합인 경우는 원구쪽에서 가압으로 약제를 주입하거나 또는 말구 쪽에 진공을 걸어줌에 의해 처리가 가능하리라 사료된다.

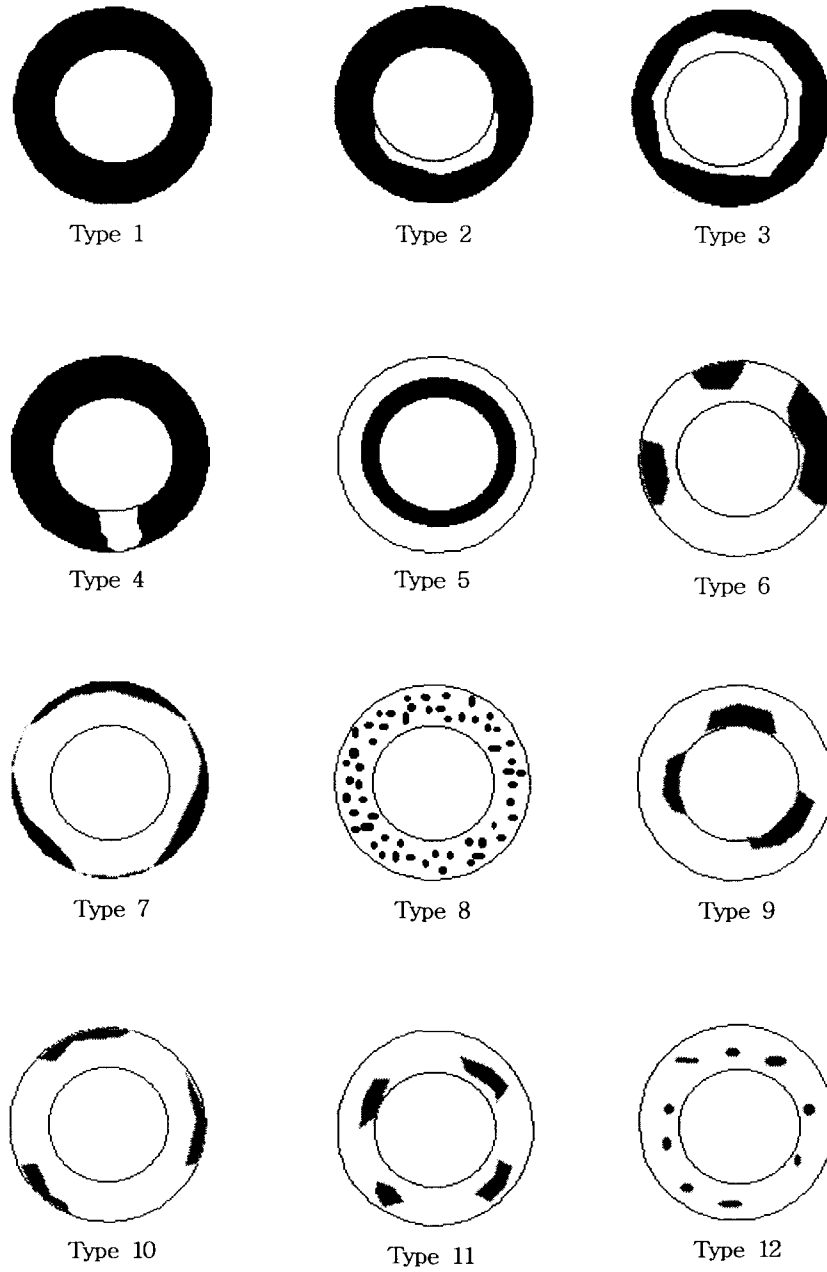


Fig. 1-5. Various penetration types in radial direction observed in this study. (Shade area represents chemical penetrated area.)

Table 1-2. Penetration patterns of chemicals in treated logs using transpiration method according to the location of measurement along the log length.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement		
			base	middle	top
<i>Pinus densiflora</i>	CCA	1	11	--	--
		2	--	--	--
		3	--	--	--
	CCFZ	1	10	--	--
		2	10	--	--
		3	10	--	--
	Timbor ^(H)	1	6	10	10
		2	10	10	--
		3	3	7	10
	KD ^(H)	1	2	6	6
		2	7	5	5
		3	3	6	5
	FR-2	1	6	10	10
		2	6	6	10
		3	10	7	10
	FR-4	1	2	2	3
		2	6	7	--
		3	10	10	10
<i>Pinus koraiensis</i>	CCA	1	--	--	--
		2	--	--	--
		3	--	--	--
	CCFZ	1	6	10	10
		2	6	10	10
		3	2	3	3
	Timbor ^(H)	1	7	10	10
		2	1	6	10
		3	1	1	1
	KD ^(H)	1	6	7	6
		2	10	9	10
		3	6	7	7
	FR-2	1	10	--	--
		2	--	--	--
		3	3	--	--
	FR-4	1	10	--	--
		2	1	7	10
		3	7	10	--

Table 1-2. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement		
			base	middle	top
<i>Larix leptolepis</i>	CCA	1	--	--	--
		2	--	--	--
		3	10	--	--
	CCFZ	1	1	--	--
		2	4	--	--
		3	7	--	--
	Timbor ^(k)	1	1	7	7
		2	1	--	--
		3	1	10	--
	KD ^(k)	1	--	--	--
		2	1	1	1
		3	10	10	--
	FR-2	1	1	--	--
		2	--	--	--
		3	2	--	--
	FR-4	1	3	--	--
		2	3	--	--
		3	7	--	--
<i>Quercus variabilis</i>	CCA	1	--	--	--
		2	10	--	--
		3	--	--	--
	CCFZ	1	10	--	--
		2	7	10	10
		3	7	--	--
	Timbor ^(k)	1	10	--	--
		2	6	12	--
		3	1	1	4
	KD ^(k)	1	8	8	8
		2	8	7	8
		3	6	7	6
	FR-2	1	3	3	3
		2	7	--	--
		3	10	10	10
	FR-4	1	1	1	6
		2	1	3	3
		3	1	1	1

Table 1-3. Penetration patterns of chemicals in treated logs using transpiration method according to the location of measurement along the log length.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement		
			base	middle	top
<i>Pinus densiflora</i>	CCA	1	11	--	--
		2	11	--	10
		3	1	1	6
	CCFZ	1	1	1	1
		2	6	6	6
		3	1	1	1
	Timbor ^(K)	1	1	1	1
		2	1	1	1
		3	1	1	1
	KD ^(K)	1	5	5	5
		2	1	6	7
		3	1	6	7
	FR-2	1	1	1	1
		2	1	1	2
		3	3	3	3
	FR-4	1	1	1	1
		2	1	1	1
		3	1	1	1
<i>Pinus koraiensis</i>	CCA	1	11	--	--
		2	12	--	--
		3	10	--	--
	CCFZ	1	4	4	6
		2	1	1	4
		3	1	1	1
	Timbor ^(K)	1	1	1	1
		2	1	1	1
		3	1	1	1
	KD ^(K)	1	1	2	6
		2	6	10	10
		3	5	5	5
	FR-2	1	1	1	2
		2	2	4	4
		3	1	1	4
	FR-4	1	--	--	--
		2	1	1	3
		3	1	1	2

Table 1-3. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			
			base	middle	top	
<i>Larix leptolepis</i>	CCA	1	12	--	--	
		2	--	--	--	
		3	12	--	--	
	CCFZ	1	1	4	4	
		2	6	6	6	
		3	--	--	--	
	Timbor ^(B)	1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
	KD ^(B)	1	5	5	5	
		2	1	1	6	
		3	1	1	1	
	FR-2	1	4	6	6	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
	FR-4	1	1	3	7	
		2	1	2	6	
		3	1	2	4	
	<i>Quercus variabilis</i>	CCA	1	--	--	--
			2	12	12	9
			3	--	--	--
CCFZ		1	1	1	6	
		2	1	5	11	
		3	1	--	7	
Timbor ^(B)		1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
KD ^(B)		1	8	--	13	
		2	8	8	12	
		3	7	7	7	
FR-2		1	1	1	4	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
FR-4		1	1	1	1	
		2	1	1	4	
		3	1	1	3	

Table 1-3. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			
			base	middle	top	
<i>Alnus hirsuta</i>	CCA	1	12	--	--	
		2	12	--	--	
		3	5	10	10	
	CCFZ	1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	2	2	6	
	Timbor ^(K)	1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
	KD ^(K)	1	2	6	10	
		2	6	10	10	
		3	1	3	2	
	FR-2	1	2	4	4	
		2	1	2	4	
		3	1	1	1	
	FR-4	1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	CCA	1	1	1	1
			2	1	1	1
			3	4	4	4
CCFZ		1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
Timbor ^(K)		1	1	1	1	
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
KD ^(K)		1	1	6	6	
		2	1	4	6	
		3	1	6	6	
FR-2		1	1	2	6	
		2	1	1	1	
		3	1	1	6	
FR-4	1	6	6	6		
	2	1	5	5		
	3	3	3	3		

Table 1-4. Feasible combinations of tree species and chemicals for the production of treated wood using sap displacement method.

Tree species	Treatment method ^{*2}	Chemical					
		CCA	CCFZ	KD ^{ks}	Timbor ^{ks}	FR-2	FR-4
<i>Pinus densiflora</i>	A	nt	nt	nt	nt	nt	nt
	B	nt	T	nt	T	T	T
<i>Pinus koraiensis</i>	A	nt	nt	nt	nt	nt	nt
	B	nt	T	T	T	T	T
<i>Larix leptolepis</i>	A	nt	nt	nt	nt	nt	nt
	B	nt	nt	T	T	T	T
<i>Quercus variabilis</i>	A	nt	nt	T	nt	nt	T
	B	nt	T	nt	T	T	T
<i>Alnus hirsuta</i>	A	--	--	--	--	--	--
	B	nt	T	nt	T	T	T
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	A	--	--	--	--	--	--
	B	T	T	nt	T	T	T

*1T and nt represent 'treatable' and 'nontreatable', respectively.

*2A and B represent transpiration method and butt-end method, respectively

원구법에 의한 PEG-400 처리는 물오리나무와 은사시나무에서만 일부 가능하였다. 수축방향으로 PEG의 확산·이동이 불량하여 은사시나무 한 임목의 경우 (처리임목의 중간부위까지 확산·이동)를 제외하고는 PEG는 원래 투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위까지만 처리가 가능하였다.

가. 약제의 침투깊이

Table 1-5는 원구법 처리에 의한 수종별 약제의 방사방향 침투깊이를 보여 주는데, 사용된 약제에 따라 다음과 같이 수종별 방사방향 침투깊이가 상이하였다.

CCFZ : 소나무 > 은사시나무 = 잣나무 = 물오리나무 > 굴참나무 = 낙엽송
 KD[®] : 소나무 > 낙엽송 = 잣나무 > 물오리나무 = 은사시나무 ≥ 굴참나무
 Timbor[®] : 물오리나무 ≥ 잣나무 ≥ 낙엽송 ≥ 은사시나무 > 소나무 > 굴참나무
 FR-2 : 소나무 > 물오리나무 ≥ 은사시나무 ≥ 잣나무 ≥ 굴참나무 ≥ 낙엽송
 FR-4 : 물오리나무 ≥ 소나무 > 잣나무 ≥ 은사시나무 > 굴참나무 ≥ 낙엽송

약제의 종류에 관계없이 일반적으로 소나무와 물오리나무의 방사방향 약제침투가 깊었고, 낙엽송과 굴참나무의 방사방향 약제침투는 깊지 않았다. 이러한 수종간 차이는 수종에 따른 변재폭과 방사조직의 차이(방사조직의 양과 방사방향 유동 기여도 차이)와 활엽수의 경우는 환공재와 산공재의 차이에 기인한다고 볼 수 있다.

동일 수종내에서도 아래와 같이 약제에 따라 방사방향 침투깊이가 상이하였는데, 이는 약제의 확산성 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 확산성이 매우 뛰어난 Timbor[®]의 경우는 심재부까지 침투하였다.

소나무 : Timbor[®] ≥ FR-4 > FR-2 > KD[®] ≥ CCFZ
 잣나무 : Timbor[®] > FR-4 > CCFZ = FR-2 > KD[®]
 낙엽송 : Timbor[®] > FR-2 = CCFZ = FR-4 = KD[®]
 굴참나무 : Timbor[®] ≥ FR-2 = FR-4 ≥ CCFZ = KD[®]
 물오리 : Timbor[®] > FR-4 > FR-2 = CCFZ ≥ KD[®]
 은사시 : Timbor[®] > FR-4 = FR-2 = CCFZ ≥ CCA = KD[®]

수종과 처리 약제의 조합에 관계없이 원구법이 증산법에 비하여 약제의 목재내 침투가 양호할 뿐만 아니라 약제의 침투가 균일한 관계로 수분 이동경로를 이용한 방부처리재 생산은 원구법의 사용이 바람직하다고 판단된다. 원구법 처리는 수관부를 절단한 후 실시하기 때문에 증산법에 비하여 처리가 용이할 뿐만 아니라 벌채후 일정지역으로 집재하여 처리를 실시하기 때문에 증산법과 비교할 때 집약적 처리로 단위시간당 처리재 생산량이 높고 산지 환경오염 문제도 예방할 수 있는 장점이 있다.

Table 1-5. Radial penetration depth(mm) of various chemicals into the wood treated by butt-end method.*1

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			Average
			base	middle	top	
<i>Pinus densiflora</i>	CCA	1	---	---	---	
		2	---	---	---	25.5
		3	23.2 (21.6-25.7)	27.8 (25.1-31.6)	---	(21.6-31.6)
	CCFZ	1	32.0 (28.7-37.4)	32.9 (29.7-37.2)	31.2 (26.6-37.1)	
		2	---	---	---	29.3
		3	27.2 (23.7-29.4)	26.6 (23.9-28.7)	25.7 (21.8-29.7)	(21.8-37.4)
	KD ^{KS}	1	27.3 (22.8-29.3)	26.9 (24.9-29.6)	28.8 (23.8-33.7)	
		2	32.5 (26.7-37.8)	31.2 (26.3-38.3)	32.7 (22.1-45.8)	29.3
		3	25.5 (15.8-33.5)	28.5 (22.6-34.1)	29.9 (21.1-41.7)	(15.8-45.8)
	TIMBOR ^{KS}	1	47.4 (43.0-52.0)	50.0 (42.1-59.2)	42.8 (41.1-46.2)	
		2	39.0 (36.4-42.3)	37.9 (37.3-38.6)	36.7 (35.4-37.9)	44.9
		3	51.7 (48.1-54.6)	49.7 (49.0-50.5)	49.0 (46.3-51.3)	(35.4-59.2)
	FR-2	1	54.1 (50.3-58.4)	44.5 (42.4-47.1)	40.9 (37.3-43.1)	
		2	63.5 (55.6-70.9)	58.8 (45.2-67.4)	37.5 (34.1-40.0)	37.3
		3	50.3 (46.5-52.9)	49.8 (42.3-55.7)	43.0 (40.2-45.6)	(0.0-67.4)
	FR-4	1	47.4 (43.0-52.0)	50.0 (42.1-59.2)	42.8 (41.1-46.2)	
		2	35.9 (32.4-40.3)	34.0 (28.5-39.0)	26.5 (21.5-36.1)	42.
		3	51.7 (48.1-54.6)	49.7 (49.0-50.5)	49.0 (46.3-51.3)	1(21.5-58.4)
	PEG-400	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	---

Table 1-5. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			Average
			base	middle	top	
<i>Pinus koraiensis</i>	CCA	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	
	CCFZ	1	14.6 (0.0-19.8)	11.0 (0.0-17.0)	---	
		2	24.8 (20.1-29.7)	22.1 (21.0-23.7)	15.9 (0.0-23.3)	21.1 (0.0-31.1)
		3	24.7 (21.7-28.7)	27.8 (26.1-28.7)	28.1 (25.2-31.1)	
	KD ^(b)	1	15.4 (5.3-20.1)	17.3 (8.2-21.5)	19.4 (18.1-21.6)	
		2	12.7 (10.1-15.7)	15.4 (13.3-18.1)	15.0 (13.3-17.4)	16.3 (5.3-21.6)
		3	18.2 (14.8-21.7)	16.7 (14.4-19.6)	16.5 (14.8-18.7)	
	TIMBOR ^(b)	1	50.5 (46.7-54.6)	47.4 (44.6-50.0)	46.6 (45.1-49.2)	
		2	59.2 (52.7-64.9)	58.7 (51.2-65.6)	54.8 (31.2-93.3)	55.1 (31.2-93.3)
		3	60.7 (58.4-64.9)	59.5 (58.4-61.7)	58.6 (55.5-62.7)	
	FR-2	1	20.1 (13.0-26.2)	17.9 (9.4-24.1)	17.5 (11.1-21.1)	
		2	24.5 (14.0-30.0)	21.1 (0.0-29.1)	16.1 (0.0-26.6)	20.5 (0.0-30.2)
		3	24.0 (19.1-29.7)	23.1 (18.2-27.7)	20.3 (0.0-30.2)	
	FR-4	1	---	---	---	
		2	33.3 (31.5-35.5)	25.2 (19.4-28.5)	15.2 (3.5-19.8)	27.2 (3.5-38.9)
		3	34.2 (32.3-38.8)	29.1 (27.0-31.3)	25.9 (14.9-30.6)	
	PEG-400	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	

Table 1-5. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			Average
			base	middle	top	
<i>Larix leptolepis</i>	CCA	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	
	CCFZ	1	16.4 (13.3-19.7)	14.0 (0.0-20.0)	14.7 (0.0-19.9)	
		2	---	---	---	15.0 (0.0-20.0)
		3	---	---	---	
	KD [®]	1	13.9 (7.0-17.5)	14.8 (12.9-17.3)	14.9 (12.4-16.9)	
		2	18.1 (15.3-22.3)	18.4 (14.4-20.9)	18.3 (15.7-20.6)	16.4 (7.0-22.3)
		3	17.3 (15.0-19.8)	16.6 (14.9-18.4)	15.5 (13.9-17.3)	
	TIMBOR [®]	1	58.6 (55.6-61.4)	57.9 (49.9-63.7)	57.8 (55.9-60.3)	
		2	54.9 (52.1-58.0)	55.3 (53.9-56.0)	53.3 (52.3-54.5)	52.9 (41.3-63.7)
		3	51.1 (49.6-55.4)	44.2 (42.4-45.3)	43.2 (41.3-46.8)	
	FR-2	1	20.4 (17.1-27.1)	---	---	
		2	17.6 (12.6-22.4)	17.6 (14.8-19.7)	14.7 (12.7-18.0)	16.6 (10.6-27.1)
		3	14.3 (10.6-17.7)	15.5 (12.1-20.0)	16.1 (13.8-20.0)	
	FR-4	1	18.1 (16.1-22.3)	12.0 (7.9-18.5)	---	
		2	16.9 (13.1-19.6)	12.2 (3.6-18.0)	---	15.9 (0.0-25.3)
		3	22.1 (19.4-25.3)	19.6 (14.6-20.8)	10.7 (0.0-20.1)	
	PEG-400	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	

Table 1-5. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			Average
			base	middle	top	
<i>Quercus variabilis</i>	CCA	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	
	CCFZ	1	16.8 (13.4-19.5)	13.5 (0.0-23.8)	---	
		2	15.6 (14.1-17.6)	15.2 (13.9-18.7)	---	15.2 (0.0-23.8)
		3	15.0 (11.8-19.3)	---	---	
	KD [®]	1	10.2 (8.9-12.0)	10.8 (8.1-12.0)	9.7 (8.5-11.4)	
		2	14.7 (8.9-18.3)	16.5 (14.7-18.0)	18.9 (15.2-22.4)	12.8 (7.9-22.4)
		3	25.5 (9.2-14.0)	11.0 (7.9-12.6)	12.2 (8.4-14.6)	
	TIMBOR [®]	1	16.1 (13.3-17.4)	16.8 (14.0-20.2)	15.2 (12.3-17.9)	
		2	25.3 (21.8-32.0)	23.2 (20.6-28.5)	22.5 (19.3-24.5)	21.5 (12.3-32.0)
		3	21.4 (16.7-25.8)	26.3 (22.6-29.8)	26.4 (22.4-30.9)	
	FR-2	1	18.4 (16.4-22.1)	16.5 (15.5-18.0)	14.3 (0.0-19.8)	
		2	22.1 (18.6-25.2)	23.2 (19.9-27.6)	22.9 (18.6-28.3)	19.1 (0.0-28.3)
		3	19.3 (15.9-22.7)	17.6 (14.8-20.0)	17.4 (14.1-21.6)	
	FR-4	1	22.2 (20.7-23.5)	22.6 (19.7-26.7)	23.2 (19.5-29.3)	
		2	18.0 (15.7-21.2)	17.0 (11.1-24.1)	14.2 (2.0-20.1)	18.3 (2.0-29.3)
		3	16.6 (13.7-18.9)	16.6 (14.1-20.1)	14.0 (4.2-19.9)	
	PEG-400	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	

Table 1-5. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			Average)
			base	middle	top	
<i>Alnus hirsuta</i>	CCA	1	---	---	---	
		2	---	---	---	---
		3	---	---	---	
	CCFZ	1	20.6 (13.9-25.3)	20.0 (11.7-24.9)	20.5 (16.1-26.9)	
		2	21.3 (16.6-25.3)	16.3 (12.2-22.5)	12.4 (0.0-19.9)	20.8 (0.0-41.5)
		3	30.3 (13.7-41.5)	25.4 (12.3-37.6)	---	
	KD [®]	1	16.8 (10.1-23.8)	8.5 (3.2-18.9)	---	
		2	14.3 (8.4-26.4)	5.4 (8.27-3.0)	---	13.8 (3.0-38.2)
		3	29.9 (11.6-38.2)	13.0 (6.9-24.8)	8.5 (4.8-11.2)	
	TIMBOR [®]	1	62.1 (54.3-72.1)	61.4 (52.2-66.8)	60.8 (57.1-63.8)	
		2	57.8 (53.9-63.6)	55.2 (51.9-59.3)	53.9 (48.5-59.3)	58.7 (48.5-78.5)
		3	64.2 (51.4-78.5)	56.4 (52.3-65.0)	56.4 (48.8-61.0)	
	FR-2	1	22.3 (16.0-29.0)	18.8 (12.7-26.7)	14.3 (0.0-25.3)	
		2	28.3 (23.9-38.2)	25.9 (13.3-32.3)	24.9 (6.6-47.1)	23.1 (0.0-47.1)
		3	26.8 (23.1-33.4)	25.4 (21.7-28.7)	20.9 (15.5-25.7)	
	FR-4	1	58.8 (56.9-60.3)	58.6 (52.5-61.8)	54.9 (50.2-57.8)	
		2	50.7 (45.5-60.2)	43.4 (32.9-50.1)	40.0 (33.7-31.4)	46.9 (24.6-61.8)
		3	43.0 (38.5-51.4)	37.4 (28.2-45.6)	34.9 (24.6-51.5)	
	PEG-400	1	34.6 (27.7-45.9)	---	---	
		2	34.3 (28.6-53.9)	---	---	35.3 (27.7-54.9)
		3	37.1 (28.6-54.9)	---	---	

Table 1-5. Continued.

Species	Chemical	Reps.	Location of measurement			Average
			base	middle	top	
<i>Populus tomentosa glandulosa</i>	CCA	1	21.6 (15.1-31.5)	20.7 (14.5-32.4)	22.5 (14.7-32.5)	16.6 (0.0-32.5)
		2	14.0 (11.3-17.0)	14.3 (10.7-18.0)	14.9 (13.6-16.1)	
		3	14.0 (0.0-19.0)	12.8 (0.0-17.4)	14.1 (11.3-18.7)	
	CCFZ	1	29.6 (25.7-32.6)	30.2 (25.9-32.8)	27.9 (24.1-32.7)	21.9 (8.2-33.1)
		2	23.7 (19.3-29.2)	26.3 (18.4-33.1)	24.7 (19.0-31.9)	
		3	10.2 (8.2-14.5)	10.5 (8.5-14.6)	14.2 (11.8-17.5)	
	KD [®]	1	7.3 (3.3-16.4)	9.6 (3.1-18.1)	10.1 (7.0-13.9)	13.3 (3.1-27.4)
		2	11.8 (9.2-16.3)	11.9 (9.4-14.9)	11.2 (3.4-15.3)	
		3	17.1 (10.8-24.3)	19.7 (14.5-24.1)	21.4 (16.7-27.4)	
TIMBOR [®]	1	38.6 (36.3-40.3)	38.3 (35.4-41.5)	35.6 (33.8-36.4)	51.0 (33.8-70.0)	
	2	59.4 (56.5-61.4)	59.9 (52.1-70.0)	58.9 (57.5-60.1)		
	3	58.0 (53.1-62.0)	55.4 (51.3-61.9)	54.1 (51.4-56.5)		
FR-2	1	20.2 (11.3-32.3)	16.6 (0.0-24.8)	---	22.7 (0.0-32.2)	
	2	27.7 (23.8-31.2)	26.5 (22.9-31.0)	24.2 (19.8-27.3)		
	3	21.5 (17.9-25.9)	22.0 (18.8-25.5)	---		
FR-4	1	---	---	---	22.7 (6.7-38.7)	
	2	31.7 (22.0-38.7)	30.2 (25.2-35.0)	28.4 (24.4-30.2)		
	3	13.3 (6.7-25.4)	15.6 (13.0-19.7)	19.8 (9.3-22.6)		
PEG-400	1	162 (11.2-19.8)	19.6 (13.5-24.4)	---	18.2 (11.2-24.4)	
	2	---	---	---		
	3	18.9 (14.7-24.2)	---	---		

*¹Values represent means of 8 measurements. Values in parentheses are minimum and maximum values of measured penetration depth

나. 약제보유량

Table 1-6은 원구법 처리임목내 약제 보유량을 보여주는데, 처리재의 약제 보유량은 처리약제의 농도를 조절함에 의해 조절할 수 있기 때문에 이러한 처리임목의 약제보유량은 약제 침투깊이에 비하여 별 의미가 없다. 왜냐하면 일단 약제가 목재 내로 필요한 깊이 이상으로 침투만 해준다면 보유량은 얼마든지 조절할 수가 있기 때문이다. 본 연구의 결과만을 가지고 볼 때, CCA로 처리된 은사시나무는 사용환경 H5(최소 보유량 7.5kg/m³)에 사용할 수 있고, CCFZ로 처리된 소나무, 물오리나무, 은사시나무는 사용환경 H4(최소 보유량 8.0kg/m³)에 사용할 수 있다. 잣나무와 낙엽송의 경우에도 처리용 CCFZ의 농도를 높이면 사용환경 H4에 사용할 수가 있을 것이다. KD[®]로 처리된 모든 수종은 사용환경 H3(최소 보유량 6.0kg/m³)에 사용할 수 있는 것으로 나타났다. Timbor[®]로 처리된 모든 수종도 사용환경 H1(최소 보유량 1.2kg/m³)에 사용할 수 있는 것으로 나타났다. Timbor[®]의 처리임목내 보유량은 상당히 높는데, 이는 처리약제의 농도(30%)를 높게 사용하였기 때문이다. 난연제의 경우는 연구수행 방법에서도 언급하였듯이 난연제 구성성분 전체에 대한 정량법이 아직 제시되지 않은 관계로 인(P)의 양만 정량하여 Table 1-6에 보여주는데, FR-2와 FR-4의 인 보유량은 수종에 따라 전자가 높은 경우도 있었고 반대로 후자가 높은 경우도 있었다.

약제 보유량의 수축방향 변이, 즉 약제 투입위치로부터의 거리와 약제 보유량간의 관계를 보면 Table 1-6에서 볼 수 있듯이 일반적으로 약제 투입위치에서부터 멀어질수록 약제 보유량이 낮아짐을 알 수 있는데, 이러한 약제의 수축방향 보유량 경사는 가압법에 의해 처리된 처리재에서 횡단방향 약제의 보유량 경사가 발생하는 이유와 동일한 이유, 즉 말구쪽으로 유동·침투되는 약제의 “screening” 현상에 의해 보유량 경사가 발생된다고 볼 수 있다. 지접부 사용이 가능한 약제인 CCA와 CCFZ의 경우는 이러한 수축방향의 보유량 경사(Fig. 1-6, Fig. 1-7)가 발생되어도 문제가 되지 않는다. 왜냐하면 보유량이 높은 원구쪽을 땅에 박으면 오히려 지접부의 내구성이 강화되는 효과가 있

기 때문이다. 그러나 지상부 사용을 위한 처리재의 경우는 약제 보유량의 수축방향 경사를 완화시켜주어야 하는데, 이는 처리시간의 연장, 처리시 원구쪽에서 약제를 투입하다가 일정 시간이 지나면 약제 투입위치를 말구쪽으로 바뀌어서 다시 일정기간 약제를 주입하는 방법의 모색, 또는 원구쪽에서 가압으로 약제를 주입하거나 또는 말구 쪽에 진공을 걸어주는 방법에 의해 가능하리라 사료된다.

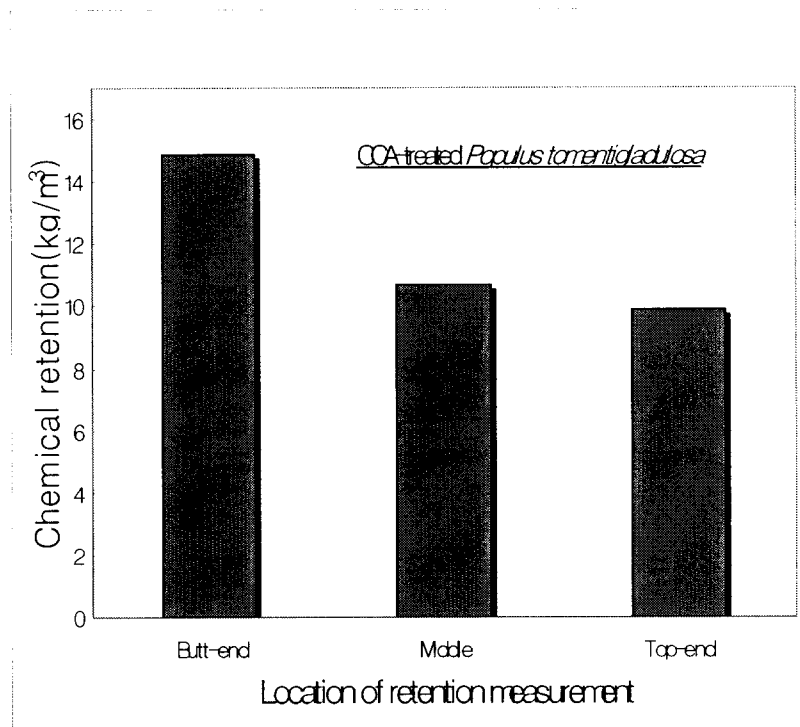


Fig. 1-6. Gradient of chemical retention along the log length in CCA-treated *Populus tomentiglandulosa*.

Table 1-6. Retention(kg/m³) of various chemicals in the wood treated by butt-end method.

Tree species	Location	Chemical					
		CCA	CCFZ	KD ^(B)	TIMBOR ^(B)	FR-2	FR-4
<i>Pinus densiflora</i>	Base	38.2	23.8	60.3	14.4	1.5	3.0
	Middle	12.9	24.3	29.3	11.7	1.5	2.4
	Top	--	16.1	15.2	6.4	1.2	1.2
<i>Pinus koraiensis</i>	Base	--	12.4	48.3	44.8	2.1	1.2
	Middle	--	7.1	26.0	24.2	1.7	1.0
	Top	--	5.3	10.4	19.2	1.3	1.2
<i>Larix leptolepis</i>	Base	--	6.1	11.0	40.6	2.6	1.3
	Middle	--	6.0	5.7	23.4	2.3	0.7
	Top	--	1.5	6.1	11.3	2.1	0.6
<i>Quercus variabilis</i>	Base	--	10.8	15.2	30.2	1.2	1.7
	Middle	--	4.8	10.2	28.9	1.3	1.7
	Top	--	--	9.3	24.1	1.1	0.9
<i>Alnus hirsuta</i>	Base	--	20.7	113.5	44.3	2.2	1.8
	Middle	--	14.6	72.2	37.4	1.2	1.4
	Top	--	10.4	35.3	37.0	1.1	1.2
<i>Populus tomentosa glandulosa</i>	Base	14.9	14.0	52.1	31.2	1.2	1.6
	Middle	10.7	13.2	45.8	33.4	0.9	0.8
	Top	9.9	11.9	30.9	34.3	0.9	1.4

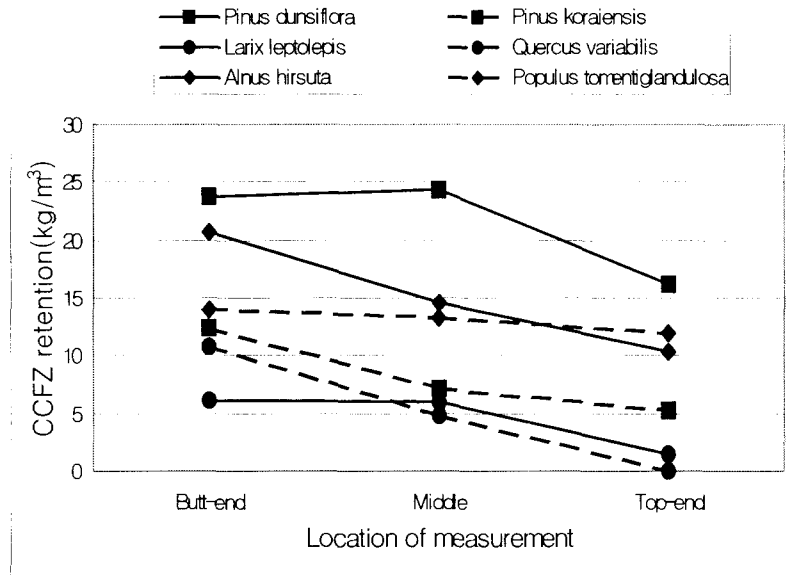


Fig. 1-7. Retention gradient along the log length in CCFZ-treated log.

다. 수종과 약제의 조합에 따른 약제 처리도 변이

수분 이동경로를 이용한 임목 처리시 수종과 약제의 조합에 따른 약제 처리도의 변이 원인을 파악하고자 처리수종의 pH, 처리수종의 생재함수율, 처리약제의 pH를 조사한 결과(Tables 2-7, 2-8, 2-9), 이들 인자들은 처리도 변이의 원인이 될 수 없음을 알 수 있었다. 약제의 산도(pH)가 처리도를 영향을 하리라 예상했었는데, 원구법 처리의 경우 산성 약제인 FR-2나 FR-4의 처리도는 비교적 양호하나 이들에 비하여 산도는 약간 약하지만 역시 강산성인 CCA의 처리도가 불량하여 산도 자체가 영향을 하지 않음을 알 수 있었다.

Table 1-7. pH values of tree species.

Tree species	Press-extracted fluid method ^{*1}		Conventional method ^{*2}	
	Sapwood	Heartwood	Sapwood	Heartwood
<i>Pinus densiflora</i>	4.85(0.14) ^{*3}	--- ^{*4}	5.62(0.28)	5.83(0.02)
<i>Pinus koraiensis</i>	4.81(0.10)	---	5.14(0.05)	6.01(0.05)
<i>Larix leptolepis</i>	4.88(0.07)	---	6.15(0.03)	5.32(0.19)
<i>Quercus variabilis</i>	---	---	5.08(0.01)	5.17(0.25)
<i>Alnus hirsuta</i>	5.54(0.41)	---	5.55(0.38)	5.17(0.25)
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	5.71(0.15)	---	5.81(0.01)	5.98(0.02)

*1 Method for measuring pH of green wood

*2 Method for measuring pH of air-dried wood

*3 Values in parentheses represent standard deviations.

*4 not measured due to the difficulty of extraction.

Table 1-8. pH values of chemicals.

	CCA	CCFZ	KD	Timbor	FR-2	FR-4
Conc. (%)	5	5	5	30	10	10
pH	1.79	3.31	8.87	7.31	1.35	0.60

Table 1-9. Green moisture content of tree species.

	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Larix leptolepis</i>	<i>Quercus variabilis</i>	<i>Alnus hirsuta</i>	<i>Populus tomentiglandulosa</i>
MC(%)	121.6 (17.2)* ¹	134.4 (17.5)	90.2 (22.4)	60.5 (2.8)	88.2 (7.8)	92.0 (6.4)

*¹Values in parenthesis represent standard deviation.

라. 원구법 처리시 박피여부와 벌채후 경과시간이 처리도에 미치는 영향

예상과 달리, 시험대상 수종인 잣나무와 굴참나무에 대한 CCA 원구법 처리가 불량한 관계로 본 실험의 결과로부터 박피여부와 벌채후 경과시간이 처리도에 미치는 영향을 정확히 파악하기는 곤란하였다. 굴참나무 처리의 경우, 모든 박피여부와 벌채후 경과시간의 조합에서 약제 처리도가 불량하여 원구에서 30 cm 떨어진 위치에서 채취된 원판에서 조차도 Type 1부터 5까지의 약제 침투형태가 관찰되지 않았다. 잣나무의 경우에 벌채후 경과시간을 하나로 묶었을 때, 원구에서 30 cm 떨어진 위치에서 채취된 원판에서 조사된 약제의 침투형태가 Type 1부터 5까지 해당되는 확률이 미박피, 부분박피, 완전박피 별로 각각 25, 33, 42%이었다. 따라서 약제 처리도가 완전박피>부분박피>미박피 순으로 정도의 차이는 크지 않지만 우수했다고 할 수 있다. 그러나 원구법에 의한 잣나무의 CCA 처리가 완벽하지 못하였기 때문에 이상의 결과가 적절한 결과라 단언할 수는 없을 뿐 아니라 박피여부에 따른 약제 처리도 차이도 크지 않기 때문에 박피여부는 약제 처리도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

마. 환경구분별 사용 가능한 수종과 약제의 조합

지금까지의 연구된 결과를 바탕으로 산림청이 제시하고 있는 사용환경(hazard class)별로 사용 가능한 수종과 방부제의 조합을 다음의 Table 1-10과 같이 제시할 수 있다.

Table 1-10. Feasible combinations of tree species and preservative for using each hazard class.

Hazard class	Combinations of tree species and preservative
H1	Timbor [®] /All species tested
H2~H4	CCA/ <i>Populus tomentiglandulosa</i>
	CCFZ/ <i>Pinus densiflora</i> , CCFZ/ <i>P. koraiensis</i> , CCFZ/ <i>Alnus hirsuta</i> ,
	CCFZ/ <i>Populus tomentiglandulosa</i> KD [®] / <i>Pinus densiflora</i> , KD [®] / <i>P. koraiensis</i> , KD [®] / <i>Larix leptolepis</i> , KD [®] / <i>Quercus variabilis</i> , KD [®] / <i>Populus tomentiglandulosa</i>
H5	CCA/ <i>Populus tomentiglandulosa</i>

3. 결론

약제처리도 측면에서 볼 때, 원구법이 증산법에 비하여 우수한 처리법이라 할 수 있다. 그리고 원구법은 증산법에 비하여 처리가 용이할 뿐만 아니라 집약적 처리로 처리재의 대량 생산이 가능한 장점을 수반한다. 또한 산지에서 임목을 벌채·조제한 후 산지의 일정 장소(예: 지역 산림조합 목재집하장)로 운제한 후에 처리하는 방식을 택하게 되면 증산법과 달리 산지의 환경오염 문제를 예방할 수 있는 장점이 있다.

본 연구의 결과를 바탕으로 사용환경(hazard class)별로 사용 가능한 수종과 방부제의 조합을 제시하면 다음과 같다. 환경이 가장 열악한 사용환경 H5에 사용할 수 있는 수종과 방부제의 조합은 CCA와 은사시나무의 조합이고, 사용환경 H4에 사용할 수 있는 조합은 CCFZ와 소나무, 물오리나무, 은사시나무의 조합이었다. 잣나무와 낙엽송의 경우에도 처리용 CCFZ의 농도를 높이면 사용환경 H4에 사용할 수가 있을 것이다. KD[®]로 처리된 모든 수종은 사용환경 H3에 사용할 수 있는 것으로 나타났고, Timbor[®]로 처리된 모든 수종도 사용환경 H1에 사용할 수 있는 것으로 나타났다. 원구법 처리시 약제 처리도가 수종과 약제의 조합에 따라 상이한 경우가 종종 발견되었는데, 앞으로 이에 대한 철저한 원인 구명이 필요하다고 사료된다. 마지막으로 원구법 처리는 벌채 직후에 바로 실시할 수 없는 관계로 처리가 가능하다고 최종적으로 판정된 수종과 약제의 조합에 대하여 벌채후 처리시까지 경과시간이 약제 처리도에 미치는 영향을 추가로 조사할 필요가 있다고 본다.

제 3 절 원구법과 상업적 처리법간의 약제 처리도 비교

1. 재료 및 방법

가. 공시수종

침엽수인 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix leptolepis*)과 활엽수인 굴참나무(*Quercus variabilis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*)를 본 연구의 공시수종으로 사용하였다.

나. 공시약제

크롬·구리·비소화합물계 방부제(CCA 3호), 크롬·플루오르화구리·아연화합물계 방부제(CCFZ), 알킬 암모늄화합물계 방부제(KD[®]), 붕소화합물계 방부제(Timbor[®]), 치수안정제인 PEG-400, 난연제인 AWPA FR-2, AWPA FR-4를 공시약제로 사용하였다. 각 약제의 조성과 처리농도를 Table 1-11에 보여준다.

다. 약제처리

공시수종의 생원목으로부터 시험편(길이 30 cm)을 필요량 채취하여 박피하였다. 원목으로부터 시험편 준비시 생재함수율 측정용 소형 원판들을 채취한 후, 이들의 함수율을 전건법에 의해 측정하였다.

1) 상압처리법

확산성 약제인 Timbor[®]와 PEG-400 처리는 생재 시험편을 사용하였고, CCA, CCFZ, KD[®], FR-2, FR-4 처리는 기건 시험편을 사용하였다. CCA, CCFZ, KD, [®] FR-2, FR-4 처리는 단순 침지법에 의해 실시되었는데, 총 침지시간은 10일이 었다. Timbor[®]와 PEG-400 처리는 침지-확산법에 의해 실시되었는데, 3분간 약제에 침지후 비닐로 완전 밀봉하여 Timbor[®] 처리 시험편은 2주와 4주간, 그리고 PEG-400 처리 시험편은 1, 3, 5주간 상온에서 확산을 도모하였다.

2) 가압처리법

가압처리는 pilot 규모의 가압 주입장치를 이용하여 증세포법(full-cell process)으로 실시하였는데, 시험편을 주약관 내에 집어넣고 760mmHg의 감압 상태에서 전배기를 30분간 적용하였다. 전배기가 종료된 후, 약제를 주약관 내로 유입시키고 14kg/cm²의 최대 가압력으로 3시간 동안 가압을 실시하였다.

라. 처리도 분석

처리후 처리 시험편 중앙부에서 웅이 등의 결점을 피하여 두께 1 cm 원판을 2개씩 채취하여 각각 약제의 침투깊이와 보유량 측정용으로 사용하였다. 약제 의 침투깊이와 보유량은 제 2절에서 사용한 방법과 동일하게 측정하였다.

Table 1-11. Composition and concentration of chemicals used in this study.

Chemical	Composition	Concentration (%)	
		Nonpressure method	Pressure method
CCA-Type C	CuO 17-21% CrO ₃ 45-51% As ₂ O ₅ 30-38%	5	2.5
CCFZ	CuSiF ₆ · 4H ₂ O 17.3% ZnSiF ₆ · 6H ₂ O 19.7% (NH ₄)Cr ₂ O ₇ 63.0%	5	2.5
KD TM	Dimethylbenzyl(C ₁₂ -C ₁₄) alkylammonium chloride 50%	5	2.5
Timbor TM	Disodium octaborate tetrahydrate 98%	30	15
FR-2	Dicyanodiamide 26% Urea 6% Formaldehyde 25% Phosphoric acid 41% Formic acid 1% Sodium hydroxide 1%	10	5
FR-4	Phosphate as P ₂ O ₅ 57.8% Boric acid as H ₃ BO ₃ 18.3% Ammonia as NH ₃ 23.9%	10	5
PEG-400	Polyethylene glycol 50%	50	--

2. 결과 및 고찰

가. 약제의 침투깊이

단순 침지법에 의한 공시수종들의 CCA 및 CCFZ 처리는 불가능하였으며, KD[®] 처리도 소나무와 잣나무에 대해서만 가능하였다. Timbor[®]와 FR-2 및 FR-4를 사용한 처리는 모든 공시수종에 대하여 가능하였는데, Timbor[®] 처리의 경우는 사시나무의 경우를 제외하고는 확산기간을 2주 이상 연장시켜도 별 효과가 없었다. PEG-400 처리는 침지후 확산기간이 짧을 때는 PEG의 방사방향 확산·침투가 수종에 따라 불가능한 경우도 있었지만 확산이 5주간 진행된 경우에는 수종간에 침투깊이는 상이하였지만 모든 공시수종에 대하여 침투가 가능하였다.

Table 1-12는 상압처리에 의한 수종별 약제의 방사방향 침투깊이를 보여주는데, Timbor[®]의 경우는 물오리나무와 소나무의 방사방향 약제침투가 깊었고 나머지 수종의 경우는 방사방향 침투깊이가 비슷하였다. 난연제인 FR-2와 FR-4의 경우는 소나무와 잣나무에 대한 침투는 우수하였으나 나머지 수종들의 경우는 침투는 되나 침투깊이가 10 mm 미만으로 처리가 불량하였다. 이러한 수종간 차이는 수종에 따른 변재폭과 방사조직의 차이(방사조직의 양과 방사방향 유동 기여도 차이)와 활엽수의 경우는 환공재와 산공재의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 그리고 확산성 약제인 Timbor의 경우는 수종간 심재부의 함수율 차이도 약제의 방사방향 침투깊이를 크게 영향하였으리라 사료된다.

Timbor[®] : 물오리나무>소나무>은사시≥잣나무≥낙엽송≥굴참나무

FR-2 : 소나무>잣나무>굴참나무≥물오리나무≥은사시나무≥낙엽송

FR-4 : 소나무>잣나무>굴참나무≥물오리나무≥은사시나무≥낙엽송

동일 수종내에서도 다음과 같이 약제에 따라 방사방향 침투깊이가 상이하었는데, 확산성이 매우 뛰어난 Timbor[®]의 침투깊이가 가장 깊었고, 다음으로 FR-2와 FR-4, KD[®]의 순인데, FR-2와 FR-4간에는 침투깊이에 차이가 없었다.

소나무 : Timbor[®] ≥ FR-4 ≥ FR-2 > KD[®]

잣나무 : Timbor[®] ≥ FR-2 ≥ FR-4 > KD[®]

낙엽송 : Timbor[®] > FR-2 ≥ FR-4

굴참나무 : Timbor[®] > FR-4 ≥ FR-2

은사시나무 : Timbor[®] > FR-4 ≥ FR-2

PEG는 잣나무, 굴참나무의 경우는 확산 1주일 후부터 10 mm 이상의 침투가 가능하나, 나머지 수종은 확산 3주일 후부터 PEG의 방사방향 침투가 확인되었다(Table 1-13). 그리고 소나무를 제외하고는 확산기간을 3주일 이상으로 연장하여도 PEG의 방사방향 침투깊이가 크게 증가하지는 않았다. 확산 5주째 PEG의 방사방향 침투깊이를 살펴보면, 소나무 > 잣나무 ≥ 낙엽송 ≥ 은사시나무 ≥ 굴참나무 > 물오리나무의 순이었다.

가압처리법의 경우, 침투형태가 Type 7(제 2절의 Fig. 1-5 참조)을 보이는 CCA와 CCFZ/굴참나무의 조합을 제외하고는 나머지 수종과 약제의 조합의 경우는 약제의 침투형태가 Type 1, 2, 또는 3으로 처리가 매우 양호하였다. 가압법에 의한 처리는 산지처리법인 원구법 및 상압법과 비교할 때, 약제 침투깊이가 균일할 뿐만 아니라 침투깊이도 Timbor[®]를 제외하고는 수종간의 차이는 존재하지만 매우 양호하였다(Table 1-14).

Table 1-12. Penetration depth(mm) of preservatives and fire-retardant chemicals by nonpressure method.*1

Species	Reps.	Chemical			
		KD [®]	TIMBOR [®]	FR-2	FR-4
			(2wks.)		
<i>Pinus densiflora</i>	1	5.7(1.0-15.7)	30.9(29.3-32.7)	25.4(16.0-47.1)	31.5(22.1-40.8)
	2	8.1(2.1-27.3)	30.7(20.3-39.0)	---	24.3(15.8-31.4)
	3	5.5(1.6-10.2)	32.0(28.8-37.8)	29.8(22.4-38.9)	35.6(32.5-41.5)
	4	---	29.1(25.7-32.7)	---	---
	Average	6.4(1.0-27.2)	30.7(20.3-39.0)	27.6(16.0-38.9)	30.5(15.8-41.5)
<i>Pinus koraiensis</i>	1	8.3(0.9-18.4)	21.2(16.7-24.3)	16.7(14.3-20.6)	12.9(11.2-16.2)
	2	8.9(1.6-17.7)	18.7(16.1-21.1)	16.5(13.3-19.9)	21.1(18.2-22.8)
	3	11.2(2.4-19.5)	16.4(14.1-18.7)	23.3(19.7-28.6)	16.2(14.3-18.8)
	4	---	16.8(14.9-18.4)	---	---
	Average	9.4(0.9-19.5)	18.3(14.1-24.3)	18.8(13.3-28.6)	16.8(11.2-22.8)
<i>Larix leptolepis</i>	1	---	17.9(16.0-20.6)	3.2(2.7- 3.9)	3.1(2.5- 3.7)
	2	---	15.1(14.3-16.0)	2.9(2.5- 3.5)	3.0(1.4- 3.9)
	3	---	20.4(17.6-24.0)	2.8(1.9- 3.2)	2.1(0.0- 3.1)
	4	---	12.4(11.5-13.4)	---	---
	Average	---	16.5(11.5-24.0)	3.0(1.9- 3.9)	2.7(0.0- 3.9)
<i>Quercus variabilis</i>	1	---	17.0(13.2-20.5)	9.2(6.6-11.2)	8.7(4.4-11.4)
	2	---	15.4(13.6-16.9)	8.9(6.3-11.0)	8.1(6.6- 9.3)
	3	---	15.4(13.5-17.4)	7.3(5.7- 8.8)	12.2(11.1-14.1)
	4	---	15.8(14.8-17.3)	---	---
	Average	---	15.9(13.2-20.5)	8.5(5.7-11.2)	9.7(4.4-14.1)
<i>Alnus hirsuta</i>	1	---	51.4(48.4-54.7)	4.1(1.9- 9.4)	4.8(4.2- 5.7)
	2	---	43.4(40.2-45.7)	5.5(4.2- 7.6)	8.0(4.7-11.8)
	3	---	56.9(53.6-59.8)	8.3(4.6-12.9)	6.1(3.4- 8.7)
	4	---	38.6(34.1-41.9)	---	---
	Average	---	47.6(34.1-59.8)	5.9(1.9-12.9)	6.3(3.4-11.8)
<i>Populus tomentifolia glandulosa</i>	1	---	25.4(23.4-27.6)	4.0(2.7- 9.6)	3.5(3.1- 4.3)
	2	---	20.7(19.0-23.1)	4.1(3.0- 6.4)	4.4(3.8- 5.4)
	3	---	16.9(12.7-19.1)	2.8(2.4- 3.8)	3.6(2.3- 5.2)
	4	---	22.9(19.5-24.8)	---	---
	Average	---	21.5(12.7-27.6)	3.6(2.4- 9.6)	3.8(2.3- 5.4)

*1 Values represent means of 8 measurements. Values in parentheses are minimum and maximum values of measured penetration depth

Table 1-13. Penetration depth(mm) of PEG-400 by nonpressure method.*1

Species	Reps.	1 week	3 weeks	5 weeks
	1	---	---	33.5(31.0-37.7)
<i>Pinus densiflora</i>	2	---	14.6(1.1-21.5)	28.2(20.4-38.7)
	3	---	22.4(14.2-35.0)	20.8(17.7-25.6)
	4	---	9.8(4.3-18.3)	27.3(12.5-35.8)
Average		---	15.6(1.1-35.0)	27.5(12.5-38.7)
	1	---	17.4(3.4-26.3)	15.6(12.5-19.5)
<i>Pinus koraiensis</i>	2	16.2(7.9-26.8)	13.6(10.2-20.2)	20.6(19.2-22.3)
	3	12.1(8.0-16.5)	14.9(12.2-19.40)	18.0(15.3-22.4)
	4	12.6(5.6-22.3)	14.5(12.6-16.7)	13.5(11.0-16.7)
Average		13.6(5.6-26.8)	15.1(3.4-26.3)	16.9(11.0-22.4)
	1	---	11.3(5.6-15.3)	16.3(9.4-21.5)
<i>Larix leptolepis</i>	2	---	12.0(8.2-14.3)	16.7(14.1-20.4)
	3	---	15.8(13.4-17.7)	17.6(11.0-22.8)
	4	---	12.4(8.0-18.0)	11.6(8.2-14.8)
Average		---	12.9(5.6-18.0)	15.5(8.2-22.8)
	1	15.0	15.0	15.0
<i>Quercus variabilis</i>	2	15.0	15.0	15.0
	3	15.0	15.0	15.0
	4	15.0	15.0	15.0
Average		15.0	15.0	15.0
	1	---	---	6.3(2.8- 9.8)
<i>Alnus hirsuta</i>	2	---	8.1(4.6-14.8)	8.7(5.8-13.5)
	3	---	---	8.9(5.5-12.8)
	4	---	---	7.2(2.0-10.7)
Average		---	8.1(4.6-14.8)	7.8(2.0-13.5)
	1	---	8.9(5.5-11.7)	18.5(16.3-20.4)
<i>Populus tomentiflora</i>	2	---	14.0(10.2-18.2)	11.7(9.5-15.3)
	3	---	11.5(5.2-16.6)	18.1(16.3-20.3)
	4	---	9.5(6.9-12.2)	12.9(11.4-14.1)
Average		---	11.0(5.2-18.2)	15.3(9.5-20.4)

*1Values represent means of 8 measurements. Values in parentheses are minimum and maximum values of measured penetration depth

Table 1-14. Radial penetration depth(mm) of various chemicals into the wood treated by pressure method.*1

Species	Chemical	Replicates			Average (min-max)
		1	2	3	
<i>Pinus densiflora</i>	CCA	30.71 (18.29-37.81)	34.15 (31.59-38.24)	42.96 (37.67-50.41)	35.94 (18.29-50.41)
	CCFZ	29.89 (28.74-31.95)	44.92 (39.38-57.95)	48.46 (40.93-55.34)	41.42 (28.74-57.95)
	KD ^{KS}	32.49 (30.30-36.14)	33.24 (25.46-41.50)	32.96 (30.67-34.92)	32.90 (25.46-41.50)
	TIMBOR ^{KS}	43.59 (34.35-51.25)	46.42 (44.10-50.58)	51.10 (41.36-65.81)	47.04 (34.35-65.81)
	FR-2	57.71 (48.15-65.66)	67.66 (57.06-75.79)	46.38 (36.08-68.05)	57.25 (36.08-75.79)
	FR-4	53.18 (45.38-63.55)	29.80 (26.67-35.63)	31.51 (28.68-35.62)	38.16 (26.67-63.55)
<i>Pinus koraiensis</i>	CCA	20.43 (15.24-28.06)	51.24 (45.73-57.31)	27.71 (25.67-29.98)	33.13 (15.24-57.31)
	CCFZ	48.52 (44.25-52.03)	46.07 (41.44-49.79)	64.06 (61.54-68.64)	52.88 (41.44-68.64)
	KD ^{KS}	18.11 (15.91-20.95)	13.89 (9.42-18.31)	18.12 (15.50-21.16)	16.71 (9.42-21.16)
	TIMBOR ^{KS}	16.32 (13.29-19.40)	54.41 (45.03-64.86)	29.99 (22.38-36.64)	33.57 (13.29-64.86)
	FR-2	44.21 (43.02-45.14)	56.06 (53.57-58.87)	50.14 (48.87-52.35)	50.14 (43.02-58.87)
	FR-4	48.86 (48.38-49.19)	45.39 (41.06-50.41)	50.59 (43.46-58.48)	48.28 (41.06-58.48)

Table 1-14. Continued.

Species	Chemical	Replicates			Average (min-max)	
		1	2	3		
<i>Larix leptolepis</i>	CCA	5.23 (2.75- 7.50)	8.83 (4.42-12.42)	5.89 (1.48-12.57)	6.65 (1.48-12.570)	
	CCFZ	3.50 (0.70-12.82)	2.50 (0.95- 5.16)	4.51 (1.09- 7.16)	3.51 (0.70-12.82)	
	KD [®]	17.03 (15.88-18.85)	17.65 (14.13-19.84)	10.50 (8.07-12.54)	15.06 (8.07-19.84)	
	TIMBOR [®]	3.39 (1.41- 7.47)	4.19 (2.32- 6.40)	4.74 (2.78- 6.91)	4.11 (1.41- 7.47)	
	FR-2	3.66 (1.42- 5.46)	3.64 (1.28- 6.00)	6.65 (3.59-10.15)	4.65 (1.28-10.15)	
	FR-4	8.70 (5.04-11.23)	7.51 (4.25-11.56)	12.27 (8.22-15.81)	9.49 (4.25-15.81)	
	CCA	--	--	--	--	
	CCFZ	--	--	--	--	
	<i>Quercus variabilis</i>	KD [®]	13.14 (10.92-17.26)	12.23 (11.02-13.54)	15.72 (13.37-18.97)	13.70 (10.92-18.97)
		TIMBOR [®]	6.39 (1.90-12.93)	7.33 (2.77-17.51)	11.05 (6.28-15.31)	8.25 (1.90-17.51)
FR-2		16.62 (13.32-19.68)	16.12 (9.29-21.95)	16.95 (12.93-20.18)	16.56 (9.29-21.95)	
FR-4		14.50 (9.59-18.53)	5.19 (2.93- 8.14)	10.61 (4.54-16.56)	10.10 (2.93-18.53)	

Table 1-14. Continued.

Species	Chemical	Replicates			Average (min-max)
		1	2	3	
<i>Alnus hirsuta</i>	CCA	20.37 (13.00-27.81)	6.47 (3.68-11.11)	17.82 (1.74-43.35)	14.89 (1.74-43.55)
	CCFZ	17.19 (5.66-29.90)	15.32 (5.68-26.31)	17.71 (10.85-26.42)	16.74 (5.66-29.90)
	KD [®]	16.24 (11.69-21.66)	16.27 (12.15-21.29)	16.23 (11.01-21.24)	16.25 (11.01-21.66)
	TIMBOR [®]	14.66 (7.95-21.39)	22.01 (14.78-31.88)	6.07 (2.77- 8.66)	14.24 (2.77-31.88)
	FR-2	31.55 (13.68-49.59)	24.16 (16.52-38.91)	25.72 (9.32-40.20)	27.14 (9.32-49.59)
	FR-4	12.87 (5.63-25.71)	34.22 (15.28-53.80)	52.18 (49.93-55.46)	33.12 (5.63-55.46)
	<i>Populus tomentosa glandulosa</i>	CCA	5.90 (1.05-12.14)	15.02 (5.38-22.47)	14.49 (10.72-18.10)
CCFZ		15.33 (2.54-23.78)	9.22 (1.97-14.37)	7.05 (1.35-13.65)	10.53 (1.35-23.78)
KD [®]		12.05 (7.61-13.89)	22.11 (19.87-23.09)	13.65 (9.65-16.19)	15.94 (7.61-23.09)
TIMBOR [®]		8.80 (1.56-21.92)	10.86 (7.70-15.89)	6.99 (1.88-13.87)	8.88 (1.56-21.92)
FR-2		21.43 (18.06-25.86)	14.71 (10.79-17.31)	15.71 (10.93-17.62)	17.28 (10.79-25.86)
FR-4		13.54 (8.51-16.05)	17.98 (7.17-27.76)	16.09 (12.60-19.05)	15.87 (7.17-27.76)

*¹Values represent means of 8 measurements. Values in parentheses are minimum and maximum values of measured penetration depth

나. 약제 보유량

보유량 측면에서도 상압법 처리(Table 1-15)는 원구법 처리에 비하여 결코 우수하지 못하였으며, 가압법 처리(Table 1-16)는 예상했던 대로 Timbor[®] 처리를 제외하고는 원구법 처리에 비하여 보유량이 우수하였다. 그러나 CCA와 CCFZ에 의한 굴참나무 처리가 가압법에 의해서도 불가능하였던 것은 예상 밖이었다.

Table 1-15. Retention(kg/m³) of various chemicals into the wood treated by nonpressure method.

Tree species	Chemical					
	CCA	CCFZ	KD ^{ks}	TIMBOR ^{ks}	FR-2	FR-4
	(2weeks)					
<i>Pinus densiflora</i>	--	--	40.6	4.93	4.4	2.0
<i>Pinus koraiensis</i>	--	--	42.2	4.82	5.4	2.0
<i>Larix leptolepis</i>	--	--	--	6.98	0.9	0.7
<i>Quercus variabilis</i>	--	--	--	9.54	2.2	1.6
<i>Alnus hirsuta</i>	--	--	--	6.80	1.9	1.0
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	--	--	--	3.58	0.8	0.6

Table 1-16. Retention(kg/m³) of various chemicals into the wood treated by pressure method.

Tree species	Chemical					
	CCA	CCFZ	KD [®]	TIMBOR [®]	FR-2	FR-4
<i>Pinus densiflora</i>	10.3	10.2	48.5	54.5	5.5	2.0
<i>Pinus koraiensis</i>	11.3	11.5	39.9	77.7	5.7	2.1
<i>Larix leptolepis</i>	4.6	2.3	19.4	64.2	2.3	1.8
<i>Quercus variabilis</i>	--	--	23.9	45.7	2.6	1.7
<i>Alnus hirsuta</i>	7.9	8.5	20.7	57.5	5.0	3.1
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	5.0	4.0	11.7	25.5	3.0	1.7

다. 수분 이동경로를 이용한 산지 처리방법과 상업적 처리방법과 비교

상압처리인 단순 침지법에 의해서 CCA와 CCFZ는 모든 공시수종에 대하여, 그리고 KD[®]는 소나무와 잣나무를 제외한 수종들에 대하여 적절한 처리가 불가능한 것으로 나타났다. 처리 가능한 수종과 약제의 조합에 대해서 조사된 약제의 방사방향 침투깊이는 원구법 처리에 의한 약제의 침투깊이보다 깊지 않았다. 원구법을 이용한 은사시나무의 CCA 처리를 제외하고는 원구법이나 상압 침지법에 의한 CCA 처리가 곤란하므로 지접부 사용을 위한 CCA 처리목의

생산은 전적으로 가압처리에 의존하여야 할 것이다. 그리고 침지법에 의한 처리가 불가능한 CCFZ 처리도 수중에 따라서는 원구법에 의한 처리가 가능하였다. KD[®], Timbor[®], FR-2, FR-4 처리는 상압법으로도 처리가 가능하였으나, 약제의 방사방향 침투깊이가 원구법 처리 결과보다 깊지 않았다. 따라서 수분 이동경로를 이용한 산지 처리법중 원구법은 상압처리법에 비하여 우수한 처리법이라 할 수 있다. Table 1-17은 원구법과 상압법의 총 처리소요시간을 보여주는데, CCA, CCFZ, KD[®]처리의 경우 상압법 처리시간이 원구법 처리시간보다 짧았지만 침지법의 경우 처리시간이 연장된다고 약제가 지속적으로 침투되는 것이 아니므로 침지시간을 연장하여도 결과가 달라지지 않을 것이다.

Table 1-17. Total treatment time(days).

Treatment method	CCA	CCFZ	KD [®]	Timbor [®]	FR-2	FR-4
Nonpressure method	10	10	10	14-28	10	10
Butt-end method	31	17	17	9	9	9

3. 결론

산지처리법인 원구법은 약제 처리도 측면에서 현재 방부 조경시설재 생산을 위해 많이 사용되는 상압법인 단순 침지법에 비하여 우수하였으나 가압법에 비해서는 불량하였다.

제 4 절 원구법을 이용한 혼합약제 처리

1. 재료 및 방법

가. 공시수종

단일 약제를 이용한 원구법 처리 결과, 방부제인 CCA나 CCFZ에 의한 처리가 가능한 것으로 나타난 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*)를 공시 수종으로 하였다.

나. 공시약제

방부제와 혼합 사용이 가능한 치수안정제와 난연제를 다음과 같이 조사하였다. 방부제, 난연제, 치수안정제를 단일 약제처리시 처리농도와 동일하게 조제한 후, 각 약제를 5ml씩 동량 혼합하여 5,000 rpm 속도로 10분간 원심분리를 실시하였다. 원심분리 결과, 상 분리(phase separation)가 발생하지 않거나 침전물이 형성되지 않는 방부제+난연제+치수안정제의 조합을 혼합 사용이 가능한 약제 조합으로 선정하였다. 방부제, 난연제, 치수안정제간의 친화성 시험 결과, CCA+FR-4+PEG-400, CCFZ+FR-4+PEG-400, TIMBOR[®]+FR-4+PEG-400 조합이 혼합 사용이 가능한 조합으로 나타났는데, TIMBOR[®]+FR-4+PEG-400은 용탈 저항성 문제가 해결되지 않은 관계로 본 연구에서는 CCA(또는 CCFZ)+FR-4+PEG-400을 공시약제로 사용하였다. 참고로 나머지 조합에서는 상 분리는 관찰되지 않았으나 침전물이 형성되었다.

다. 약제처리

벌채된 임목으로부터 조재된 일정 길이의 원목을 원구가 상부에 위치하도록 수직으로 세운 후, 원구의 직경보다 약간 적은 직경의 원형 금속 파이프 통을 원구의 횡단면에 수직으로 박고 파이프 통에 약제를 공급하였다. 처리는 파이

프 통에 공급된 약제가 중력에 의해 임목내 수분이동 경로를 통해 이동하여 말구 쪽에서 누출될 때까지 지속되었다.

라. 처리도 분석

처리후 처리임목의 수축방향 세 부위, 즉 약제투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위, 처리 임목의 중간 부위, 약제투입 위치와 반대 위치에서 30 cm 떨어진 부위에서 두께 1 cm 원판을 2개씩 채취하여 각각 약제의 침투깊이와 보유량 측정용으로 사용하였다.

1) 약제의 침투깊이 분석

혼합약제중 CCA, CCFZ, FR-4의 침투깊이는 미국방부협회(American Wood Preservers' Association: AWP) 표준규격 AWP A3-97 (AWPA, 1997)이 제시하고 있는 정색방법에 의해 측정하였다. 혼합약제의 경우도 정색반응 결과는 단일 약제의 경우와 차이가 없었으나, CCA와 CCFZ의 침투깊이 측정을 위해 구리 지시약인 chrome azuroil S를 분부하였을 때 구리 성분의 침투지역에 대한 색 변화가 단일 약제의 경우보다 약간 연하게 나타남을 알 수 있었다.

혼합약제 처리시 PEG-400의 침투깊이는 단독 처리의 경우에서와는 달리 PEG 침투 부위와 미침투 부위간의 광 투과성 차이(소나무, 잣나무, 은사시나무)나 건조후 PEG 침투부위의 암색화 현상(물오리나무)에 의한 판정이 불가능하였다. 따라서 별도의 판정 기준을 수립하였는데, 침투깊이 측정용으로 채취된 원판의 건조과정 중에 발생하는 횡단면 할렬이 방사방향으로 연장된 지점을 판정함에 의해 PEG의 침투깊이를 예측하였다. Fig. 1-8은 CCA 단독 처리와 혼합약제 처리 원판의 건조 후에 관찰된 다양한 횡단면 할렬의 위치를 보여준다.

Fig. 1-8에서 Type 1은 원판 전면에 걸쳐 대·소형 할렬과 초대형의 V형 할렬이 나타나는 형태로써 수종에 관계없이 CCA 단독으로 처리된 원판에서 관찰되었다. CCA 처리 소나무 원판에서 할렬이 전혀 발생되지 않는 경우도 관찰되

었는데, 이는 처리 임목의 직경이 너무 작은데 기인한다고 사료된다. Type 2는 변재부 외각에만 할렬이 발생하는 형태로서 혼합약제 처리시 PEG-400이 약제 주입용 금속 파이프 통 내부에는 전부 침투하였으나 통 외부로 방사방향 유동이 발생되지 않은 관계로 발생되었다고 믿어진다. Type 3은 심재부 내부에만 할렬이 발생하는 형태로서 혼합약제 처리시 PEG-400이 수 근처의 심재부에는 침투하지 못한 관계로 발생되었다고 믿어진다. 마지막으로 Type 4는 Type 2와 3의 혼합형태로 변재부 외각과 심재부 내부에 할렬이 발생하는 형태이다.

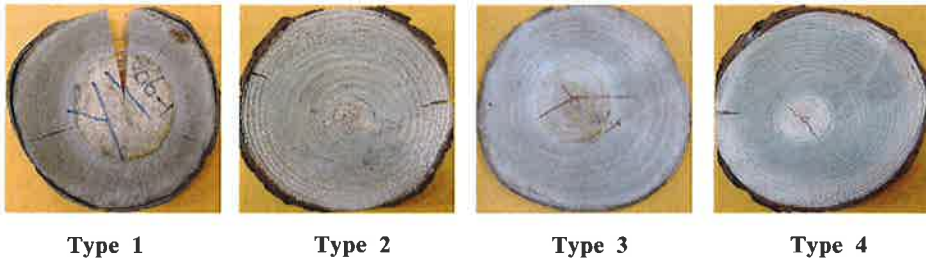


Fig. 1-8. Various patterns of cross-sectional checks in dried discs treated with CCA alone and CCA(or CCFZ)+PEG-400+FR-4.

Type 1: large V-shaped checks with small checks through entire section

Type 2: checks in outer sapwood zone

Type 3: checks in heartwood zone

Type 4: checks in outer sapwood zone and in heartwood zone

2) 약제의 보유량 분석

처리임목에서 채취된 원판의 최외각 1 cm 깊이에 대한 약제 보유량을 정량하였다. CCA와 CCFZ 보유량은 AWPA A7-93(AWPA, 1997)의 질산과 과산화수소를 이용한 Kjeldhal 분해법으로 추출한 후 AWPA A21-97(AWPA, 1997)의 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer(ICP-AES) 방

법에 의해 측정하였다. FR-4는 현재 미국 방부협회의 규격 난연제이나, 현재 이에 대한 정량법이 제시되지 않은 상태이므로 난연 유효성분인 인(P)을 AWPA A7-93(AWPA, 1997)의 질산과 과산화수소를 이용한 Kjeldhal 분해법으로 추출한 후 visible spectrophotometer에 의해 정량하였다(농업기술연구소, 1988).

2. 결과 및 고찰

가. 혼합약제의 침투깊이

혼합약제에서 방부제인 CCA, CCFZ, 난연제인 FR-4의 침투형태는 단일약제 처리시 조사된 12가지 침투형태(type 1부터 Type 12)중 일부(방부제의 경우는 Type 1, 4, 5, 6, 9, 11, 그리고 난연제의 경우는 Type 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11)와 새로 관찰된 몇 가지 형태(Type 13, 14, 15)로 나타났다. Fig. 1-9 와 2-10은 각각 본 연구에서 조사된 다양한 CCA 및 CCFZ의 침투형태와 FR-4의 침투형태를 보여준다.

원구법 처리에 의한 혼합약제 처리 가능성은 처리임목의 수축방향 세 부위에서 채취된 원판에 대한 약제의 침투형태를 조사함에 의해 결정하였다. 일단 침투깊이에 관계없이 처리된 3개의 임목중 2개 이상의 임목에서 수축방향의 최소 두 부위 원판(약제투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위와 처리 임목의 중간 부위)에서 조사된 침투형태가 Type 1부터 5까지와 Type 13부터 15까지인 수종과 혼합약제의 조합을 수분 이동경로를 이용한 원구법에 의한 처리가 가능한 조합으로 간주하였다. 이상의 기준에 의하면 소나무, 물오리나무, 은사시나무는 CCA(또는 CCFZ)와 FR-4의 침투 측면에서 CCA(또는 CCFZ)+ PEG-400+FR-4에 의한 처리가 가능하였다(Table 1-18, 2-19). 잣나무는 CCFZ+ PEG-400+FR-4에 의한 처리가 가능하였으나, CCA 침투 측면에서 볼 때 CCA+PEG-400+FR-4에 의한 처리는 불가능하였다(Table 1-18). 참고로 조사된 3개의 임목중 2개 이상이 처리되면 혼합약제에 의한 처리가 가능한 것으로 간주한 이유는 동일 수종에서도 임목간의 처리도 변이가 존재하기 때문이다. 또한 약제투입 위치에서 30 cm 떨어진 부위와 처리 임목의 중간 부위 원판까지만 처리되면 처리가 가

능한 것으로 간주한 이유는 약제투입 위치와 정 반대 부위의 원판도 처리시간을 연장할 경우에는 처리가 가능하기 때문이다.

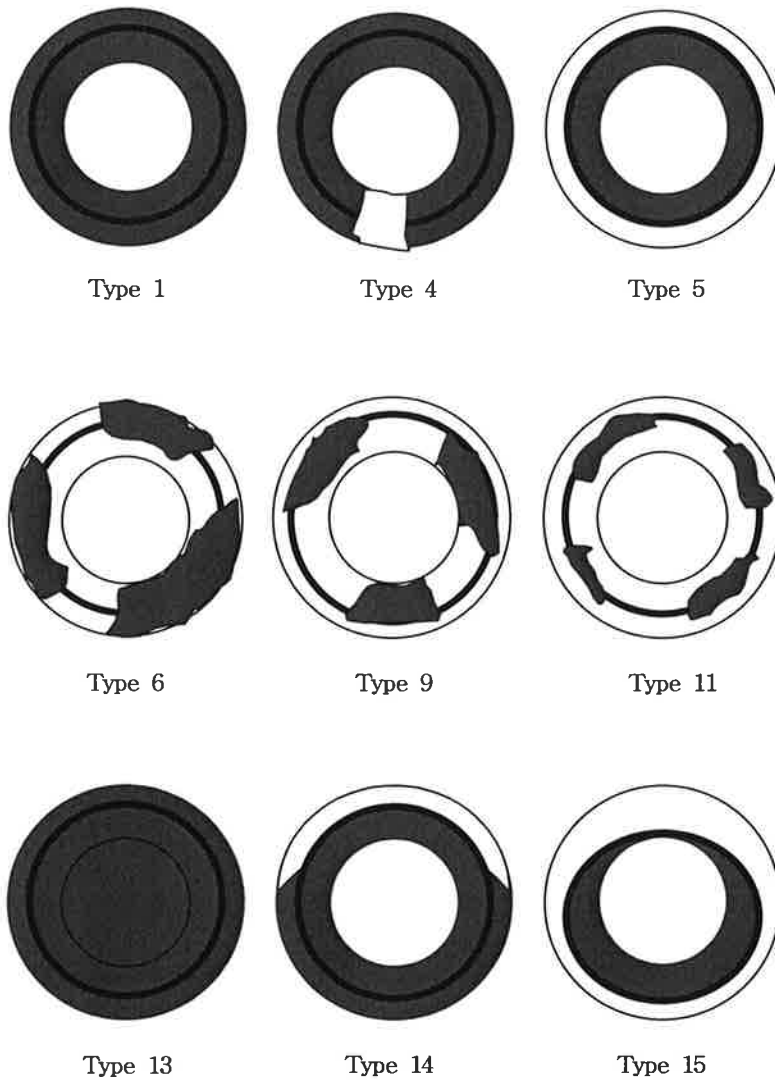


Fig. 1-9. Various penetration types of CCA or CCFZ in radial direction observed in this study (Shade area and dark circle represent chemical penetrated area and location of metal apparatus for chemical loading, respectively.).

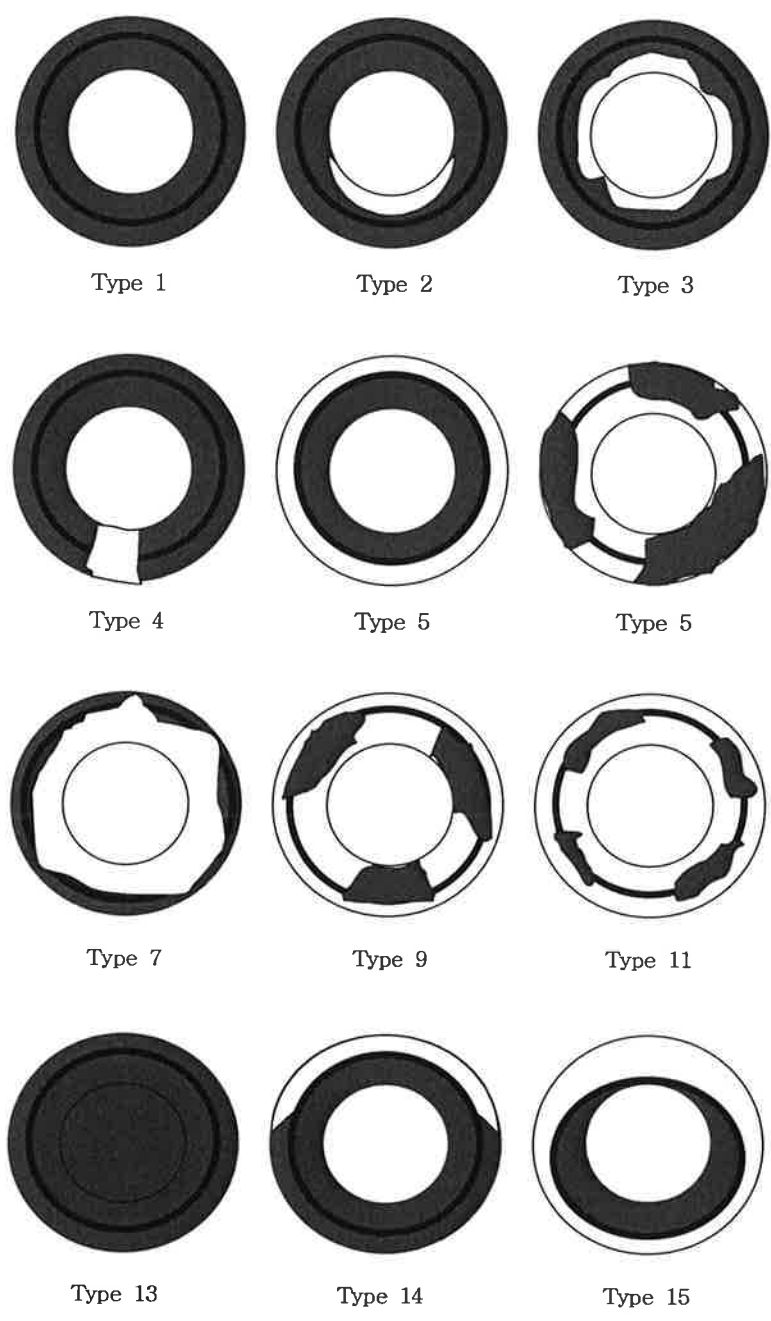


Fig. 1-10. Various penetration types of FR-4 in radial direction observed in this study (Shade area and dark circle represent chemical penetrated area and location of metal apparatus for chemical loading, respectively.).

Fig. 1-9와 2-10에서 보여주는 원판 내부에 굵은 선으로 나타낸 동심원은 원구법 처리시 사용된 약제 투입용 금속 파이프 통이 처리용 원목의 횡단면에 박혔던 위치를 나타내는데, 처리가 가능한 침투형태중 Type 1, 2, 3, 4, 13, 14은 약제가 수축방향 뿐만 아니라 금속통의 외부, 즉 수피쪽 방사방향으로도 유동하는 경우를 보여주고, Type 5와 15는 단지 변재부를 따라 수축방향으로만 유동하는 경우를 보여준다. 동일 수종에서도 처리임목과 측정된 원판의 위치에 따라 약제의 침투가 수축방향으로만 이루어진 경우와 수축 및 방사방향으로 동시에 이루어진 경우가 존재하였다. 그러나 침투형태가 Type 5와 15의 경우도 처리시간을 연장시키면 수피쪽으로 약제의 방사방향 침투도 가능하다고 본다.

침투형태중 Type 13은 약제가 심재부까지 완전히 침투한 경우인데, 4개의 공시수종중에 물오리나무에서만 이러한 침투형태가 관찰되었다. FR-4는 CCA+PEG-400+FR-4 처리와 CCFZ+PEG-400+FR-4 처리시 공히 심재부까지 침투하였다. 방부제의 경우는 CCFZ+PEG-400+FR-4 처리시 CCFZ는 심재부까지 완전히 침투하였으나 CCA+PEG-400+FR-4 처리시 CCA는 심재부까지 침투하지 못하였다. 4개의 공시수종 중에서 물오리나무에서만 이런 형태의 침투가 가능한 이유는 목재구조 측면에서 설명이 가능하리라 사료된다. 그리고 물오리나무에서도 FR-4와 CCFZ와는 달리 CCA가 심재부를 침투하지 못하는 이유는 FR-4, CCA, CCFZ간의 약제 특성에 의해 설명이 가능하리라 본다.

동일 처리임목에서도 원판의 위치에 따라 약제의 침투형태가 상이하게 나타나는데, 이는 처리시간이 연장되면 결과적으로 약제 투입위치로부터 거리에 관계없이 침투형태가 같아지리라 본다. 따라서 처리가 가능한 것으로 나타난 수종과 약제의 조합에 대해서는 처리임목의 길이에 따른 적정 처리시간(약제 투입 위치와 반대 부위 원판도 약제 투입위치에서 채취된 원판의 침투형태와 동일하게 될 때까지 소요되는 시간) 결정을 위한 연구가 앞으로 필요하다고 본다.

Table 1-18. Penetration patterns of CCA or CCFZ in treated logs with CCA(or CCFZ)+PEG-400+FR-4 according to the location of measurement along the log length.

Chemicals	Species	Reps.	Location of measurement			
			base	middle	top	
CCA+PEG-400+FR-4	<i>Pinus densiflora</i>	1	14	14	--	
		2	14	14	9	
		3	14	14	--	
	<i>Pinus koraiensis</i>	1	14	6	--	
		2	14	9	9	
		3	14	6	--	
	<i>Alnus japonica</i>	1	4	4	--	
		2	4	4	4	
		3	1	5	--	
	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	1	5	14	14	
		2	5	5	14	
		3	5	5	5	
	CCFZ+PEG-400+FR-4	<i>Pinus densiflora</i>	1	1	15	15
			2	1	14	15
			3	5	5	15
<i>Pinus koraiensis</i>		1	14	15	15	
		2	14	14	9	
		3	1	9	--	
<i>Alnus japonica</i>		1	13	13	--	
		2	13	13	--	
		3	13	13	--	
<i>Populus tomentiglandulosa</i>		1	5	15	15	
		2	1	1	14	
		3	5	5	15	

Table 1-19. Penetration patterns of FR-4 in treated logs with CCA(or CCFZ)+ PEG-400+FR-4 according to the location of measurement along the log length.

Chemicals	Species	Reps.	Location of measurement		
			base	middle	top
CCA+PEG-400+FR-4	<i>Pinus densiflora</i>	1	1	1	6
		2	1	14	6
		3	14	14	5
	<i>Pinus koraiensis</i>	1	14	1	3
		2	1	6	6
		3	1	1	6
	<i>Alnus japonica</i>	1	13	13	6
		2	13	13	6
		3	13	13	13
	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	1	5	1	1
		2	1	1	1
		3	1	1	1
	<i>Pinus densiflora</i>	1	1	1	6
		2	1	14	15
		3	14	6	6
<i>Pinus koraiensis</i>	1	1	4	4	
	2	1	2	2	
	3	11	14	6	
CCFZ+PEG-400+FR-4	<i>Alnus japonica</i>	1	13	13	--
		2	13	13	9
		3	13	13	--
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	1	1	1	1	
	2	1	1	1	
	3	14	1	1	

Table 1-20는 CCA 및 혼합약제로 처리된 임목으로부터 채취된 원판의 건조 후에 관찰된 다양한 형태의 횡단면 할렬을 보여준다. CCA 단독처리의 경우 거의 모든 원판에서 대형 V형 할렬을 포함한 대량의 할렬(Type 1)이 발생하였으나 PEG-400이 혼합된 약제처리시 대부분의 경우에 할렬이 완벽하게 예방되었다. 그리고 할렬이 발생하는 경우에도 Type 2, 3, 4의 형태로 PEG-400이 침투되지 않은 부위에서만 일부 발생되고 있다. 이상의 결과로부터 PEG-400의 정확한 침투깊이는 파악할 수는 없으나 혼합약제중 PEG는 자체의 우수한 확산성 때문에 물오리나무의 경우를 제외하고는 심재부까지 완전히 확산·침투함을 알 수 있었다. 물오리나무의 경우, 심재부 내로 PEG의 확산·침투가 불가능한 이유는 물오리나무 심재의 생재함수율이 본 연구의 다른 공시수종의 심재부 생재 함수율보다 낮는데 기인하리라 사료된다.

Table 1-21와 2-22는 각각 혼합약제를 이용한 원구법 처리시 방부제인 CCA 또는 CCFZ와 난연제인 FR-4의 방사방향 침투깊이를 보여주는데, 혼합약제의 종류에 따라 방부제와 난연제의 수종별 방사방향 침투깊이가 상이하였다. 방부제나 난연제에 관계없이 일반적으로 소나무와 물오리나무의 방사방향 약제 침투가 깊었는데, 특히 물오리나무의 경우에는 CCFZ+PEG-400+FR-4 혼합약제에서의 CCFZ, CCA+PEG-400+FR-4와 CCFZ+PEG-400+FR-4 혼합약제에서의 FR-4는 심재부까지 완벽하게 침투하였다.

잣나무와 은사시나무에서 방사방향 약제침투는 소나무나 물오리나무에 비하여 깊지 않았는데, 이러한 수종간 차이는 수종에 따른 변재폭과 방사조직의 차이(방사조직의 양과 방사방향 유동 기여도 차이)와 활엽수의 경우는 환공재와 산공재의 차이에 기인한다고 볼 수 있다.

방부제와 난연제의 방사방향 침투깊이는 다음과 같이 수종별로 상이하였다.

CCA+PEG-400+FR-4

CCA : 물오리나무 ≥ 소나무 > 은사시나무 = 잣나무

FR-4: 물오리나무 > 소나무 > 은사시나무 ≥ 잣나무

CCFZ+PEG-400+FR-4

CCFZ: 물오리나무 > 소나무 > 은사시나무 ≥ 잣나무

FR-4: 물오리나무 > 은사시나무 > 소나무 ≥ 잣나무

Table 1-20. Various patterns of cross-sectional checks in dried discs treated with CCA alone and CCA(or CCFZ)+PEG-400+FR-4 according to the location of measurement along the log length.

Chemical	Species	Reps.	Location of measurement			
			base	middle	top	
CCA	<i>Pinus</i>	1	1	1	1	
		2	1	--*1	--	
	<i>densiflora</i>	3	1	--	--	
		1	1	1	1	
	<i>Alnus</i>	2	1	1	1	
	<i>japonica</i>	3	1	1	1	
		1	1	1	1	
	<i>Populus</i>	2	1	1	1	
	<i>tomentiglandulosa</i>	3	1	1	1	
CCA+PEG-400+FR-4	<i>Pinus</i>	1	2	2	--	
		2	4	--	--	
	<i>densiflora</i>	3	--	--	--	
		1	--	--	--	
	<i>Pinus</i>	2	--	--	--	
	<i>koraiensis</i>	3	--	--	1	
		1	--	--	--	
	<i>Alnus</i>	2	--	--	--	
	<i>japonica</i>	3	--	--	--	
		1	3	3	3	
	<i>Populus</i>	2	--	--	--	
	<i>tomentiglandulosa</i>	3	3	3	3	
	CCFZ+PEG-400+FR-4	<i>Pinus</i>	1	--	--	--
			2	2	2	--
		<i>densiflora</i>	3	2	2	--
		1	--	--	--	
<i>Pinus</i>		2	--	--	--	
<i>koraiensis</i>		3	--	--	1	
		1	--	--	--	
<i>Alnus</i>		2	--	--	--	
<i>japonica</i>		3	--	--	--	
		1	--	--	--	
<i>Populus</i>		2	--	3	3	
<i>tomentiglandulosa</i>		3	--	3	3	

*1 not checked.

Table 1-21. Radial penetration depth(mm) of CCA or CCFZ into the treated wood.

Chemical Species	Reps.	Location of measurement			Avg. (min-max)
		base	middle	top	
<i>Pinus densiflora</i>	1	36.8 (31.4-41.0)	35.9 (29.8-41.6)	--	
	2	38.5 (27.5-49.1)	34.4 (20.2-51.3)	--	36.8 (20.2-51.3)
	3	37.1 (32.8-42.2)	37.8 (31.5-45.2)	--	
CCA+ PEG-400+	1	16.8 (14.5-17.8)	--	--	
	2	19.7 (14.9-24.7)	--	--	20.3 (14.5-28.8)
	3	24.5 (18.3-28.8)	--	--	
FR-4 <i>Alnus japonica</i>	1	52.9 (46.5-63.3)	54.2 (47.3-61.0)	--	
	2	23.3 (12.2-32.0)	23.6 (18.8-29.3)	19.3 (10.9-26.0)	38.4 (10.9-63.3)
	3	52.7 (47.5-57.5)	43.1 (36.7-51.1)	--	
<i>Populus tomentifolia glandulosa</i>	1	17.7 (14.5-23.0)	21.0 (12.9-29.2)	20.1 (15.5-23.3)	
	2	20.1 (13.2-24.5)	22.0 (17.6-28.8)	19.8 (14.9-23.9)	21.1 (12.9-29.2)
	3	24.0 (17.6-28.8)	24.2 (16.8-27.4)	20.7 (14.9-26.7)	

Table 1-21. Continued.

Chemical Species	Reps.	Location of measurement			Avg. (min-max)
		base	middle	top	
<i>Pinus densiflora</i>	1	44.4 (40.1-50.2)	37.2 (32.4-41.9)	35.1 (27.6-47.5)	
	2	39.8 (33.5-42.7)	30.9 (19.8-42.3)	34.8 (21.9-44.0)	36.8 (19.8-58.4)
	3	44.7 (32.8-58.4)	40.8 (32.9-55.1)	23.6 (20.1-28.7)	
<i>Pinus koraiensis</i>	1	14.8 (11.9-18.2)	14.0 (11.6-17.3)	13.2 (11.1-15.5)	
	2	22.5 (18.1-26.2)	22.9 (16.7-29.4)	--	19.2 (11.1-31.5)
	3	27.7 (24.0-31.5)	--	--	
CCFZ+ PEG-400+ FR-4					
<i>Alnus japonica</i>	1	FP ^{*1}	FP	--	
	2	FP	FP	--	
	3	FP	FP	--	
<i>Populus tomentosa glandulosa</i>	1	28.0 (22.7-38.1)	23.8 (21.2-28.4)	18.5 (17.3-21.0)	
	2	29.2 (24.1-32.2)	27.1 (23.1-30.7)	24.1 (20.7-29.2)	25.6 (17.1-38.1)
	3	28.1 (22.2-33.9)	28.3 (24.9-33.3)	23.0 (17.1-26.1)	

*¹FP means full penetration.

Table 1-22. Radial penetration depth(mm) of FR-4 into the treated wood.

Chemical	Species	Reps.	Location of measurement			Avg. (min-max)
			base	middle	top	
CCA+ PEG-400+ FR-4	<i>Pinus densiflora</i>	1	35.0 (30.4-41.9)	34.1 (28.7-41.9)	--	
		2	36.3 (19.1-51.4)	29.2 (13.3-48.7)	--	30.7 (13.0-51.4)
		3	33.3 (28.5-37.1)	27.6 (19.2-37.4)	19.6 (13.0-26.9)	
	<i>Pinus koraiensis</i>	1	18.7 (13.6-21.3)	17.5 (15.7-19.3)	14.8 (10.8-19.0)	
		2	27.1 (21.6-31.4)	--	--	21.6 (10.8-31.4)
		3	27.9 (25.4-30.6)	23.9 (20.5-27.0)	--	
	<i>Alnus japonica</i>	1	FP ²¹	FP	--	
		2	FP	FP	--	
		3	FP	FP	FP	
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	1	15.3 (8.4-22.6)	22.5 (19.2-24.5)	27.1 (24.0-33.2)		
	2	36.1 (33.4-41.7)	26.7 (18.8-34.6)	24.3 (23.0-25.5)	26.3 (8.4-34.6)	
	3	29.2 (24.6-32.7)	28.7 (25.7-34.0)	26.7 (21.3-30.4)		

²¹FP means full penetration.

Table 1-22. Continued.

Chemical	Species	Reps.	Location of measurement			Avg. (min-max)
			base	middle	top	
		1	15.5 (7.4-32.9)	44.5 (37.3-52.9)	--	
	<i>Pinus densiflora</i>	2	18.7 (11.0-25.4)	18.4 (9.7-23.0)	27.6 (16.5-41.0)	23.4 (7.4-52.9)
		3	15.8 (12.0-20.2)	--	--	
		1	15.5 (13.4-18.7)	12.3 (9.6-19.6)	14.8 (10.4-18.9)	
	<i>Pinus koraiensis</i>	2	25.5 (22.6-29.1)	16.4 (6.3-25.2)	19.2 (10.2-29.6)	17.9 (6.3-29.6)
CCFZ+		3	--	21.4 (13.4-29.2)	--	
PEG-400+						
FR-4		1	FP* ¹	FP	--	
	<i>Alnus japonica</i>	2	FP	FP	---	
		3	FP	FP	--	
		1	28.8 (17.5-32.3)	29.5 (27.5-31.0)	28.7 (25.5-30.6)	
	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	2	27.9 (23.4-31.3)	26.6 (22.6-29.7)	25.2 (22.2-29.8)	28.0 (15.5-35.4)
		3	24.2 (15.5-35.4)	32.3 (28.2-34.9)	29.2 (23.8-32.3)	

*¹FP means full penetration.

처리재의 사용중 내부부후를 예방하기 위해서는 방부제의 방사방향 침투깊이가 목재의 야외사용시 계속적인 젖음과 건조에 기인하여 발생하는 할렬의 깊이보다 깊어야 한다. 12개월간 야외 폭로된 소나무, 잣나무, 물오리나무, 은사시나무 임목으로부터 측정된 최대할렬의 깊이는 각각 32, 40, 37, 52 mm 였는데, 상기 각 수종별로 방부제인 CCA나 CCFZ의 평균 침투깊이가 12개월간 발생된 최대할렬의 깊이보다 깊은 수종은 소나무와 물오리나무였다.

나. 혼합약제의 보유량

Table 1-23과 2-24은 각각 혼합약제를 이용한 원구법으로 처리된 처리임목 내 방부제와 난연제의 보유량을 보여주는데, 처리재의 약제 보유량은 처리약제의 농도를 조절함에 의해 달성할 수 있기 때문에 이러한 처리임목의 약제보유량은 약제 침투깊이에 비해 별 의미가 없다. 왜냐하면 일단 약제가 목재 내로 필요한 깊이 이상으로 침투만 해준다면 보유량은 얼마든지 조절할 수가 있기 때문이다.

CCA+PEG-400+FR-4 혼합처리시 CCA 보유량은 CCA 단독처리시 CCA 보유량보다 낮게 나타남이 관찰되는데, 그 이유는 현재로서는 확실치 않다. 그러나 이러한 결과로부터 혼합처리시는 방부제인 CCA나 CCFZ의 농도를 단독처리시 보다 높게 책정하여야 됨을 알 수 있다. 난연제의 경우는 연구수행 방법에서도 언급하였듯이 난연제 구성성분 전체에 대한 정량법이 아직 제시되지 않은 관계로 인(P)의 양만 정량하여 Table 1-24에 보여주는데, FR-4 단독처리시와 비교할 때 혼합처리시는 방부제의 경우와 마찬가지로 인 보유량이 약간 낮았다. 따라서 혼합처리시는 난연제인 FR-4의 농도 역시를 단독처리시 보다 높게 책정하여야 됨을 알 수 있었다.

약제 보유량의 수축방향 변이, 즉 약제 투입위치로부터의 거리와 약제 보유량간의 관계를 보면 Table 1-23과 2-24에서 볼 수 있듯이 일반적으로 약제 투입위치에서부터 멀어질수록 약제 보유량이 낮아짐을 알 수 있었다. 이러한 약제의 수축방향 보유량 경사는 가압법에 의해 처리된 처리재에서 횡단방향으로 약제 보유량 경사가 발생하는 이유와 동일한 이유, 즉 원구쪽으로 유동·침투

되는 약제의 “screening” 현상에 의해 보유량 경사가 발생된다고 볼 수 있다. 지점부 사용이 가능한 약제인 CCA와 CCFZ의 경우는 이러한 수축방향의 보유량 경사가 발생되도 문제가 되지 않는다. 왜냐하면 보유량이 높은 말구쪽을 땅에 박으면 오히려 지점부의 내구성이 강화되는 효과가 있기 때문이다. 그러나 지상부 사용을 위한 처리재의 경우는 약제 보유량의 수축방향 경사를 완화시켜주어야 하기 때문에 일단 처리시 말구쪽에서 약제를 투입하다가 일정 시간이 지나면 약제 투입위치를 원구쪽으로 해서 다시 일정기간 약제를 주입하는 방법을 모색하여야 하리라 본다.

Table 1-23. Retention(kg/m³) of CCA or CCFZ in treated wood.

Tree species	Location	Treating chemical		
		CCA	CCA+PEG-400+FR-4	CCFZ+PEG-400+FR-4
<i>Pinus densiflora</i>	Base	72.719	8.413	3.397
	Middle	20.180	7.934	1.478
	Top	6.154	--	0.054
<i>Pinus koraiensis</i>	Base	nt ^{*1}	5.007	5.493
	Middle	nt	--	2.128
	Top	nt	--	0.192
<i>Alnus hirsuta</i>	Base	20.000	8.456	3.510
	Middle	8.233	1.746	2.503
	Top	1.223	0.930	--
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	Base	5.718	5.845	2.179
	Middle	4.103	2.583	1.832
	Top	1.365	1.380	0.885

*1 not tested.

Table 1-24. Retention(kg/m³) of phosphorus (P) in FR-4 in treated wood.

Tree species	Location	Treating chemical	
		CCA+PEG-400+FR-4	CCFZ+PEG-400+FR-4
<i>Pinus densiflora</i>	Base	2.140	1.217
	Middle	0.700	0.640
	Top	--	0.144
<i>Pinus koraiensis</i>	Base	1.495	0.989
	Middle	--	0.830
	Top	--	0.274
<i>Alnus hirsuta</i>	Base	2.523	1.391
	Middle	0.708	0.405
	Top	0.661	--
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	Base	1.467	0.728
	Middle	0.933	0.665
	Top	0.584	0.487

3. 결론

CCA 침투 측면에서 볼 때, 잣나무가 CCA+PEG-400+FR-4에 의한 처리가 불가능한 것을 제외하고는 공시수종(소나무, 잣나무, 물오리나무, 은사시나무) 전부를 원구법을 이용하여 혼합약제인 CCA+PEG-400+FR-4 및 CCFZ+PEG-400+FR-4에 의한 처리가 가능하였다. 처리제의 방부제 및 난연제 보유량은 혼합약제의 농도를 조절함에 의해 달성할 수 있기 때문에 처리도 측면에서 혼합약제의 침

투가 중요한데, 12개월간 야외 폭로된 공시수종의 임목에서 측정된 할렬의 최대 깊이보다 CCA나 CCFZ의 평균 침투깊이가 깊은 수종은 소나무와 물오리나무였다. 따라서 소나무와 물오리나무만 원구법을 이용한 혼합약제의 처리에 사용 가능한 수종이라 할 수 있다. 그러나 처리약제에 PEG-400이 혼합될 경우에는 최종 처리임목에서 PEG가 확산·침투된 지역은 수분에 의해 PEG가 완전히 용탈될 때까지는 할렬에 대한 저항을 보이므로 잣나무와 은사시나무도 원구법을 이용한 혼합약제의 처리가 가능한 수종이라 할 수 있다.

동일 임목에서도 원판의 위치에 따라 약제의 침투형태가 상이하게 나타났는데, 이는 처리시간이 연장되면 결과적으로 약제 투입위치로부터 거리와 관계없이 침투형태가 같아지리라 본다. 따라서 처리가 가능한 것으로 나타난 수종과 약제의 조합에 대해서는 처리임목의 길이에 따른 적정 처리시간(약제투입 위치와 반대 부위 원판도 약제 투입위치에서 채취된 원판의 침투형태와 동일하게 될 때까지 소요되는 시간) 결정을 위한 연구가 필요하다고 본다. 지점부 사용을 위한 처리임목은 약제의 수축방향 보유량 경사가 문제가 되지 않으나 지상부 사용을 위한 처리임목의 경우는 약제 보유량의 수축방향 경사를 완화시켜주어야 한다. 이를 위해서는 처리시 처음에는 말구 쪽에서 약제를 투입하다가 일정 시간이 경과되면 약제 투입위치를 원구 쪽으로 바꿔 다시 일정 기간 약제를 주입하는 방법을 모색하여야 하리라 사료되는데, 이에 대한 연구도 앞으로 필요하다고 본다.

제 5 절 산지처리 대상 수종의 CCA 및 CCFZ의 처리재내 정착 및 용탈특성

1. 재료 및 방법

가. 시험편의 준비 및 방부처리

소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix leptolepis*), 굴참나무 (*Quercus variabilis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*)의 변재부로부터 횡단면의 크기가 1.5 × 1.5cm이고, 길이가 20 cm인 시험편을 필요량 준비하여 함수율이 15%가 될 때까지 실내에서 기건시켰다. 수종별로 각각 30개씩[방부제(2) × 양생온도(1) × 양생기간(15)]의 양생용 시험편을 준비하였는데, 소나무의 경우는 별도로 45개[양생온도(3) × 양생기간(15)]의 가운데 의한 가속양생용 시험편을 준비하였다. 방부처리는 충세포법으로 실시되었는데, 수종별로 준비된 시험편의 절반씩을 각각 2%(w/v) CCA 3호와 CCFZ를 이용하여 가압처리하였다.

나. 방부처리 시험편의 양생

우리나라 중부지방의 연평균 기온과 비슷한 15℃를 양생온도로 하여 방부제와 수종의 조합별로 처리 시험편을 비건조조건(처리시험편들을 완전히 밀봉하여 시험편으로부터 수분손실을 최대한으로 억제한 상태)에서 양생시키다가 예비실험을 통해 미리 결정된 기간이 경과될 때마다 양생을 중지시켰다. 15℃ 온도조건에서 양생시 정착속도가 매우 느린 관계로 방부제의 목재내 정착을 가속화시키기 위하여 CCA로 처리된 소나무 시험편을 이용하여 가온조건에서 양생 실험을 하였다. CCA 처리 소나무 시험편을 40, 60, 80℃의 온도의 비건조 조건에서 양생시키다가 예비실험을 통해 미리 결정된 기간이 경과될 때마다

양생을 중지시켰다.

다. 분석용 시료의 준비 및 분석

미리 결정된 각 양생기간이 종료될 때마다 시험편의 양생을 중지시키고 시험편의 중앙부위에서 한 변의 길이가 1.5cm인 입방체 5개를 채취하여 방부제 유효성분의 정착특성 평가용 시편으로 사용하였다. McNamara(1989a)가 제시한 압출법에 따라 실험실용 소형 압착기를 이용하여 시편들을 횡단방향으로 두께의 절반까지 압착하여 세포벽에 미정착 상태로 남아있던 방부제 성분들을 세포내강에 남아있던 물과 함께 압출하여 이를 정착 평가용 시료로 사용하였다. 방부제 유효성분들의 처리 시험편내 정착정도는 압출액중에 3가크롬으로 환원되지 못한 6가크롬의 양을 diphenylcarbazide법(ASTM, 1987)에 의하여 측정하였다.

라. 정착률 계산

양생기간에 따른 방부제 성분들의 정착율(% fixation)은 다음의 공식에 의해 계산하였다

$$\% fixation = \frac{[Cr^{+6}]_{ts} - [Cr^{+6}]_{exp}}{[Cr^{+6}]_{ts}} \times 100$$

$[Cr^{+6}]_{ts}$ = 처리약제 중의 Cr^{+6} 의 농도(ppm)

$[Cr^{+6}]_{exp}$ = 양생시험편에서 압출된 용액내의 Cr^{+6} 의 농도(ppm)

마. 적정 양생기간의 결정

수중과 방부제의 조합별로 양생기간과 처리 시험편내의 잔존하는 6가 크롬 양의 관계를 나타내는 회귀식을 유도한 후, 다음과 같은 두 가지 방법에 의해 적정 양생을 위해 필요한 기간을 결정하였다. 첫번째는 Cooper와 Ung(1992)이 제시한 방법으로 분석용 시료 중에 존재하는 6가 크롬의 양이 15ppm 미만

으로 되는 시점을 방부제 유효성분들의 목재 내 정착이 완료되는 것으로 간주하여 계산하는 것이고, 두번째는 McNamara(1989b)가 제시한 방법으로, 6가 크롬의 정착율이 98%에 달하였을 때를 정착 완료시기로 보고 이 시점까지의 양생기간을 적정 양생기간으로 계산하는 것이다.

바. 용탈시험

용탈시험은 미국 방부협회 표준규격 AWPA E11-97(AWPA, 1997)에 의거하여 시행하였다. 최종적으로 양생이 종료된 시험편을 실내에서 2주간 기건시킨 후, 방부제와 수종의 조합별로 준비된 한 변의 길이가 1.5cm인 입방체 시편 6개를 150ml 용탈수(증류수)에 완전히 침지시켜 방부제 성분의 강제 용탈을 유도하였다. 총 14일간의 용탈기간 중 용탈수를 6, 24, 48시간, 그리고 그 후에는 매 48시간 간격으로 교체해 주었다. 용탈수 교체시마다 용탈수의 일정량을 모아 용탈량 측정시료로서 사용하였고, 방부제 성분의 용탈량은 기초과학지원연구소 서울분소의 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometer(ICP-AES)를 사용하여 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 정착특성

Fig. 1-11과 2-12는 수종별로 양생기간과 6가크롬의 압출량간의 관계를 각각 CCA와 CCFZ 처리 시험편 별로 보여준다. 그래프에서도 볼 수 있듯이 양자간의 관계는 $y = ae^{-bx}$ ($a, b > 0$)의 함수식으로 표시할 수 있는데, 상관이 매우 양호한 양생기간과 6가크롬의 압출량간의 회귀식을 이용하여 적정 양생기간을 결정할 수 있었다. Table 1-25은 Cooper와 Ung(1992)이 제시한 압출액 중에 6가크롬의 함량이 15ppm 미만인 되는 시점을 기준으로 계산한 적정 양생기간, Table 1-25는 McNamara(1989b)가 제시한 목재 내에 6가크롬의 정착율이 98% 이상 도달하는 시점을 기준으로 계산한 적정 양생기간을 보여준다.

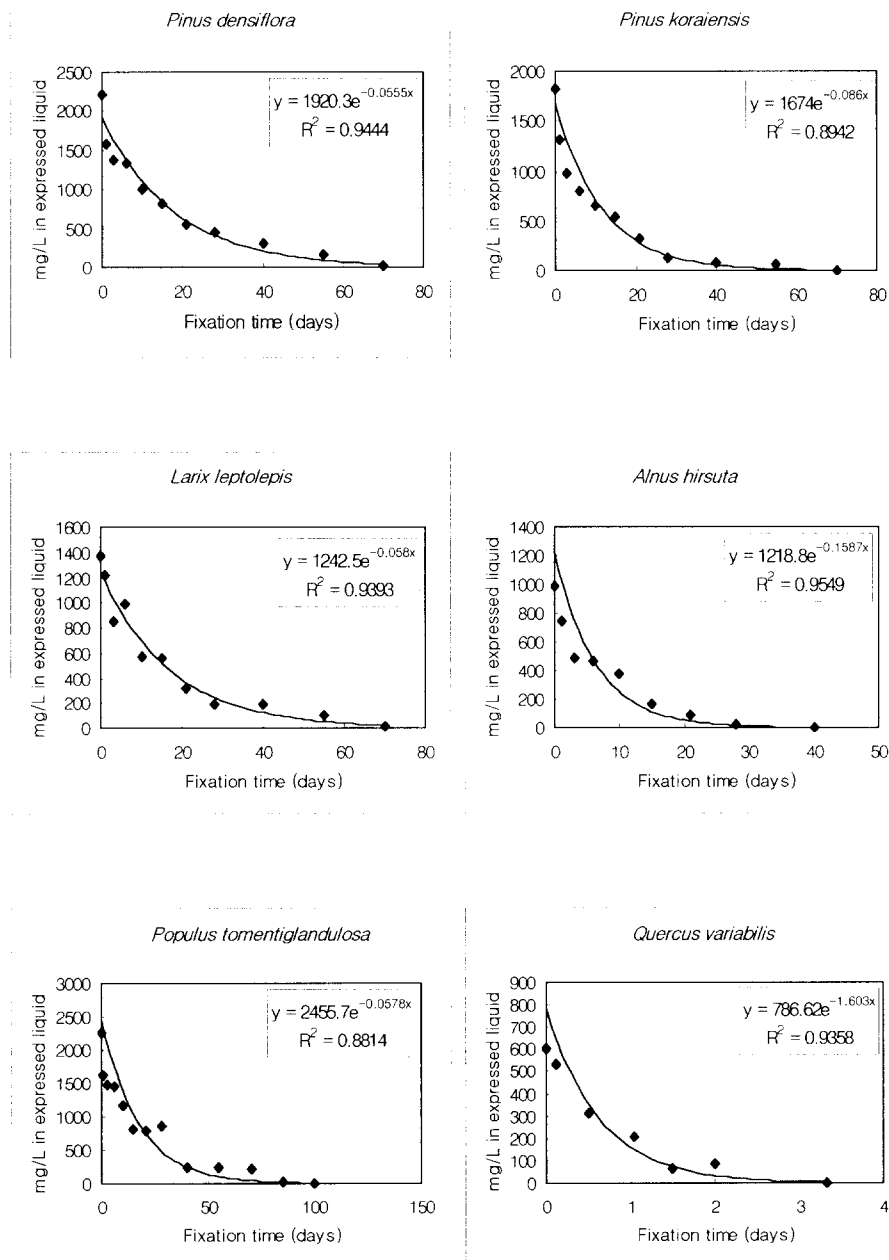


Fig. 1-11. Relation between fixation period and hexavalent chromium of expressate from CCA-treated samples stored at 15°C.

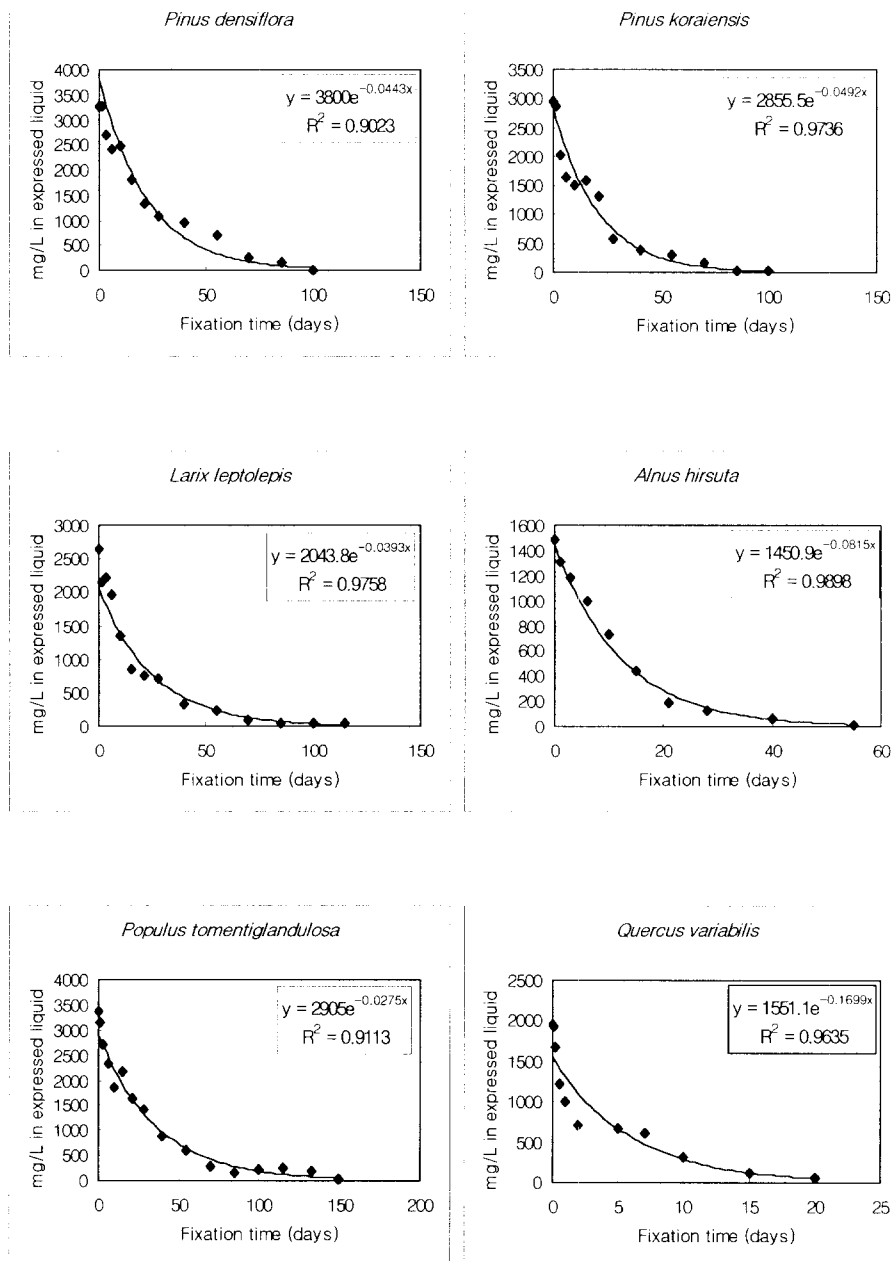


Fig. 1-12. Relation between fixation period and hexavalent chromium of expressate from CCFZ-treated samples stored at 15°C.

Table 1-25. Time (days) required for complete fixation evaluated using the method suggested by Cooper and Ung.

Preervative	Species					
	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Larix leptolepis</i>	<i>Alnus hirsuta</i>	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	<i>Quercus variabilis</i>
CCA	87	55	76	28	88	2
CCFZ	125	107	125	56	216	27

Table 1-26. Time days) required for complete fixation evaluated using the method suggested by McNamara.

Preervative	Species					
	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Larix leptolepis</i>	<i>Alnus hirsuta</i>	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	<i>Quercus variabilis</i>
CCA	57	35	47	17	59	2
CCFZ	86	72	81	35	144	16

CCA와 CCFZ간의 정착속도를 비교해 보면, 수종에 관계없이 CCFZ의 정착속도가 상당히 느린 것으로 나타났다(Fig. 1-13). 수종간 방부제 유효성분의 처리재내 정착속도는 방부제의 종류에 관계없이 은사시나무>소나무>낙엽송>잣나무>물오리나무>굴참나무의 순이었다(Fig. 1-14).

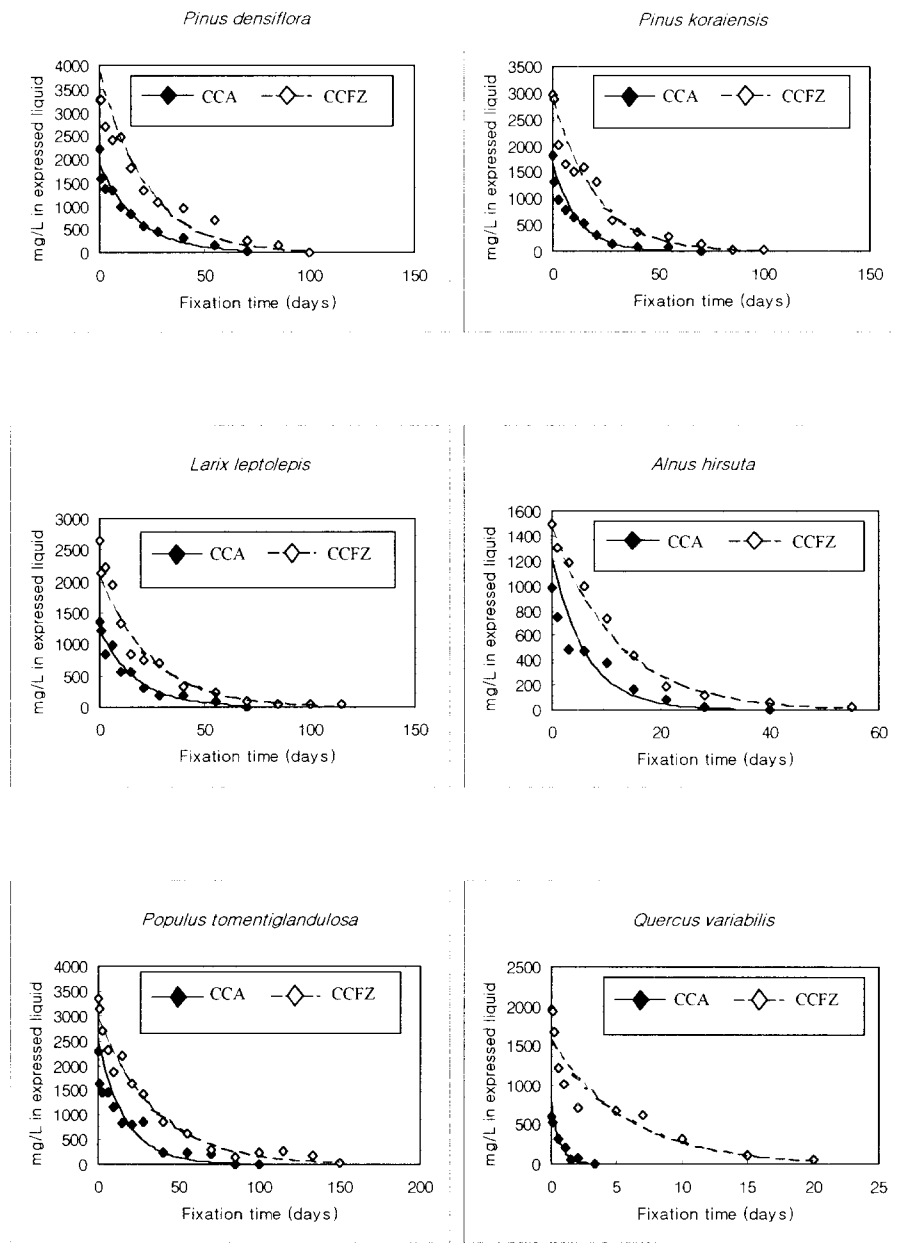


Fig. 1-13. Comparison of fixation rates of hexavalent chromium between CCA and CCFZ-treated wood samples during nondrying fixation at 15°C.

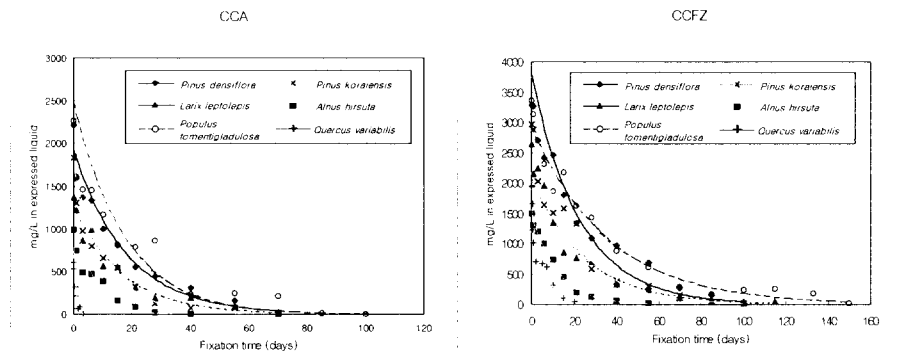


Fig. 1-14. Comparison of fixation rates of hexavalent chromium among wood species during nondrying fixation at 15°C.

이상에서 살펴본 바와 같이, 방부제 처리 후 처리재의 15°C 온도에서 양생은 방부제 성분의 목재 내 완전한 정착에 요하는 시간이 매우 길어서, 수분 이동경로를 이용한 산지처리후 산지에서 자연양생을 통해 방부제 성분의 완전한 정착을 달성하여 처리제품을 공급하는 것은 현실적이지 못하다고 사료된다. 이를 해결할 수 있는 방법으로 가온에 의한 양생 가속화를 생각해 볼 수 있는데, 본 연구에서는 CCA를 처리한 소나무 시편을 대상으로 40, 60, 80°C에서 가온양생을 수행하였다. 가온양생시 6가크롬의 목재 내 정착속도는 온도가 높을수록 빠르게 진행되었으며, Fig. 1-15에서 보는 바와 같이 정착이 양생초기에 급격하게 이루어지다가 양생 후기에 완만해지는 경향이 15°C의 양생과 같으므로 15°C의 경우와 마찬가지로의 방법으로 양생기간과 6가크롬의 압출량간의 회귀식을 유도하여 가온양생시 양생온도별로 적정 양생기간을 계산·예측하였다(Table 1-27). Fig. 1-16은 양생온도와 6가크롬의 양이 15ppm 이하로 되는데 소요되는 ln(양생기간)간의 직선관계를 보여주는데, 양자간의 상관이 거의 완벽하여 양생온도별로 적정 양생기간을 Fig. 1-16에 보여주는 직선회귀식에 의해 예측할 수 있다.

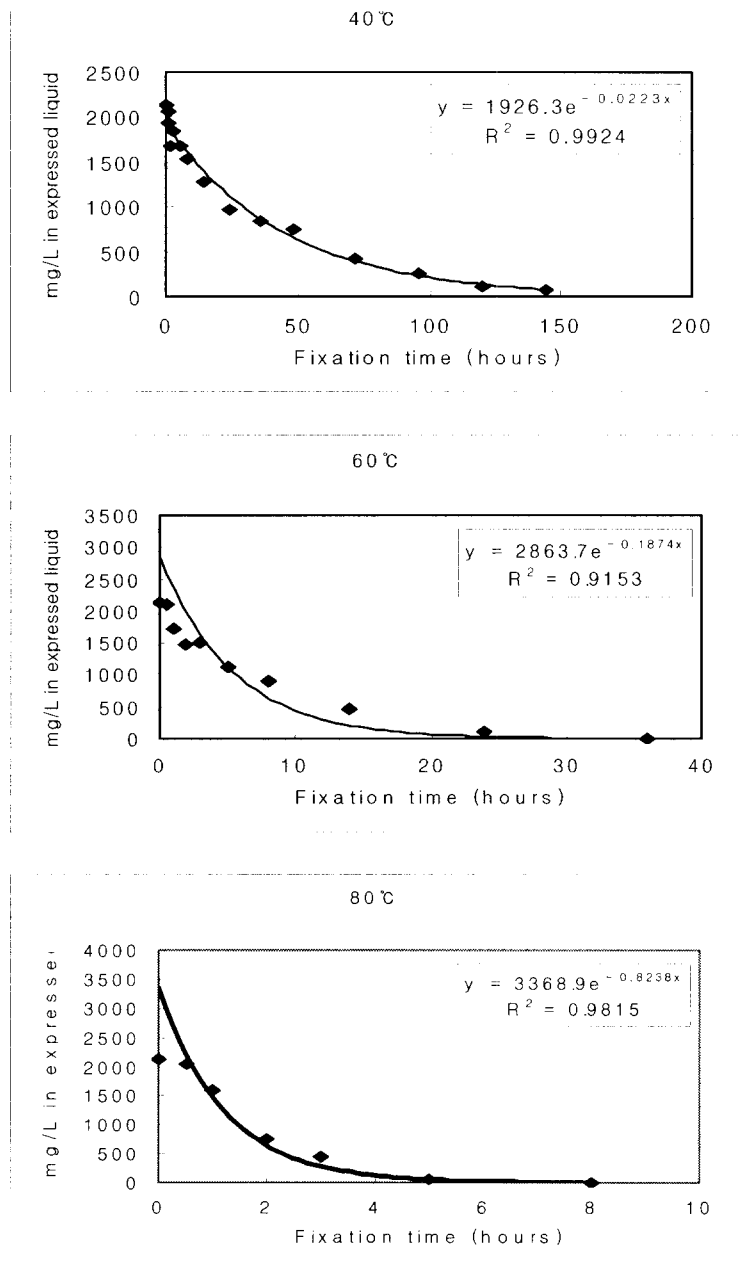


Fig. 1-15. Relation between fixation period and hexavalent chromium of CCA-treated *Pinus densiflora* samples stored at various temperatures.

Table 1-27. Time required for complete fixation of Cr-VI in CCA-treated *Pinus densiflora* evaluated using methods suggested by Cooper and Ung (1992) and McNamara(1989b).

Method	Temperatures			
	15°C	40°C	60°C	80°C
Cooper and Ung	87 ^{*1}	(218) ^{*2}	(28)	(7)
McNamara	57	(152)	(20)	(5)

*1 Unit of time=days

*2 Unit of time=hours

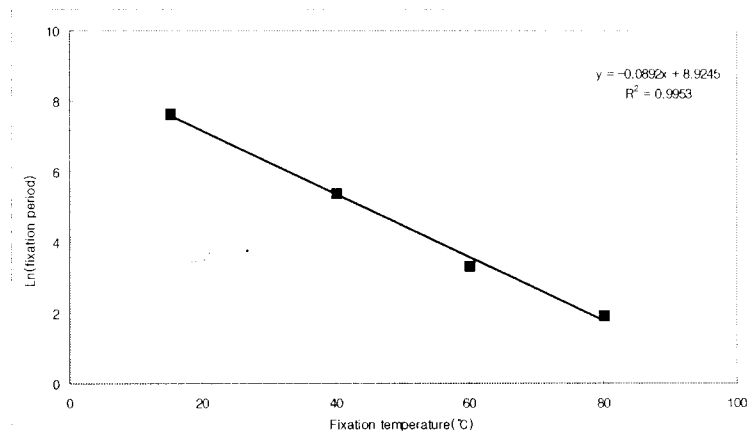


Fig. 1-16. Relationship between temperature and time required for full fixation (adopted from the nondrying fixation experiment of CCA-treated *Pinus densiflora* samples at various fixation temperatures).

양생온도와 적정 양생기간간의 회귀식에 의하면 15℃를 기준으로 양생온도
매 5℃ 상승마다 양생기간이 약 36% 단축됨을 알 수 있었는데, 산지처리후 처
리재 양생장소의 평균온도에 따라 수종별 적정 양생기간을 결정할 수 있을 것
이다.

나. 용탈특성

Fig. 1-17과 2-18은 각각 CCA와 CCFZ처리재로부터 14일 동안 방부제 유효
성분의 누적용탈량을 보여준다. 용탈기간에 따른 CCA 유효성분들의 용탈량은
모든 수종에서 비소>크롬>구리의 순이었고, CCFZ의 유효성분의 용탈량은 물오
리나무와 굴참나무를 제외한 나머지 네 수종에서는 아연>구리>크롬의 순이었
고 물오리나무는 아연>크롬>구리 순이고, 굴참나무에서는 크롬>아연>구리의
순이었다. 처리재 내에서 방부제 유효성분의 정착이 빨랐던 수종, 즉 6가크
롬의 정착 소요시간이 짧았던 굴참나무와 물오리나무에서 CCA의 경우 다른 수
종들보다 비소의 용탈이 많았고, CCFZ의 경우는 다량의 크롬이 용탈되었다.
두 방부제를 비교하여 보면 전체적으로 비슷한 양의 크롬이 용탈되었으나 굴
참나무와 물오리나무에서는 CCFZ처리재로부터 크롬의 용탈량이 확연하게 많았
다.

예상과 달리 CCA 처리 시험편으로부터 크롬과 비소의 용탈량이 각각 2~
6ppm과 15~32ppm으로 많았는데, 이는 양생온도와 관련이 있다고 사료되는데
앞으로 양생온도와 방부제 유효성분의 용탈량과의 관계에 대한 조사가 필요하
다고 본다.

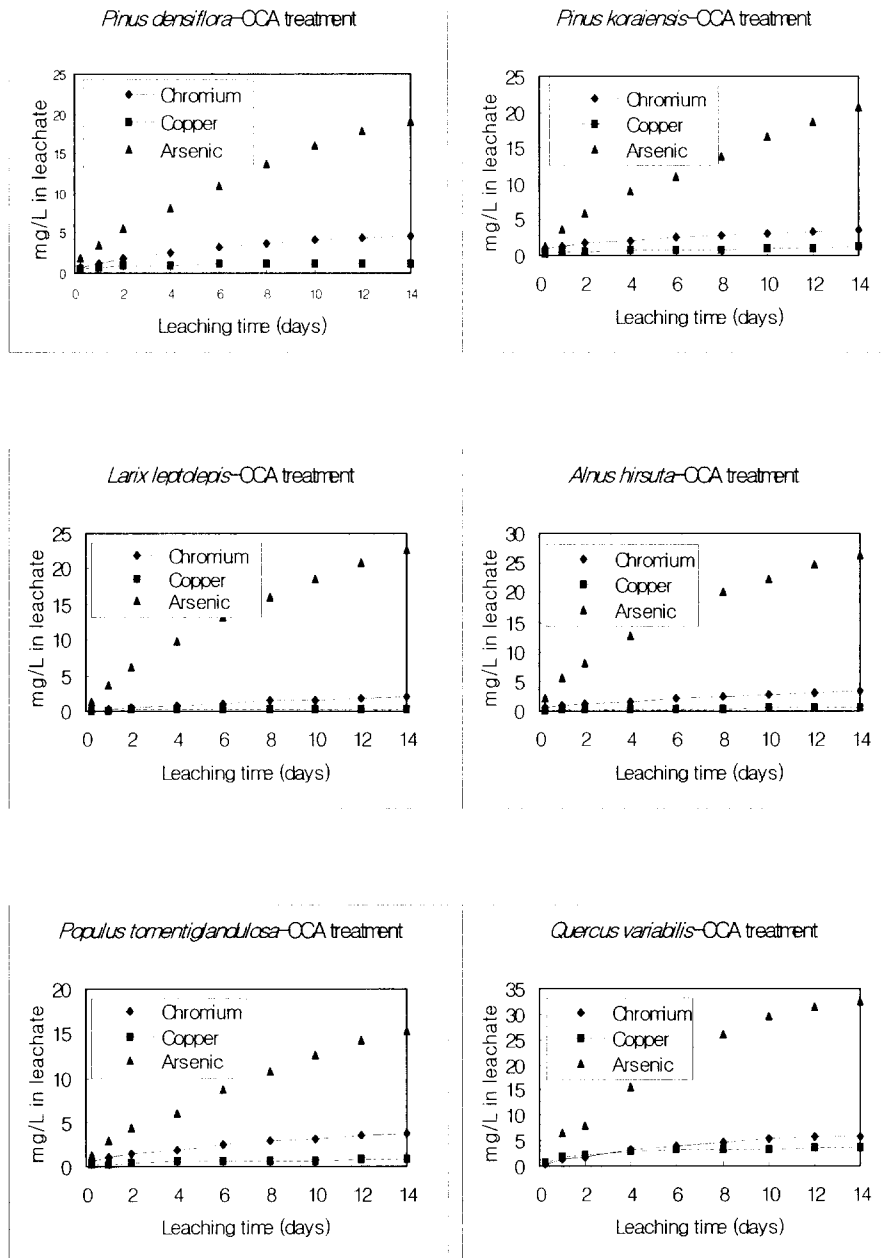


Fig. 1-17. Cumulative leaching of preservative elements from the CCA-treated blocks.

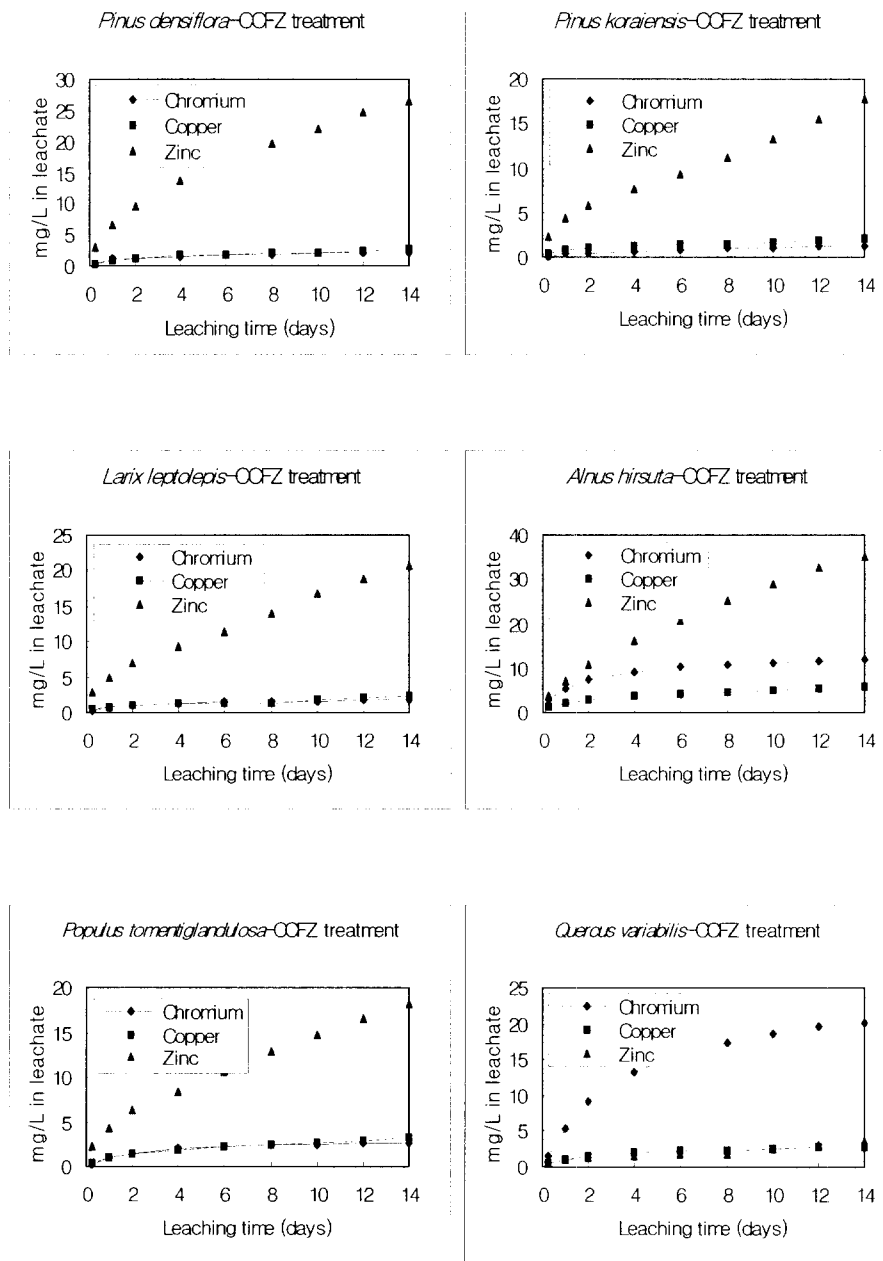


Fig. 1-18. Cumulative leaching of preservative elements from the CCFZ-treated blocks.

3. 결론

수종에 관계없이 CCA 3호가 CCFZ에 비하여 유효성분의 정착속도가 빨랐으며, 수종별 6가 크롬의 정착속도는 CCA 3호와 CCFZ 공히 굴참나무>물오리나무>잣나무>낙엽송>소나무>은사시나무의 순으로 빨랐다. 또한 방부제의 종류에 관계없이 양생기간과 압출액 중 6가크롬의 양간의 관계가 매우 양호하여서 수종별로 적정 양생기간을 예측할 수 있는 관계식을 유도할 수 있었다. 가온양생시 6가크롬의 목재 내 정착속도는 온도가 높을수록 빠르게 진행되었으며, 양생온도와 6가크롬의 양이 15ppm 이하로 되는데 소요되는 $\ln(\text{양생기간})$ 간의 상관성이 거의 완벽하여 양생온도별로 적정 양생기간을 예측할 수 있다. 양생온도와 적정 양생기간간의 회귀식에 의하면 15℃를 기준으로 양생온도 매 5℃ 상승마다 양생기간이 약 36% 단축되었다.

15℃에서 양생된 CCA 3호 처리 시험편으로부터 CCA 성분의 용탈량은 6 수종 전부에서 비소>크롬>구리의 순이었고, CCFZ 처리 시험편으로부터 CCFZ 성분의 용탈량은 물오리나무(아연>크롬>구리)와 굴참나무(크롬>아연>구리)를 제외한 4 수종에서 아연>구리>크롬의 순이었다. 예상과 달리 CCA 처리 시험편으로부터 크롬과 비소의 용탈량이 각각 2~6ppm과 15~32ppm으로 많았는데, 앞으로 양생온도와 방부제 유효성분의 용탈량과의 관계에 대한 조사가 필요하다고 본다.

제 6 절 CCA 및 CCFZ 처리제로부터 방부제 유효성분의 회수

1. 재료 및 방법

가. 적정 추출용제의 선정

원구법을 이용하여 CCA, CCZ+FR-4+PEG-400, CCFZ+FR-4+PEG-400로 처리된 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*) 원목에서 채취한 원판에서 약제가 침투된 부위만 별도로 마쇄하여 추출용 목분을 준비하였다. Acetic acid를 포함한 총 10개 추출용제를 대상으로 적정용제 선발시험을 수행하였는데, 추출은 용제농도 10%(w/v), 액비 10:1, 추출온도 60℃, 추출시간 6시간의 조건으로 shaking incubator에서 실시하였다. 추출이 종료된 후, 목분과 추출용제를 일단 filter paper를 이용하여 거르고 증류수로 수차 세척하여 분석용 추출액을 준비하였다. 추출액중의 방부제 유효성분의 양은 기초과학연구소 서울분소의 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer (ICP-AES)를 이용하여 미국 방부협회 표준규격 AWP A21-97 방법에 의해 측정하였다(AWPA, 1997). 그리고 목분중 구리, 크롬, 비소, 아연의 원 함량은 목분을 AWP A7-93의 질산과 과산화수소를 이용한 Kjeldhal 분해법으로 추출하여 추출액 분석과 동일한 방법으로 측정하였다(AWPA, 1997).

나. 적정 추출조건 선정

최종적으로 선정된 적정 추출용제(과산화수소)를 대상으로 적정 추출조건을 결정하기 위하여, CCA 단독처리 소나무 목분을 대상으로 추출온도(20, 40, 60℃), 추출용제의 농도(2.5, 5.0, 7.5, 10.0%), 추출시간(3, 6, 12, 24, 48시간)을 변수로 하는 적정 추출조건 선정 시험을 시행하였다. 추출후 분석용 추출액의 준비와 추출액중 방부제 유효성분의 정량은 전항과 동일하게 하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 적정 추출용제의 선정

CCA, CCA+FR-4+PEG-400, CCFZ+FR-4+PEG-400 처리 목분을 대상으로 실시한 적정 추출용제 선정 시험의 결과를 Table 1-28에 보여준다.

무기산들은 모든 방부제 유효성분의 추출에 매우 효과적이었으나 가격에 관계없이 Honda 등(1991)이 지적하였듯이 무기산이 총유기탄소(total organic carbon)의 추출에 미치는 영향과 무기산의 사용 및 환경안전성을 고려할 때 추출용제로 사용하기는 곤란하다고 본다. 유기산들중에는 oxalic acid가 무기산과 비슷한 추출수율을 보였으나 나머지 acetic acid, formic acid, tartaric acid는 추출수율이 약간 무기산에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다. 알칼리인 sodium hydroxide의 비소 추출수율은 매우 양호하였으나 구리, 크롬, 아연의 추출수율이 상당히 낮아서 추출용제로 효과적이지 못함을 알 수 있었다. 과산화수소의 경우는 추출수율이 매우 높아 CCA와 CCFZ의 모든 유효성분을 거의 완벽하게 추출할 수 있었다. 이상의 추출수율과 용제의 가격(Table 1-29 참조) 및 용제의 사용 및 환경안전성을 모두 고려할 때 과산화수소를 최종 추출용제로 선정하였다.

Table 1-28. Effectiveness of leaching agents on extraction of CCA or CCFZ components from treated wood

Treatment	Selected leaching agents	Wood species	Approximate CCA or CCFZ component extracted (%)		
			Cu	Cr	As
CCA	Acetic acid	<i>P. densiflora</i>	86	20	39
		<i>A. hirsuta</i>	84	21	43
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	89	24	46
	Formic acid	<i>P. densiflora</i>	84	51	61
		<i>A. hirsuta</i>	81	55	65
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	82	57	57
	Oxalic acid	<i>P. densiflora</i>	69	83	86
		<i>A. hirsuta</i>	73	81	84
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	60	86	87
	Tartaric acid	<i>P. densiflora</i>	91	61	61
		<i>A. hirsuta</i>	92	57	71
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	97	66	68
	Hydrochloric acid	<i>P. densiflora</i>	89	80	80
		<i>A. hirsuta</i>	90	74	82
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	91	76	82
	Nitric acid	<i>P. densiflora</i>	96	79	76
		<i>A. hirsuta</i>	95	75	85
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	93	75	76
	Phosphoric acid	<i>P. densiflora</i>	87	74	77
		<i>A. hirsuta</i>	87	83	85
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	91	84	84
	Sulfuric acid	<i>P. densiflora</i>	100	79	99
		<i>A. hirsuta</i>	100	73	100
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	100	82	100
	Sodium hydroxide	<i>P. densiflora</i>	13	18	89
		<i>A. hirsuta</i>	16	11	94
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	10	13	89
Hydrogen peroxide	<i>P. densiflora</i>	100	94	98	
	<i>A. hirsuta</i>	100	100	100	
	<i>P. tomentiglandulosa</i>	100	100	100	

Table 1-28. Continued

Treatment	Selected leaching		Approximate CCA or CCFZ component extracted (%)		
	agents	Wood species	Cu	Cr	As
CCA +FR-4 +PEG-400	Acetic acid	<i>P. densiflora</i>	82	23	40
		<i>P. koraiensis</i>	80	27	37
	Fomic acid	<i>A. hirsuta</i>	82	18	40
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	85	23	38
Oxalic acid	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	83	44	68
		<i>P. koraiensis</i>	89	42	63
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	89	45	65
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	91	48	63
Tartaric acid	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	64	83	87
		<i>P. koraiensis</i>	61	84	86
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	62	85	88
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	71	76	97
Hydrochloric acid	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	100	66	72
		<i>P. koraiensis</i>	87	64	61
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	88	62	62
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	90	60	77
Nitric acid	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	85	81	85
		<i>P. koraiensis</i>	89	78	72
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	83	84	77
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	86	74	87
Phosphoric acid	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	100	72	84
		<i>P. koraiensis</i>	97	79	79
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	88	70	79
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	95	67	82
Sulfuric acid	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	96	78	88
		<i>P. koraiensis</i>	91	83	76
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	87	81	77
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	91	72	79
Sodium hydroxide	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	100	93	100
		<i>P. koraiensis</i>	100	85	100
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	100	91	100
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	100	91	91
Hydrogen peroxide	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	18	23	100
		<i>P. koraiensis</i>	14	27	95
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	12	18	95
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	14	22	100
Hydrogen peroxide	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i>	100	98	100
		<i>P. koraiensis</i>	100	92	93
	<i>A. hirsuta</i>	<i>A. hirsuta</i>	100	93	94
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	100	90	98

Table 1-28. Continued

Treatment	Selected leaching agents	Wood species	Approximate CCA or CCFZ component extracted (%)		
			Cu	Cr	Zn
CCFZ +FR-4 +PEG-400	Acetic acid	<i>P. densiflora</i>	81	20	84
		<i>P. koraiensis</i>	80	24	80
		<i>A. hirsuta</i>	85	21	73
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	75	25	71
	Formic acid	<i>P. densiflora</i>	91	57	79
		<i>P. koraiensis</i>	86	45	87
		<i>A. hirsuta</i>	85	55	78
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	86	53	75
	Oxalic acid	<i>P. densiflora</i>	88	85	79
		<i>P. koraiensis</i>	77	91	71
		<i>A. hirsuta</i>	83	86	82
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	78	83	75
	Tartaric acid	<i>P. densiflora</i>	87	74	80
		<i>P. koraiensis</i>	89	71	85
		<i>A. hirsuta</i>	85	70	79
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	86	69	90
	Hydrochloric acid	<i>P. densiflora</i>	87	74	79
		<i>P. koraiensis</i>	85	79	82
		<i>A. hirsuta</i>	81	74	80
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	84	78	78
	Nitric acid	<i>P. densiflora</i>	87	78	79
		<i>P. koraiensis</i>	89	72	82
		<i>A. hirsuta</i>	84	75	78
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	87	81	80
	Phosphoric acid	<i>P. densiflora</i>	80	76	75
		<i>P. koraiensis</i>	92	76	79
		<i>A. hirsuta</i>	86	78	80
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	85	70	84
	Sulfuric acid	<i>P. densiflora</i>	88	83	84
		<i>P. koraiensis</i>	89	77	81
		<i>A. hirsuta</i>	88	72	83
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	86	84	82
	Sodium hydroxide	<i>P. densiflora</i>	24	14	47
		<i>P. koraiensis</i>	24	16	57
		<i>A. hirsuta</i>	19	10	45
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	25	17	46
	Hydrogen peroxide	<i>P. densiflora</i>	100	91	100
		<i>P. koraiensis</i>	100	88	100
		<i>A. hirsuta</i>	100	92	100
		<i>P. tomentiglandulosa</i>	100	96	100

Table 1-29. Cost of leaching agents*1

Leaching agents	capacity(g)	Purity(%)	Price(₩)	10% Price(₩)
Acetic acid	1,000	99.7	8,700	873
Formic acid	1,000	98	18,400	1,878
Sulfuric acid	1,000	97	5,800	598
Sodium hydroxide	1,000	96	9,200	958
Oxalic acid	500	99.5	13,000	2,613
Tartaric acid	500	99	13,800	2,788
Nitric acid	1,000	60	8,300	1,383
Hydrochloric acid	1,000	35	6,400	1,829
Phosphoric acid	1,000	85	9,800	1,153
Hydrogen peroxide	1,000	30	8,000	2,667

*1Source: DAIHAN Scientific Co. (<http://daihan-sci.com>).

나. 적정 추출조건 선정

Table 1-30은 추출온도, 추출용제의 농도, 추출시간의 조합별로 CCA 단독처리 소나무 목분으로부터 CCA 유효성분의 추출수율을 보여준다.

1) 추출온도의 영향

Fig. 1-19에서 보여주듯이 추출온도가 높을수록 CCA의 유효성분인 구리, 크롬, 비소의 추출수율은 급하게 증가하였다.

2) 용제농도의 영향

크롬과 비소는 추출용제의 농도가 증가함에 따라 지속적으로 추출수율이 증가하였으나 구리는 추출용제의 농도가 2.5% 이상에서는 추출수율이 더 이상 증가되지 않음을 알 수 있었다(Fig. 1-20).

Table 1-30. Effectiveness of leaching conditions on extraction of CCA components from treated Japanese red pine wood.

Reaction temperature (°C)	Reagent concentration (%)	Reaction time (hours)	Approximate CCA component extracted (%)		
			Cr	Cu	As
20	2.5	3	11	8	5
		6	14	12	9
		12	15	17	12
		24	17	29	19
		48	21	40	25
	5	3	15	10	8
		6	18	15	12
		12	21	24	19
		24	14	22	16
		48	31	49	37
	7.5	3	19	13	11
		6	23	20	16
		12	26	29	24
		24	21	30	23
		48	40	55	45
	10	3	22	16	13
		6	27	23	20
		12	31	33	29
		24	32	42	35
		48	46	56	54
40	2.5	3	21	27	19
		6	29	51	29
		12	43	72	46
		24	57	78	58
		48	57	80	59
	5	3	28	38	27
		6	43	62	45
		12	62	78	63
		24	83	87	84
		48	92	84	90
	7.5	3	37	50	37
		6	53	68	56
		12	72	79	73
		24	97	85	95
		48	100	90	98
	10	3	37	45	38
		6	61	68	64
		12	77	76	79
		24	100	89	98
		48	100	91	97

Table 1-30. Continued

Reaction temperature (°C)	Reagent concentration (%)	Reaction time (hours)	Approximate CCA component extracted (%)		
			Cr	Cu	As
60	2.5	3	47	74	48
		6	59	78	61
		12	66	78	68
		24	77	79	79
		48	86	79	88
	5	3	72	82	71
		6	85	85	84
		12	92	80	91
		24	98	85	96
		48	100	85	98
	7.5	3	88	83	87
		6	98	88	97
		12	100	86	99
		24	100	85	99
		48	100	86	100
10	3	98	88	96	
	6	100	93	100	
	12	100	94	100	
	24	100	96	100	
	48	100	96	100	

3) 추출시간의 영향

추출시간이 연장될수록 추출수율은 증가되었는데(Fig. 1-21), 추출온도가 높을수록 일정 시간이 경과되면 추출이 거의 완료되는 관계로 추출시간의 연장은 무의미한 것으로 나타났다.

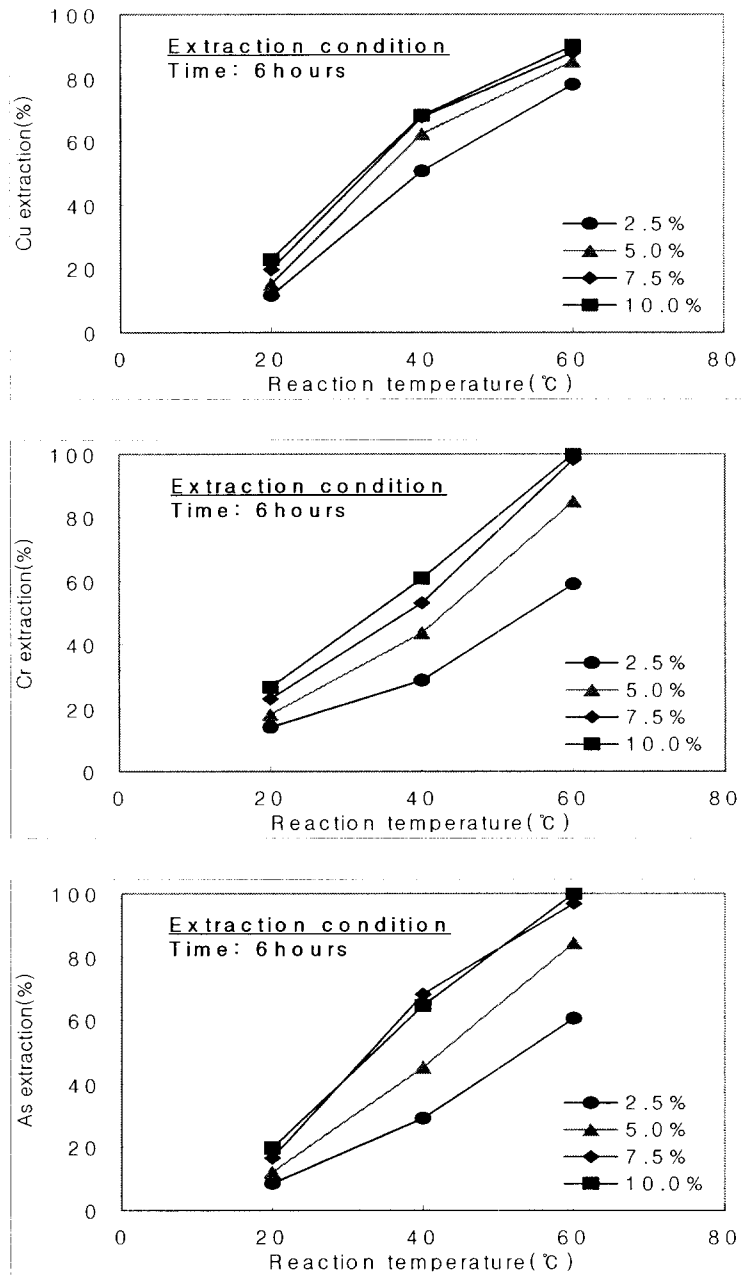


Fig. 1-19. Effect of reaction temperature on extraction of CCA components from treated wood.

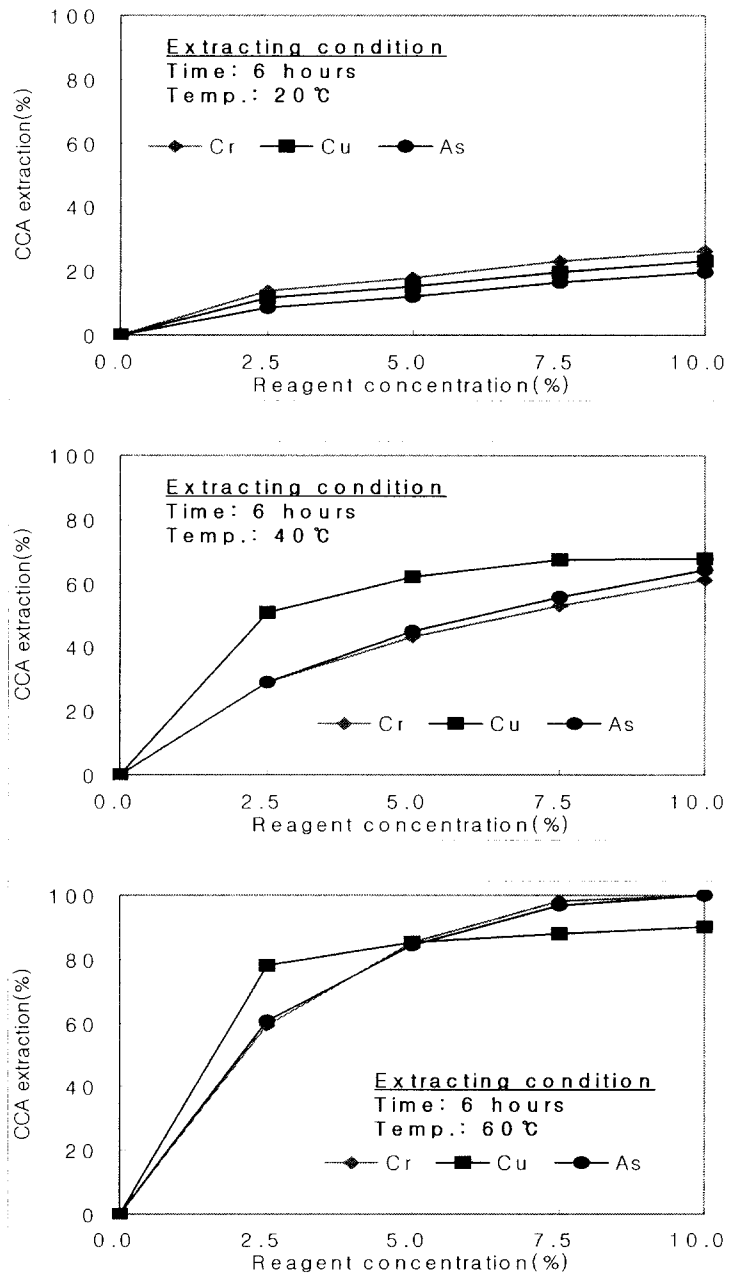


Fig. 1-20. Effect of reagent concentration on extraction of CCA components from treated wood.

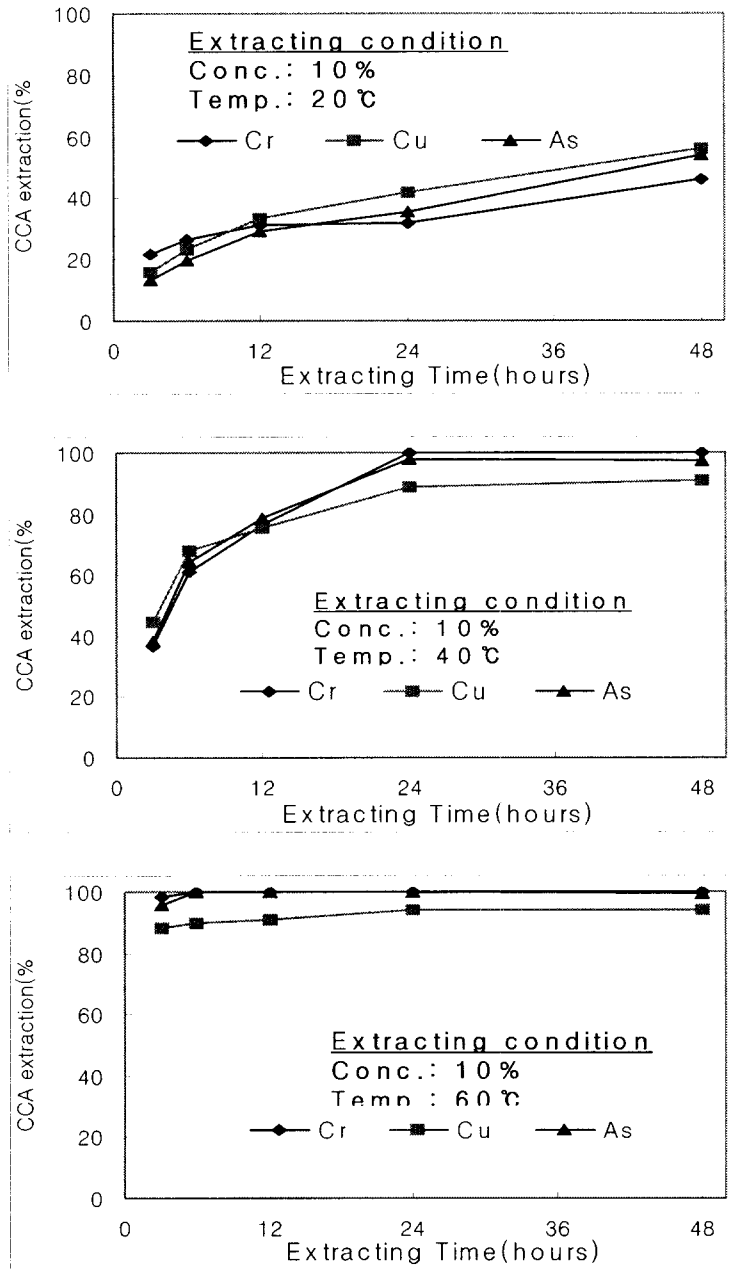


Fig. 1-21. Effect of reaction time on extraction of CCA components from treated wood.

추출수율에 미치는 추출온도, 추출용제의 농도, 추출시간의 영향을 조사한 결과를 종합해보면, 추출온도와 추출용제의 농도가 높을수록, 그리고 추출시간이 연장될수록 CCA 유효성분의 추출수율은 증가되었다. 경제적인 측면을 고려할 때 가능하면 낮은 농도의 추출용제를 사용하여 낮은 추출온도에서 추출하여야 하나, 이 경우에는 필요한 추출수율을 달성하기 위해서는 엄청난 장기간 추출이 요구된다. 40℃ 이상의 추출온도에서 농도 5% 이상의 용제를 사용하여 추출함의 권장되는데, 다음의 Table 1-31은 추출용제의 농도와 추출온도의 조합에 따라 필요한 추출수율을 달성하기 위해 요구되는 추출시간을 보여준다.

Table 1-31. Recommended extraction time traction according to extraction temperature and leachant concentration.

Reagent concentration	Reaction temperature	Reaction duration
5.0%	40℃	>48 hours
	60℃	24~48 hours
7.5%	40℃	24~48 hours
	60℃	6~12 hours
10.0%	40℃	12~24 hours
	60℃	3~6 hours

추출된 방부제 유효성분인 구리, 크롬, 비소이온은 산화제의 첨가에 의해 산화시켜 구리화합물(CuO), 크롬화합물(CrO_3), 비소화합물(As_2O_5)로 만들어 새로운 방부제의 원료로 재사용할 수 있고, 방부제 유효성분이 거의 완벽하게 추출된 목분은 제반 용도로 재활용이 가능하게 된다.

목분 대신에 chip 등 파쇄목재를 추출하는 경우에는 추출 소요시간이 너무 오래 걸리는 문제점이 발견되었다. 현재 국내에서 생산되는 목재파쇄기가 톱밥제조 겸용으로 나오기 때문에 처리임목의 원주가공이나 제재후 발생하는 가공폐재를 톱밥으로 만들어 추출하는 것이 보다 효율적이고 경제적이다 할 수 있다.

3. 결론

추출수율, 용제의 가격, 용제의 사용 및 환경안전성을 모두 고려할 때, CCA 및 CCFZ 처리폐재로부터 방부제 유효성분의 추출에 적합한 용제는 과산화수소 이었는데, 추출온도와 과산화수소의 농도가 높을수록, 그리고 추출시간이 연장될수록 CCA 유효성분의 추출수율은 증가되었다. 연구 결과를 종합할 때, 40℃ 이상의 추출온도에서 농도 5% 이상의 과산화수소를 사용하여 추출함의 권장되며, 추출용제의 농도와 추출온도의 조합에 따라 필요한 추출수율을 달성하기 위해 요구되는 추출시간을 결정·제시하였다.

제 7 절 산지처리와 관련된 환경영향 축소기술 개발

I. 처리시 발생하는 처리폐액의 재활용 또는 친환경적 폐기

1. 재료 및 방법

원구법을 이용하여 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 은사시나무(*Populus tomentiglandulosa*) 원목을 CCA, CCZ+FR-4+ PEG-400, CCFZ+FR-4+PEG-400으로 처리할 때 약제 투입구 반대 쪽, 즉 말구에서 빠져나오는 폐액(수액과 방부제 유효성분의 일부가 포함)을 회수하여 폐액중에 포함된 방부제 유효성분의 양을 조사하였다. 처리용 약제와 폐액중의 방부제(CCA와 CCFZ) 유효성분의 양을 기초과학연구소 서울분소의 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer (ICP-AES)를 이용하여 미국방부협회(American Wood Preservers' Association: AWWA) 표준 규격 AWWA A21-97 (AWWA, 1997) 방법에 의해 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

Table 1-32은 처리약제의 종류와 처리 대상수종의 조합별로 폐액중에 포함된 방부제 유효성분의 양과 처리용 약제의 유효성분에 대한 백분율을 보여준다. 조사 결과, 폐액중 방부제 유효성분의 양은 예상보다는 많지 않았으며, 수종에 따른 방부제 유효성분의 선택적 흡착 가능성이 존재하리라 예상되었으나 폐액중 방부제 유효성분인 구리, 크롬, 비소, 아연의 양은 약제의 종류와 수종의 조합에 따른 일정한 경향은 없었다. 양의 많고 적음에 관계없이 폐액은 독성 중금속인 비소와 크롬화합물을 포함하기 때문에 처리장 주변환경으로 누출되지 않게 수집하여 처리용 약제의 제조시 용제(make-up water)로 재활용하여야 할 것이다. 그리고 폐액중에는 당류가 포함될 수 있으므로 용제로 재활용하기 전까지 폐액은 낮은 온도에 보관하면서 당류와 약제 유효성분간의 반응에 의한 슬러지(sludge)의 형성을 예방해주어야 한다. 재활용이 불가능

한 상황이 발생할 경우에는 폐기를 하여야 하는데 폐기는 일반 가압처리 공장
에서와 마찬가지로 전문 폐기업체에서 맡겨야 할 것이다.

Table 1-32. Concentration of preservative components in the sap pushed
out through the top end.

Chemicals	Tree species	Concentration of preservative component (ppm)		
		As ₂ O ₅ (ZnO)	CrO ₃	CuO
CCA	<i>P. densiflora</i>	44.6 (0.17) ^{*1}	200.0 (0.37)	6.31 (0.04)
	<i>A. hirsuta</i>	234.7 (0.89)	9.75 (0.02)	0.00 (0.00)
	<i>P. tomentiglandulosa</i>	0.97 (0.00)	617.3 (1.16)	3.18 (0.02)
CCA+FR-4+PEG-400	<i>P. densiflora</i>	0.41 (0.03)	0.62 (0.50)	0.01 (0.50)
	<i>P. koraiensis</i>	8.99 (0.73)	0.67 (0.54)	0.50 (19.9)
	<i>A. hirsuta</i>	111.4 (9.08)	25.0 (20.2)	0.01 (0.50)
	<i>P. tomentiglandulosa</i>	97.2 (7.93)	17.2 (6.39)	0.01 (0.50)
CCFZ+FR-4+PEG-400	<i>P. densiflora</i>	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.46 (1.47)
	<i>P. koraiensis</i>	0.44 (28.7)	0.00 (0.00)	0.46 (1.47)
	<i>A. hirsuta</i>	0.52 (34.4)	2.37 (0.89)	1.31 (4.18)
	<i>P. tomentiglandulosa</i>	0.05 (3.29)	3.79 (1.41)	0.46 (1.47)

*1 Values in parenthesis are percent component leached from original
treating solution.

3. 결론

원구법 처리시 말구 쪽으로 빠져나오는 폐액중에는 예상보다는 많지 않았으나 방부제 성분을 일부 포함하기 때문에 처리장 주변환경으로 누출되지 않게 수집하여 처리용 약제의 제조시 용제(make-up water)로 재활용하여야 할 것이다.

II. 친환경적 원구법 처리장 부지 선정과 처리시설의 설계 및 운용

원구법 처리는 벌채 현장에서 벌채 직후 바로 처리함이 처리도 측면에서 가장 바람직하나 벌채 현장에서 처리할 경우 산지의 환경오염 문제를 완전히 배제할 수 없다. 따라서 벌채후 조재된 원목을 산지 근처에 설치된 원구법 처리장으로 운반하여 처리함이 환경적 측면과 처리임목의 대량 생산 측면에서 바람직하다고 본다. 본 연구에서는 현장 방문을 통하여 조사된 국내 주요 가압방부 처리공장의 공장환경, 작업환경, 생산환경과 문헌조사를 통한 선진 외국의 가압방부 처리공장 설계 기준을 참조하여 처리장 주변의 토양 및 하천오염이 발생하지 않도록 환경 친화적인 원구법 처리장에 대한 설계를 제시하였다.

1. 처리장 부지 선정

모든 산업용 부지의 선정시와 마찬가지로 원구법 처리장 부지도 수문지리(hydrogeology), 지형(topography), 토양 등 기술적 부지조건과 사회지리적 부지조건인 토지이용, 토지 유효성 여부, 도로 접근성 등을 고려하여 선정하여야 하는데, 환경문제를 반드시 고려하여야 하는 원구법 처리장 부지 선정에는 기술적 부지조건이 우선적으로 고려되어야 한다. 원구법 처리장에서 유독물질인 방부제의 사용은 지표수와 지하수 오염을 초래할 위험이 있는데, 방부제에 의한 오염정도는 방부제의 화학적, 물리적, 생물학적 특징, 처리시설의

설계 및 운용뿐 아니라 공장부지의 토양형, 지리, 수문, 기후, 지형, 배수 등에 의해 크게 좌우된다.

강우시 침수되지 않으면서 배수가 천천히 되는 경사도 10% 미만인 지역을 일단 선정한 다음 부지의 토성, 토양의 투과성, 지표로부터 모암 및 지하수까지의 거리를 최종적으로 고려하여 최종적으로 원구법 처리장 부지를 선정하면 된다. 일반적으로 투과성이 0.5 cm/hour 미만인 양토, 미사질양토, 미사질식양토, 식양토, 또는 사(질)양토의 토성이 선호되고, 지표면으로부터 모암 (bedrock)과 지하수까지 깊이는 최소한 2m 이상이 되어야 한다. 그러나 호수와 강과 접하거나 음용수나 농업용수로 사용되는 지하수 위, 식품공장이나 음료공장 근처는 원구법 처리장 부지로 적합하지 않다.

2. 처리시설의 설계

가. 처리장의 환경

처리장의 바닥을 완벽하게 아스콘으로 포장한 후 방수처리를 실시하여 작업액(처리용 약제)의 제조시, 원구법 처리시, 처리후 양생시 누출 가능한 방부제와 처리폐액이 지하로 스며들지 않도록 하여야 한다. 그리고 가능한 범위 내에서 처리장에 지붕을 설치하여 강우시 빗물이 처리장 바닥에 도달하지 않도록 한다. 만일 지붕이 설치되지 않은 경우에는 빗물이 처리장 바닥에 누출된 방부제나 처리폐액과 혼합되게 되는데, 이러한 빗물은 반드시 친환경적으로 처리된 후 배출되어야 하기 때문에 지붕이 설치되지 않은 경우에는 빗물의 처리에 많은 비용이 들기 때문이다. 그리고 포장된 처리장 바닥에 누출된 방부제와 처리폐액의 원활한 회수를 위해 바닥에 경사를 주고 이들을 한 곳에 모일 수 있도록 배수로를 설치하여야 한다.

나. 원구법 처리시설

원구법 처리를 다음의 Fig. 1-22에 보여주는 방식으로 실시하면 처리중에 작업액이나 처리폐액이 외부로 누출되지 않게 된다.

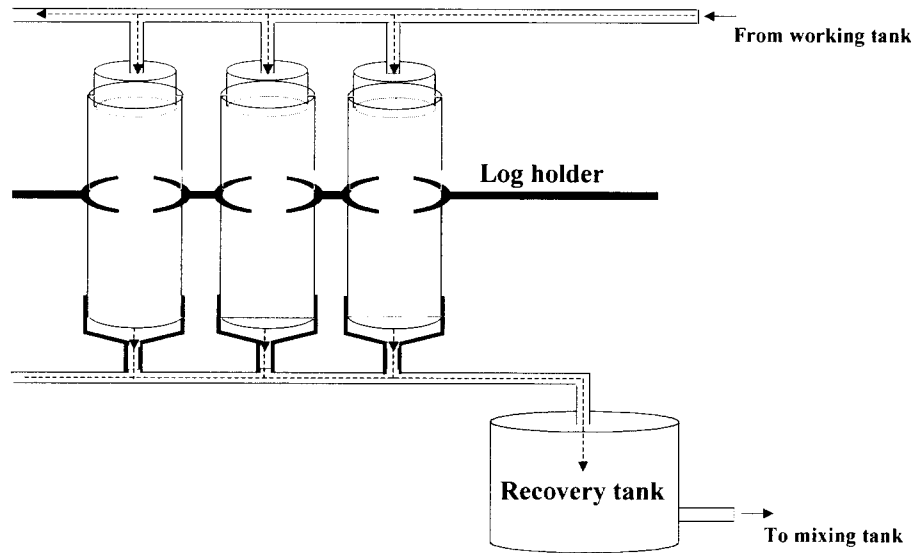


Fig. 1-22. Schematic diagram of environmentally safe treatment system for sap-displacement treatment.

다. 양생장소

양생장을 비닐하우스 형식으로 설치하여 양생중 처리목재가 강우에 직접 노출되지 않도록 하고, 태양열 건조의 장점을 이용하여 비닐하우스 내 온도를 상승시켜 양생 소요시간의 단축을 꾀한다. 양생초기에는 처리목재로부터 잉여 처리용 약제가 지면으로 떨어질 수 있기 때문에 양생장의 바닥도 포장을 하여야 하고, 또한 경사를 주어 지면으로 떨어진 처리폐액이 배수로를 통해 한 곳으로 모이도록 하여야 한다.

3. 처리시설의 운용

Fig. 1-22에 보여주듯이 처리용 약제가 작업탱크로부터 지속적으로 공급되다가 말구 쪽으로 처리폐액이 나오기 시작하면 더 이상의 처리용 약제의 공급을 중단한다. 그리고 말구쪽으로 처리폐액이 빠져 나오는 것이 중단되면 처

리를 중지하고 처리목재를 양생장으로 옮긴다. 회수된 폐액은 방부제 유효성분을 포함하기 때문에 작업액의 제조시 용제(make-up water)로 재활용한다.

III. 원구법에 의한 대량생산재의 활용

잣나무, 소나무, 낙엽송 및 은사시나무를 친환경적으로 대량처리하여 야외의자 및 통나무 주택을 시범적으로 설치했다.

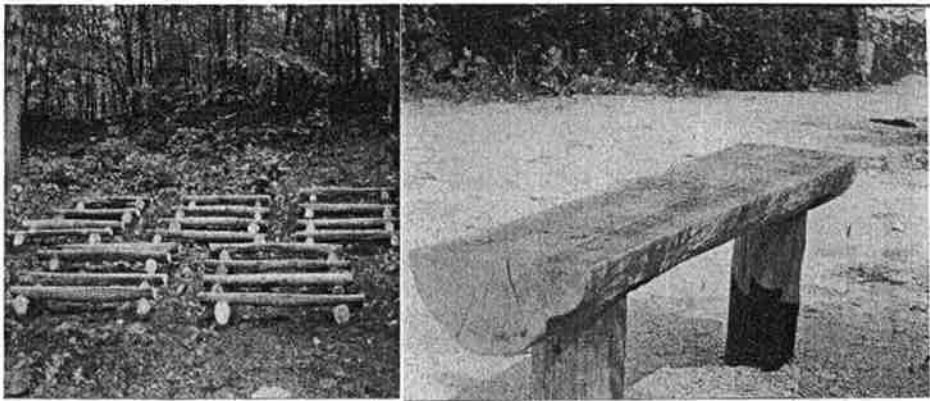


Fig. 1-23. Sample product of outdoor chair



Fig. 1-24. Sample product of log house

여 백

여 백

제 3 장 야외 시설물 축조 기술 개발 분야

제 1 절 서 론

쾌적한 주거 환경 및 여가 환경의 조성을 위해 야외시설물의 목조주택, 방음벽, 오락시설, 조경시설, 놀이시설 등에 대한 요구가 계속적으로 증가하고 있다. 그러나 이러한 요구에도 불구하고 국내의 경우 목재 시설물에 대한 설계기준과 표준설계도, 축조지침서가 미미하여 설계 및 시공의 부실화가 초래되고 있는 형편이다. 목조주택을 포함하여 다양한 야외시설물에 대한 표준설계도의 개발이 국산소경재의 용도 확대와 더불어 쾌적한 여가 환경의 조성에 기여할 수 있을 것이다.

이러한 관점에 기초하여, 1차년도에는 국산재의 강도 특성을 조사하여 목조주택을 비롯한 야외시설물에 국산 소경재를 활용할 수 있는 기초자료를 제시하였고, 야외시설물의 문제점을 분석하여 개선 방향을 설정하였으며, 야외시설물 기존 설계안을 조사하여 야외시설물의 단위모듈을 개발하였다. 이를 근거로 하여 2차년도에는 주요 구조부인 접합부에 대한 강도적 특성을 근거로 정확한 파괴모드와 항복하중을 고려한 구조적 접합모형을 개발하고 실제 야외시설물에 사용되는 부재에 대하여 구조물의 용도와 규모, 사용된 부재의 종류와 하중지지 상태등을 고려한 치수 모델을 개발하였다. 또한 국산 소경재를 사용한 야외 시설물에 대한 다양한 설계안과 배치 기준을 연구하여 야외 시설물의 표준설계도를 개발하였다. 마지막으로 3차년도에는 1,2차 년도의 연구를 바탕으로 시범 사례 대상지를 지정하고 야외시설물을 시범설계하며, 야외시설물의 설계모형을 물리, 생태적인 면을 중심으로 분석하고, 컴퓨터를 이용하여 고도, 경사, 향분석 등을 실시하였고, 이 모든 것을 종합하여 최종적으로 각각의 야외시설물들에 대한 축조 지침서를 작성하는 연구를 수행하였다.

제 2 절 국산재의 강도 특성

국산 소경재의 강도 특성 조사는 국산수종이 실제 조립식 시설물에서 적용되는 것을 고려하여 침엽수 중에서 소나무, 잣나무, 낙엽송을 활엽수 중에서는 사시나무, 물오리, 굴참나무를 선택하여 국산 소경재의 단점을 해결하기 위하여 방부제는 CCFZ, 방화제는 FR-4, 치수안정제는 PEG400을 처리하였다. 모든 국산 소경재 원목으로부터 심재와 변재를 모두 포함하는 장방형 단면의 실대재 시험편을 취하였고, 변재부분만을 포함하는 소시험편을 취하였다. 약제처리한 시험편과 약제처리하지 않은 시험편으로 나누어 수종별로 소시험편과 실대재로 휨강도시험을 하여 약제처리가 강도 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 수축율을 측정하여 야외시설물이 실제 야외에서 사용되는 상황을 고려한 치수안정성을 평가하였다.

1. 자료 조사

야외시설물에 관련된 외국업체의 축조현황, 시설물에 관련된 규정 및 실험방법등에 대한 자료를 수집하였다.

가. 외국업체의 축조현황

야외시설물과 놀이시설의 해외 동향 및 설계를 검토하기 위하여 HGS등 30여개 외국업체의 축조현황에 대한 자료를 수집하였다.

나. 실험방법 및 시설물에 관련된 규정

실험방법에 대한 규정으로 정적휨시험에 대한 ASTM(American Society for Testing & Materials) D 198의 규정을 조사하였다.

시설물에 관련된 규정으로 공공목적으로 사용되는 시설물의 안전성에 대한

ASTM F 1487의 규정을 조사하였다.

2. 국산 소경재의 강도특성

국산 소경재의 강도특성을 조사하기 위하여 정적힘시험을 수행하고 함수율, 비중, 전수축율을 측정하였다.

가. 재료

공시 수종으로는 국산 수종이 실제 조립식 시설물에서 적용되는 것을 고려하여 침엽수 중에서 낙엽송, 잣나무, 소나무의 세 수종으로 하였고, 활엽수 중에서 은사시, 오리나무, 참나무의 세 수종으로 하였다. 강도 특성 조사를 위한 시험에 사용된 목재는 직경 10cm~20cm정도의 국산 소경재로부터 Fig.2-1와 같이 시험편을 취하였다.

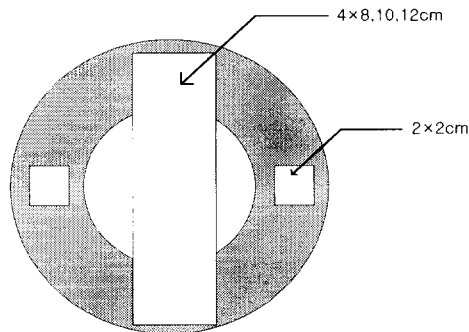


Fig. 2-1. Collecting of specimen.

각 수종당 Table2-1과 같은 약제처리 시편에 대해 반복수 10번으로 실험하였다.

Table 2-1. Chemical kind for treatment

약제	종 류
방부제	CCFZ ^{*1}
방화제	AWPA-FR 4 ^{*2} (내장용)
치수안정제	PEG-400 ^{*3}

*1 Chromated Copper Fluorine Zinc.

*2 American Wood-Preservers' Association-Fire retardant 4.

*3 Poly Ethylene Glycol

실험에 사용된 약제는 국내에 현재 도입·사용되고 있거나, 향후 수입이 가능한 것, 간단히 제조가 가능한 방부제, 방화제 중 처리효과, 환경안정성을 고려하여 수분이동경로를 통한 주입성이 양호한 것을 선택하였다.

보존처리제 중 크롬-구리-불소-아연계 방부제인 CCFZ는 CCA의 독성을 줄이고 사용 및 환경안전성을 높일 목적으로 CCA 성분 중 독성이 강한 성분인 비소화합물을 불소 및 아연화합물로 대체하여 제조한 방부제로서 유럽 지역에서 많이 사용되고 있다.

방화제로는 미국 방부처리자 협회 (American Wood-Preservers' Association ; AWPA)의 표준규격이 제시하는 방화제 중 FR-4를 사용하였다.

Table 2-2. A kind of fire retardant

방화제	구성 성분	구성비(%)	용도
AWPA FR-2	Dicyanidiamide	34	외장용
	Melamin	10	
	Formaldehyde	17	
	Phosphoric acid	39	
AWPA FR-4	Phosphate as P ₂ O ₅	57.8	내장용
	Boric acid as H ₃ BO ₃	18.3	
	Ammonia as NH ₃	23.9	

치수안정제로는 각종 목재 문화재의 보존처리에 널리 사용되고 있고 수용성이며, 분자량에 따라 주입성 및 치수안정화 성능이 다양한 폴리에틸렌글리콜(PEG)을 사용하였다. 수종에 따른 약제처리는 Table 2-3와 같이 하였다.

Table 2-3. A combination of treatment

		처리제			
		CCFZ	FR-4	PEG400	무처리
침엽수	소나무	○	○	○	○
	잣나무	○	○	○	○
	낙엽송	×	○	○	○
활엽수	은사시	○	○	○	○
	물오리	○	○	○	○
	굴참	×	○	○	○

나. 정적휨시험

목재의 강도적 성질중 일반적인 구조물에서 중요하게 생각하는 것 중의 하나가 휨강도 및 휨강성이다. 이는 목재가 구조물내에서 휨 하중을 견뎌야 하는 경우가 많기 때문인데, 주로 MOR 및 MOE값을 사용한다. 야외 시설물에 사용될 휨 하중을 받는 부재에 적용하고자 휨 시험을 수행하였다. 생재상태의 원목의 변재부위에서 취한 시편(2cm×2cm×150cm) 220개는 생재상태로, 220개는 함수율 12~15%까지 조습처리하여 정적휨시험을 수행하였다. 또한 심·변재를 모두 포함하는 실대재(4cm×8, 10, 12cm×150cm)도 정적휨시험하여 휨강도와 휨강성을 구하였다. 시편의 정적휨시험은 ASTM D 143, D 198에 따라 Fig. 2-2과 같이 측정하였다.

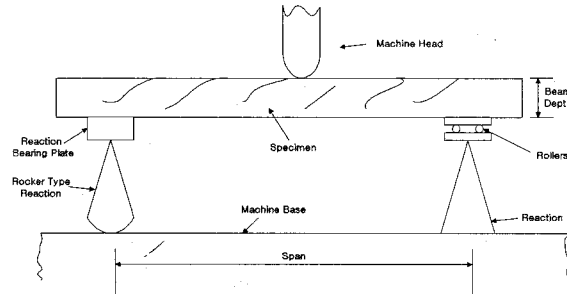


Fig. 2-2. A instrument of bending.

다. 실험결과분석

1) 비중측정

목재의 비중은 강도 특성에 영향을 미치는 인자들(비중, 함수율, 온도, 목리방향, 결점의 유무등) 중, 대부분의 강도 특성에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져있다. 기존의 문헌에도 본 연구에서 사용할 공시수종에 대한 비중이 보고되어 있지만, 본 연구에서와 같이 실제 야외 시설물등에 적용할 직경 10cm 정도의 국산 소경재에 대한 자료인지 명확히 설명되어 있지 않으므로 각 수종에 대한 비중을 측정하였다. 비중에 대한 결과는 Table 2-4에 제시되어 있다. 약제별로 차이를 구별할 수는 없지만 처리에 따라 비중이 조금씩 증가하고 있다.

2) 함수율 측정

구조물에서의 목재는 주로 함수율 19%이하의 기건재를 사용한다. 생재상태에서의 함수율이 소경재의 강도에 미치는 영향을 알아보하고자 각 수종에 대한 함수율을 측정하였다. 함수율에 대한 결과는 표 6에 제시되어 있다. 생재의 함수율은 산지에서 직접처리하고 운반하는 과정에서 변이가 큰 것을 알 수 있

다. 생재함수율의 큰 변이때문에 생재상태에서의 수축율, 휨강도와 강성에 대한 결과는 직접적인 비교와 근거자료로서의 사용에 신뢰성을 부여할 수 없을 것으로 생각된다.

Table 2-4. Moisture and density for species and treatment

		함수율(%)			비중		
		생재 (소시편)	기건재 (소시편)	기건재 (실대재)	생재 (소시편)	기건재 (소시편)	기건재 (실대재)
소나무	CCFZ	68.2	15.0	15.1	0.45	0.48	0.49
	FR-4	71.3	15.0	15.7	0.49	0.52	0.50
	PEG400	71.9	14.3	14.7	0.48	0.48	0.47
	무처리	78.9	13.6	15.6	0.44	0.47	0.46
잣나무	CCFZ	129.4	16.0	16.2	0.39	0.39	0.41
	FR-4	109.5	14.0	15.4	0.41	0.41	0.40
	PEG400	99.5	13.6	16.7	0.46	0.40	0.45
	무처리	125.4	13.4	15.3	0.35	0.37	0.38
낙엽송	FR-4	34.4	14.6	15.4	0.47	0.50	0.50
	PEG400	31.2	14.7	14.7	0.44	0.48	0.47
	무처리	36.3	14.8	16.4	0.46	0.46	0.45
은사시	CCFZ	98.7	15.2	16.2	0.38	0.41	0.42
	FR-4	66.5	16.5	16.4	0.37	0.40	0.39
	PEG400	60.3	14.4	15.0	0.41	0.40	0.41
	무처리	58.7	13.1	15.1	0.35	0.38	0.38
물오리	CCFZ	68.0	15.4	16.4	0.45	0.49	0.48
	FR-4	60.1	15.1	15.2	0.47	0.49	0.49
	PEG400	55.7	13.4	15.3	0.51	0.52	0.50
	무처리	67.6	12.8	16.3	0.44	0.47	0.46
굴참	FR-4	49.0	19.0	17.8	0.72	0.76	0.78
	PEG400	46.8	15.6	16.8	0.74	0.79	0.77
	무처리	46.8	14.0	16.4	0.74	0.73	0.75

3) 전수축율 측정

국산 소경재를 약제처리 한 후 실제 사용할 때의 치수안정성이 구조물의 결합부 및 주요구조부에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 각 목재의 치수안정성에 대해 알아보기 위하여 생재와 기건재의 전수축율을 측정하여 비교하였다. 전수축율에 대한 결과는 Table 2-5에 제시되어 있다. 치수안정제

PEG400으로 처리를 하면 수종간에 조금씩 차이는 있지만 치수안정성이 향상된다는 것을 알 수 있다. 치수안정면에서는 치수안정제를 사용하는 것이 권장할 만하다고 사료된다.

Table 2-5. Total shrinking ratio for species and treatment

		전수축율					
		생재(소시편)			기건재(소시편)		
		T	R	T/R	T	R	T/R
소나무	CCFZ	6.54	4.09	1.59	4.31	2.90	1.48
	FR-4	6.74	4.59	1.56	4.15	2.96	1.40
	PEG400	6.42	4.51	1.50	3.67	2.70	1.35
	무처리	6.99	4.78	1.66	3.29	2.42	1.36
잣나무	CCFZ	6.06	2.54	2.18	3.70	1.67	2.21
	FR-4	5.27	2.64	2.46	3.42	1.75	1.95
	PEG400	4.94	2.47	1.78	2.70	1.29	2.09
	무처리	6.10	2.99	1.88	2.91	1.34	2.16
낙엽송	FR-4	7.55	4.54	1.47	3.82	2.98	1.27
	PEG400	7.88	4.51	1.85	4.18	3.12	1.34
	무처리	7.46	4.52	1.64	4.08	2.98	1.36
은사시	CCFZ	8.45	4.86	1.73	3.99	2.62	1.52
	FR-4	7.38	3.96	1.86	3.93	2.56	1.53
	PEG400	6.31	3.34	1.89	3.49	2.36	1.47
	무처리	7.85	4.15	1.89	3.70	2.39	1.54
물오리	CCFZ	7.13	5.28	1.35	3.73	1.90	1.96
	FR-4	6.51	3.97	1.63	3.54	1.96	1.80
	PEG400	4.50	2.96	1.52	3.44	2.02	1.70
	무처리	7.65	4.57	1.67	2.78	1.46	1.89
굴참	FR-4	9.99	5.98	1.67	5.26	3.34	1.57
	PEG400	9.60	5.68	1.69	4.87	2.94	1.65
	무처리	9.59	5.13	1.86	5.07	2.95	1.71

4) MOE, MOR 비교

변재부에서 취한 소시편은 시편전체가 처리되었고, 원목의 중앙부위에서 장방향 단면으로 취한 실대재는 변재일부만 처리되어 있고 강도가 약한 심재를 포함하고 있어, 소시편과 실대재의 처리정도에 대한 두 그룹간의 MOE, MOR을 직접 비교할 수는 없다. 따라서 소시편에서는 약제에 의한 강도와 강성의 변화추이를, 실대재에서는 변재율에 따른 강도와 강성의 변화추이를 살펴보았

다.

5) 생재와 기건재의 MOE, MOR 비교

소시편을 조습처리한 경우 생재일 때보다 강도와 강성이 모두 현저히 증가하는 것은 Table 2-6로부터 명백히 알 수 있다. 하지만 생재그룹만을 비교하면 처리당시 대부분 함수율 변이가 심했던 이유 때문에 처리제가 강도에 미치는 특별한 경향을 찾을 수 없다.

6) 기건재 소시편의 MOE, MOR 비교

기건재 소시편에서 전반적으로 처리유무가 강도와 강성에 크게 영향하지는 않았다. 그중에서 처리를 함에 따라 강도와 강성이 크게 감소한 수종은 은사시와 물오리였다. 낙엽송과 굴참은 처리가 잘 되지 않는 것으로 판명되었다. 은사시와 물오리의 경우, FR-4와 PEG400으로 처리한 시편은 현저한 강도와 강성의 감소를 보였다. 특히 치수안정제의 경우, 처리가 잘 되지 않은 낙엽송과 굴참을 제외한 나머지 수종의 강도를 저하시켰다. 전반적으로 CCFZ은 특별한 경향을 보이지 않고 있어 보다 연구가 필요하다고 사료된다. 한편, 생재 소시편의 경우 처리당시 함수율의 변이가 심하지만 비교적 함수율의 영향을 적게 받은 물오리가 기건재와 유사한 경향을 나타내었다.

7) 기건재 실대재의 MOE, MOR 비교

단면의 일부가 처리된 기건재 실대재의 경우, 단면의 일부가 처리되어 있을 뿐인데도 강도감소율을 보이고 있는 것은 약제처리의 영향보다는 강도가 약한 심재를 포함하고 있기 때문으로 판단된다. 따라서 변재율이 큰 수종일수록 강도감소는 적다. 본 연구에서는 단면전체를 처리한 소시편에 비해 약간의 강도감소를 보인 소나무, 낙엽송, 굴참의 변재율이 약 25~40%, 은사시의 경우는 20~25%, 강도감소가 큰 잣나무, 물오리의 변재율이 10~20%였다. 따라서, 수분이동경로를 이용하여 약제처리할 경우, 변재율에 대한 고려를 통한 수종선택이바람직하다고 사료된다.

Table 2-6. Comparison of MOR and MOE for species and treatment

		MOE($\times 10^3 \text{kg/cm}^2$)			MOR($\times 10^2 \text{kg/cm}^2$)		
		생재 (소시편)	기건재 (소시편)	기건재 (실대재)	생재 (소시편)	기건재 (소시편)	기건재 (실대재)
소나무	CCFZ	49.4	78.3	73.0	2.56	3.82	3.82
	FR-4	53.2	83.1	80.5	2.83	3.94	3.88
	PEG400	50.1	74.9	73.8	2.64	3.46	3.51
	무처리	49.0	77.4	75.6	2.51	3.80	3.68
잣나무	CCFZ	42.7	67.5	60.2	2.11	3.42	2.94
	FR-4	45.3	65.8	59.3	2.19	3.32	2.71
	PEG400	39.0	61.8	57.9	1.97	3.28	2.72
	무처리	41.8	64.6	61.1	1.95	3.35	2.97
낙엽송	FR-4	60.7	76.7	73.3	2.86	4.00	3.91
	PEG400	61.7	78.4	71.0	3.08	3.88	3.61
	무처리	62.2	75.7	73.2	3.03	4.02	3.82
은사시	CCFZ	56.1	74.0	60.4	2.75	3.71	3.05
	FR-4	54.7	65.9	62.1	2.77	3.46	3.27
	PEG400	51.6	63.3	61.2	2.60	3.20	3.2
	무처리	56.7	71.9	65.3	2.69	3.74	3.35
물오리	CCFZ	59.1	81.7	59.3	3.15	4.18	3.52
	FR-4	54.5	75.8	61.0	3.27	4.12	3.37
	PEG400	57.9	67.2	58.6	3.01	3.59	3.03
	무처리	58.6	73.3	63.4	3.31	4.09	3.72
굴참	FR-4	98.7	127.0	129.1	5.61	7.11	7.31
	PEG400	109.0	120.5	128.3	5.69	7.30	7.28
	무처리	112.2	131.0	127.2	5.92	7.45	7.40

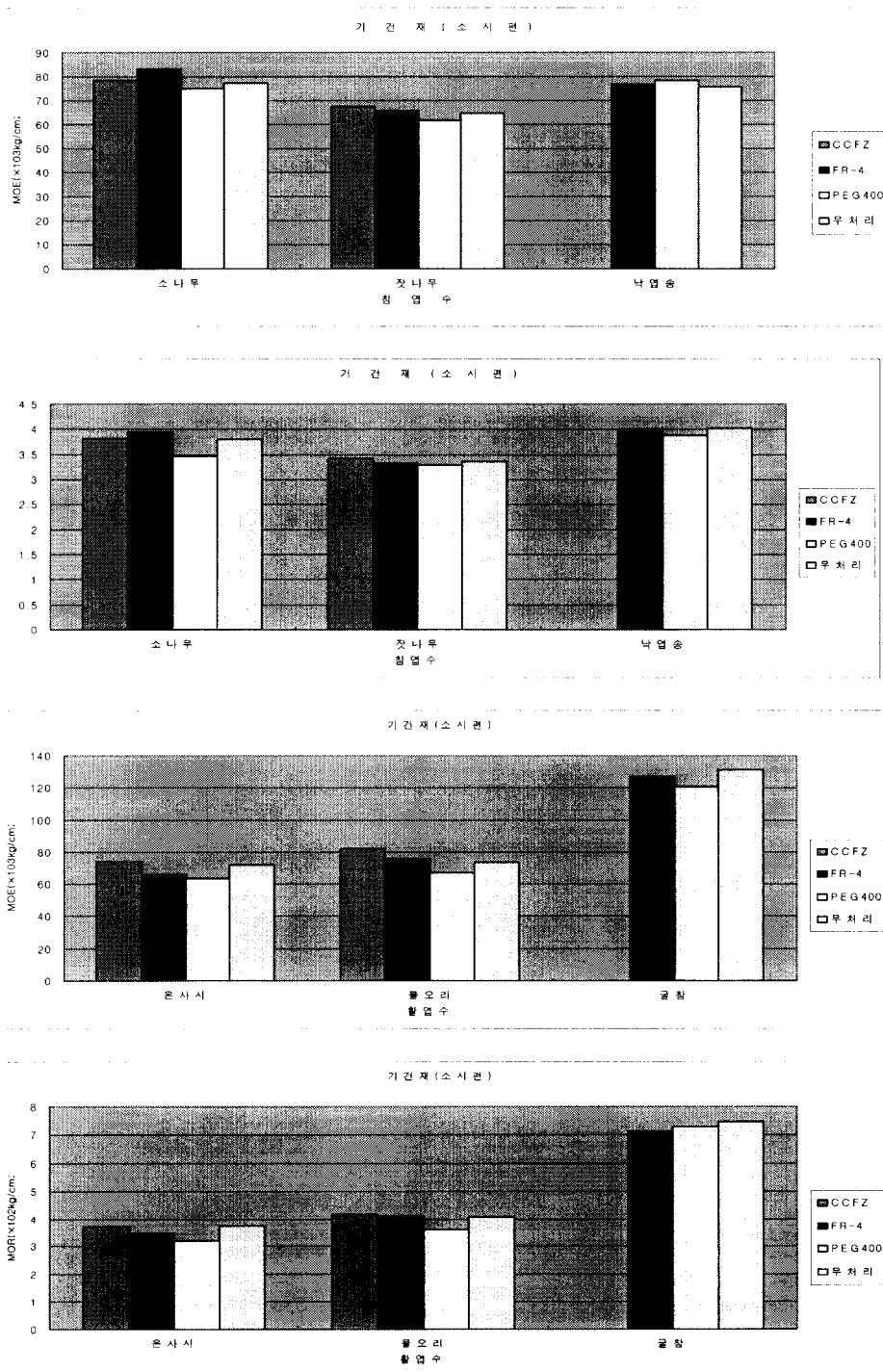


Fig. 2-3. Comparison of MOE and MOR for air-drying small size

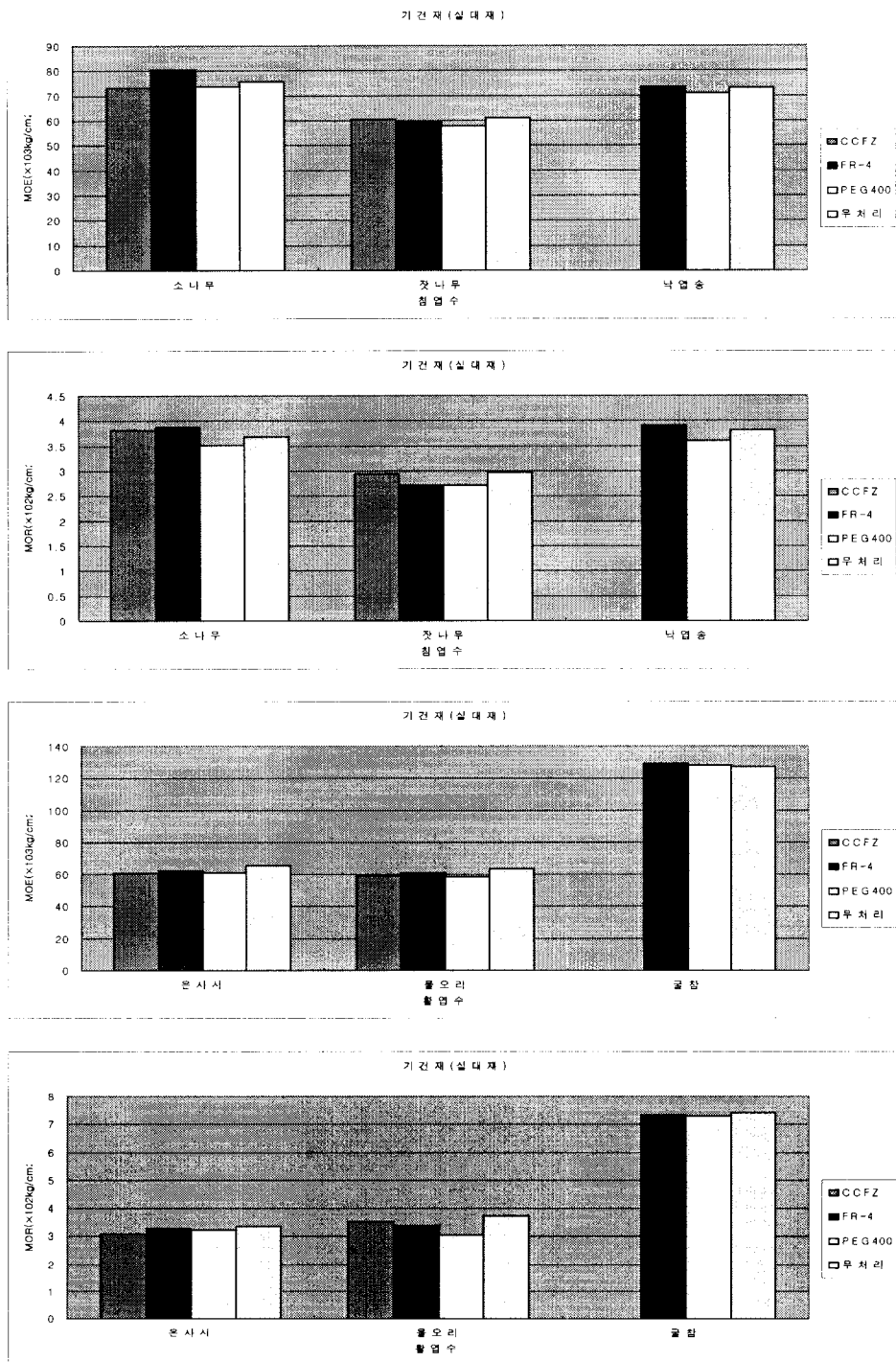


Fig. 2-4. Comparison of MOE and MOR for air-drying structural size.

제 3 절 야외시설물 현황조사 및 문제점 분석

야외시설물의 문제점 분석 및 개선방향 도출을 위해서는 자연휴양림과 관광농원, 마을공동쉼터, 근린공원에 대한 현장조사 및 설문조사, 문헌조사 등을 실시하였다. 현장조사는 자연휴양림(26개소)과 관광농원(양지말농원), 근린공원(분당중앙공원 및 일산호수공원), 마을공동쉼터(용인군 서리, 용인군 두창 5리)를 대상으로 목재 야외시설물의 부식(腐蝕) 및 부후(腐朽), 구조적 안전성 등에 대해 조사하고 사진촬영을 병행하였다(Table 2-7). 설문조사는 전국에 산재한 23개 자연휴양림을 대상으로 관리담당자 및 이용자 설문조사를 1998년 8월~1999년 3월 동안에 실시하여, 전체적으로 관리담당자 37명과 이용자 107명에 대한 설문조사가 수행되었다(표 2). 설문응답자의 일반적 특성을 살펴보면, 이용자의 경우 남성이 67.3%이고 여성은 32.7%로 나타났고, 관리담당자는 모두 남성이었다. 연령별로는 이용자의 경우 30대가 45.8%로 가장 많은 반면, 관리담당자는 20대가 37.8%로 가장 많았다. 이용자의 직업분포에서는 전체의 36.4%가 회사원으로 가장 높게 나타났다. 문헌조사를 위해 자연휴양림과 근린공원, 공동쉼터 등의 조성계획서와 조경시설물 설계도집 등을 관련문헌을 수집, 분석하였다.

Table 2-7. The situation investigation of recreation forest

구분	자연휴양림	개수
경기도	유명산, 중미산, 축령산	3개
강원도	청태산, 방태산, 삼봉, 치악산, 둔내, 가리왕산, 대관련, 미천골, 용대, 집다리골	10개
충청도	안면도, 용봉산, 금강, 장태산, 장용산, 박달재, 봉황, 계명산	8개
전라도	백아산, 회문산, 세심	3개
경상도	용추, 금원산	2개

註) 전라도 및 경상도에 위치한 세심, 용추, 금원산 자연휴양림은 현황조사만 수행되었음.

Table 2-8. Characteristics for a respondent of question

구분	이용자	관리담당자	구분	이용자	관리담당자	
성별	남성	67.3%	100%	자영업	11.2%	-
	여성	32.7%	-	회사원	36.4%	-
연령	10대	3.7%	-	공무원	13.1%	-
	20대	33.6%	37.8%	전문직	15.9%	-
	30대	45.8%	18.9%	일용직	-	-
	40대	12.1%	21.6%	주부	8.4%	-
	50대	2.8%	21.6%	학생	13.1%	-
	60대 이상	1.9%	-	무직	1.9%	-

註) 설문응답자 수는 이용자의 경우 107명이고, 관리담당자는 37명임.

1. 야외시설물 유형구분

야외시설물의 유형을 숙박시설, 관리시설, 휴양 및 운동시설, 교육 및 전시 시설, 도로 및 교통시설, 판매시설, 위생시설의 7개 유형으로 구분하였다. (Table 2-9)

Table 2-9. Pattern division for outdoor facility of recreation forest.

구분	야외시설
숙박시설	통나무집, 야영데크
관리시설	관리사무소, 대피소, 안내판, 담장
휴양 및 운동시설	의자, 야외탁자, 전망대, 정자, 파골라, 어린이놀이터, 체력단련시설
교육 및 전시시설	야외교실, 표고재배시설, 산림박물관(교육자료관)
도로 및 교통시설	다리, 계단, 가로등, 이동플랜터, 방음벽
판매시설	매점, 임산물(특산물)판매소
위생시설	취사장, 화장실, 휴지통

2. 야외시설물의 문제점 분석

가. 주거지역 현장조사에 기초한 야외시설물의 문제점

경기도 분당, 일산등 인구밀집 주거지역에 대한 현장조사를 실시하였다. 이

리한 현장조사 결과, 보존처리의 미흡, 균열발생, 접합철물의 마감문제를 발견할 수 있었다.

ASTM F1487에도 규정하고 있듯이 보존처리를 반드시 하여야 하나 국내의 경우 보존처리를 하지 않은 경우가 대부분이고 하였다 하더라도 미흡한 실정이다.



Fig. 2-5. Imperfection of preservation.

국내 시설물의 경우 짧은 시공기간 때문에 목재부재를 제대로 건조하지 않고 사용하여 균열의 발생으로 구조물의 안전성에 영향을 미친다. 외국업체의 시공사례를 보면 가운데 흠을 줌으로서 균열의 발생을 최소화하였음을 알 수 있다. .



Fig. 2-6. The comparison of construction example for domestic and abroad company

야외시설물의 결합부를 볼트로 마감시 안전을 위하여 캡을 씌우고 너트와 만나는 부분은 나선줄이 두 줄 이상 돌출하지 못하도록 ASTM F 1487에 규정하고 있으나 국내에서는 이를 준수하지 않아 안전사고의 발생이 우려된다.



Fig. 2-7. The comparison of construction example for domestic and abroad company

나. 자연휴양림 현장조사에 기초한 문제점 분석

자연휴양림(26개), 관광농원, 마을쉼터, 근린공원 등에 대한 현장조사를 실시한 결과, 목재를 이용한 야외시설물에서는 습기로 인한 부식과 목재 접합부분의 구조적 안전성 등이 가장 큰 문제점으로 나타났다.

구체적으로 습기로 인한 부식은 주로 지면이나 수면, 하천에 접하는 기둥부분에서 많이 나타났다. 습기에 많이 노출되는 휴지통, 야외탁자 등에서 많은 부식을 발견할 수 있었다. 체력단련시설과 어린이놀이시설 등에서 목재의 연결부의 훼손 등에 의해 안전사고의 위험이 존재하였다.

다. 야외시설물 설문조사에 기초한 문제점 분석

1) 야외시설물 만족도 및 불만족 이유 분석

자연휴양림의 이용자를 대상으로 야외시설물 만족도를 조사하였다. 전체적인 야외시설물 만족도는 3.32로 나타나 자연휴양림의 야외시설물에 대해서 다소 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 자연휴양림 이용자들이 이용해 본 야외시설물의 만족도 조사에서는 안내판, 화장실, 휴지통에 대해서 다소 불만족하는 것으로 나타났다(Table 2-10).



▲ 부식(목교)

▲ 부식(지면+기둥)



▲ 부식(야외탁자)

▲ 안전성(체력단련시설)

Fig. 2-8. The problem of outdoor facility :
Decay and structural stability by the moisture.

2) 야외시설물 유지관리 상태 평가

자연휴양림의 관리담당자를 대상으로 야외시설물의 유지관리 상태와 유지관리의 부족원인을 조사하였다(Table 2-11). 야외시설물의 유지관리 상태에 대해서는 일부시설에 대해 유지관리가 부족하다는 응답이 전체의 67.2%로 가장 높게 나타났으며, 그러한 유지관리의 부족 원인으로 관리인력 부족(81.1%)을 제시하였다.

Table 2-10. The investigation of satisfaction and experience for outdoor facility.

구 분	야외시설물	이용빈도	만족도	
			평균	표준편차
숙박시설	통나무집	63.5%	3.57	1.09
	야영데크	9.3%	3.00	0.94
관리시설	관리사무소	33.6%	3.30	0.85
	대피소	9.3%	3.00	1.05
	안내판	53.2%	2.73	1.30
휴양 및 운동시설	의자	35.5%	3.07	0.99
	야외탁자	38.3%	3.24	1.17
	전망대	16.8%	3.83	1.04
	정자	17.7%	3.47	0.77
	어린이놀이터	14.9%	3.37	1.20
	체력단련시설	13.0%	3.35	1.08
도로 및 교통시설	다리	23.3%	3.16	1.10
	계단	24.2%	3.30	1.01
위생시설	화장실	48.5%	2.63	1.17
	휴지통	25.2%	2.81	1.03
판매시설	매점	14.9%	3.00	0.89
전 체		-	3.32	0.86

- 가) 담장, 임간교실, 파골라 등은 이용경험이 있는 응답자가 3명 이하로 작아서 분석에서 제외하였음.
- 나) 이용빈도는 해당 야외시설물의 이용자 수를 전체 설문조사대상자로 나누어 산출함.
- 다) 만족도는 '매우 불만족한다(1)-보통이다(3)-매우 만족한다(5)'에 대한 5점 척도의 평균임.

Table 2-11. Analysis of manage condition and cause for outdoor facility
of recreation forest : manager

유지관리 상태 평가	응답율 (응답자 수)	유지관리의 부족 원인	응답율 (응답자 수)
유지관리 충실하게 이루어짐	27% (10)	관리인력 부족	81.1% (30)
비교적 잘되나 일부시설에 대한 유지관리 부족	67.2% (23)	예산 부족	18.9% (7)
유지관리 부족	10.8% (4)	유지관리기술 부족	-

3) 야외시설물의 문제점 분석

야외시설물의 문제점 분석을 위해 이용자들에게는 이용경험이 있는 야외시설물의 불만족 이유를 분석하고, 관리담당자는 야외시설물의 문제점을 기입하도록 하였다(표 12 및 표 13 참고). 야외시설물의 불만족 이유와 문제점 분석을 위해 재료, 개수, 크기, 구조적 안전성 등의 12개 항목을 제시하였다.

어린이놀이터의 경우, 이용자들은 관련시설과의 연계성과 범죄의 안전성이 각각 40%로 가장 높은 불만족 요인이었고, 관리담당자들은 크기와 유지관리상태, 이용자 접근성, 구조적 안전성 등을 문제점으로 지적하였다. 통나무집의 경우 이용자들은 유지관리상태(31.3%)를 가장 큰 불만족 원인으로 응답하였고, 관리담당자는 유지관리상태(28.9%)와 크기(26.3%)를 가장 큰 문제점으로 지적하였다. 그리고 안내판의 경우 이용자들은 개수(35.5%)와 이용자의 접근성(17.6%)을 불만족 원인으로 지적한 반면, 관리담당자들은 디자인(32.4%)과 크기(20.6%)를 문제점으로 지적하였다. 의자의 경우 이용자와 관리담당자 모두 개수와 유지관리 상태를 문제점으로 지적하였고, 야외탁자에 대해서는 이용자와 관리담당자 모두 유지관리 상태를 가장 큰 문제점으로 지적하였다. 체력단련시설의 경우 이용자와 관리담당자 모두 구조적 안전성을 가장 큰 문제점으로 보고 있으며, 화장실의 경우 이용자는 유지관리 상태를 관리담당자는 위생 및 건강성을 문제점으로 지적하였다. 휴지통은 이용자는 유지관리 상태를, 관리담당자는 개수를 문제점으로 지적하였다.

제 4 절 야외시설물 개선방향

1. 설문조사에 기초한 야외시설물 개선방향

가. 이용자의 야외시설물 개선방향

자연휴양림 이용자를 대상으로 야외시설물의 10가지 개선방향에서 중요한 순서대로 3개를 선택하도록 하였다. 이용자들에 의해 선택된 각 개선방향의 순위별 응답빈도에 각각 1/2(1순위), 1/3(2순위), 1/6(3순위)의 가중치를 부과하여 개선필요도를 산출하였다. 자연휴양림 이용자들은 목재 등의 자연친화적 소재의 도입에 가장 높은 21의 개선필요도를 보였으며, 다음은 이용자의 접근성을 고려한 배치(개선필요도:16.8), 체계적인 유지관리(개선필요도:13.7) 등의 순서로 나타났다.

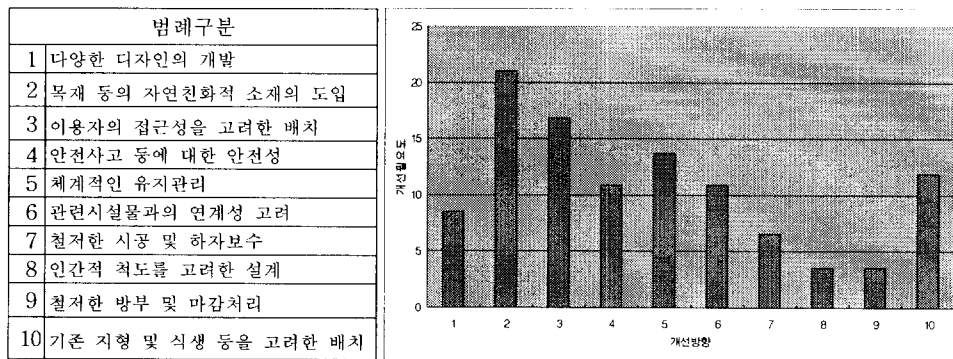


Fig. 2-9. Improved direction for outdoor facility of users.

나. 관리담당자의 야외시설물 개선방향

자연휴양림 관리담당자를 대상으로 야외시설물의 10가지 개선방향에서 중요

한 순서대로 3개를 선택하도록 하였다. 관리담당자들에 의해 선택된 각 개선 방향의 순위별 응답빈도에 각각 1/2(1순위), 1/3(2순위), 1/6(3순위)의 가중치를 부과하여 개선필요도를 산출하였다. 자연휴양림 관리담당자는 체계적인 유지관리에 대한 개선필요도가 가장 높았으며, 다음은 다양한 디자인의 개발, 목재 등의 자연친화적 소재의 도입 등으로 나타났다.

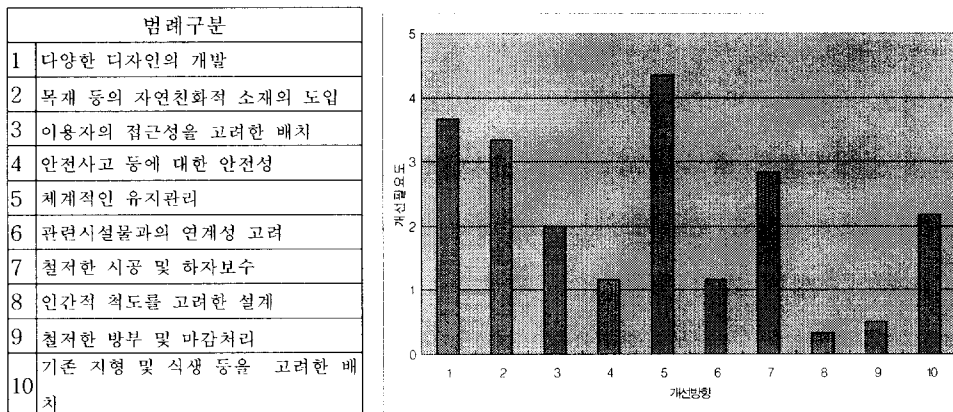


Fig. 2-10. Improved direction for outdoor facility of manager.

관리담당자를 대상으로 야외시설물 시설유형별로 개선방향을 조사한 결과, 숙박시설은 다양한 디자인의 개발이, 휴양 및 운동시설은 안전사고 등에 대한 구조적 안전성이 가장 중요한 개선방향으로 나타났다. 교육 및 전시시설은 기존 지형 및 식생을 고려한 배치가 가장 중요한 개선방향으로 나타났다. 또한 관리시설과 도로 및 교통시설, 위생시설, 판매시설은 이용자의 접근성을 고려한 배치가 가장 중요한 개선방향으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 판매시설은 다양한 디자인의 개발과 관련시설과의 연계성이 중요한 개선방향으로 제시되었으며, 관리시설은 철저한 시공 및 하자보수, 목재 등의 자연친화적 소재의 도입 등이 중요한 개선방향으로 나타났다.

2. 야외시설물의 설계 및 시공상의 개선방향

야외시설물의 설계 및 시공상의 개선방향으로 구조적 측면과 시공기준 측면, 인간척도 고려, 다양한 디자인 개발, 합리적 배치기준 설정 등을 제시할 수 있다.

가. 야외시설물의 구조적 측면의 개선방향

야외시설물의 구조적 측면의 개선방향으로는 부식 및 부후 등의 예방을 위해 목재 자체의 방부처리를 강화시키는 것에 불과하여 습기가 많은 지면이나 하천변 등과의 접촉을 억제할 수 있는 방법이 모색되어야 한다. 즉, 습기 및 흰개미 등에 대한 노출정도에 따른 차등적인 방부처리 기준을 설정하거나 목재기둥 하단부에 기초부 앵커(anchoring)를 도입하는 방안을 검토할 수 있다.

나. 시공기준 측면

야외시설물의 표준화된 시공기준이 마련되어있지 못한 형편이므로 야외시설물의 생산 및 조립, 사후관리 등의 각 단계별 시공 및 관리기준을 설정할 필요가 있다. 미국의 경우 ASTM(American Society for Testing and Material), ADA(American with Disability Act), CPSC(Consumer Product Safety Commision) 등의 규정이 제시되어져 있다. 소경목을 특성을 고려한 야외시설물의 표준화된 시공기준의 마련은 관리담당자들의 유지관리 노력을 줄이고 이용자들의 만족도를 높혀 야외시설물에 대한 소경목의 용도를 확대시킬 수 있

을 것으로 판단된다.

다. 인간척도 고려

야외시설물은 이용자의 이용을 전제로 한다는 점에서 이용자의 인간척도에 적합하도록 설계되어야 한다. 즉, 야외시설물을 이용하는 이용자의 신체치수와 신체동작, 이용행태에 적합한 표준규격 등의 단위모듈이 개발되어야 한다. 이용자의 신체치수와 신체동작, 이용행태를 고려함으로써 이용자의 이용 만족도를 증진시킬 수 있을 것으로 기대한다.

라. 다양한 디자인의 개발

국산 소경목을 적극적으로 활용한 다양한 야외시설물 디자인을 개발할 필요가 있다. 이러한 야외시설물의 디자인 개발시 전체적인 통일성과 다양성을 고려함으로써 자연휴양림의 경관 및 환경적 질을 제고할 수 있어야 한다. 야외시설물의 디자인에 CIP 개념을 적극적으로 도입할 필요가 있다.

마. 합리적 배치기준

야외시설물의 배치는 이용자의 이용편의성과 이용행태패턴을 고려하여 배치되어짐과 동시에 관리담당자의 효율적인 관리가 가능하도록 하여야 한다. 야외시설물의 기능별로 합리적인 배치기준의 연구가 필요하다.

제 5 절 야외시설물 단위모듈 및 생산모듈 분석

1. 야외시설물 단위모듈

가. 야외시설물 단위모듈 개발방향

야외시설물의 대량 생산, 표준화 및 규격화를 위해서는 표준규격 및 생산 및 시설모듈을 설정할 필요가 있다. 야외시설물의 표준규격은 시설물 표준설계도 개발을 위한 기본적인 공간규모를 의미하며, 인간척도, 기준설계안 분석, 설계 및 계획기준 등에 기초하여 설정한다. 야외시설물의 시설모듈은 야외시설물의 구조인 바닥면, 벽면, 지붕, 기둥, 기초 등을 의미하고, 이러한 바닥면, 벽면 등을 구성하는 소경목의 치수는 생산모듈에 해당된다. 야외시설물 생산모듈의 분석을 통해 최종적으로 바람직한 소경목의 생산단위를 산출할 수 있을 것이다. 야외시설물 단위모듈의 개발은 1단계로 야외시설물의 유형구분을 실시하고, 2단계로 표준규격을 결정하고, 마지막으로 시설 및 생산모듈을 분석하고 제시하는 3단계 과정을 거치면서 이루어진다.

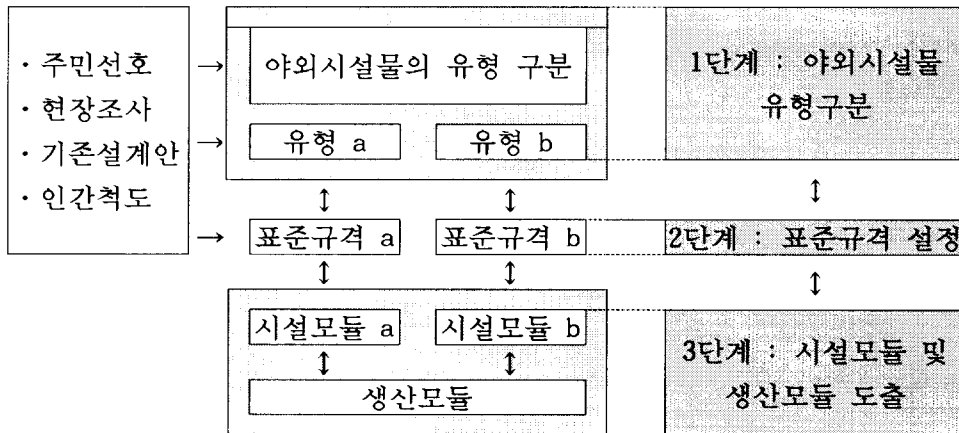


Fig. 2-11. Institution process for the standard and product module of outdoor facility.

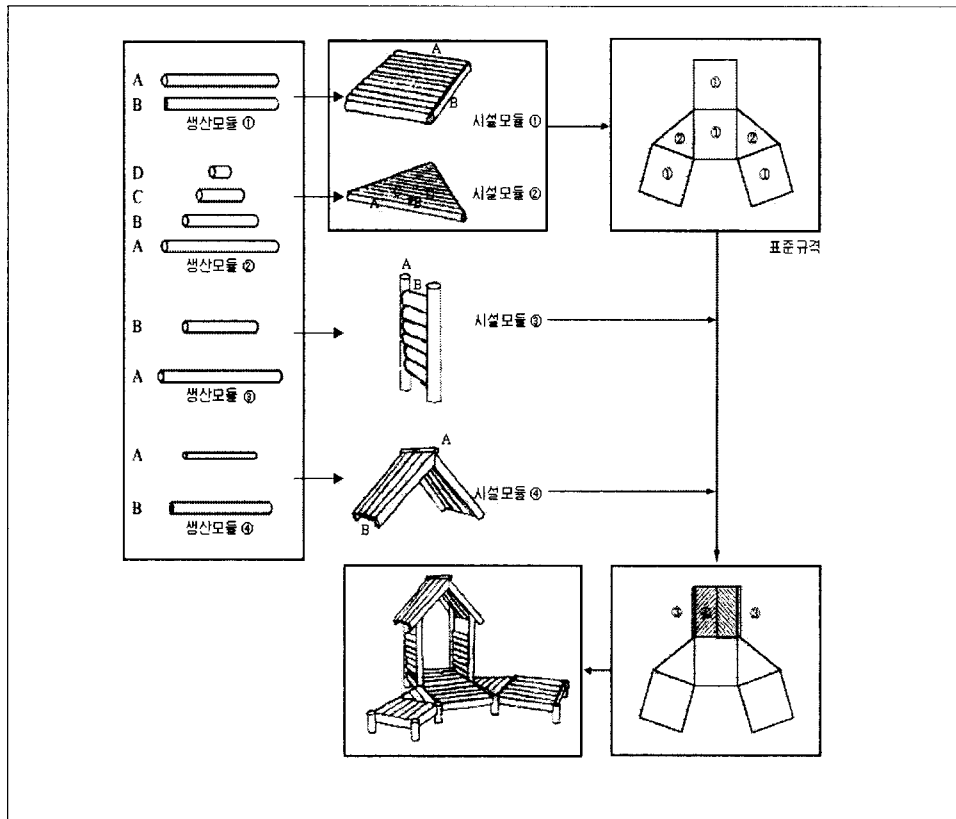


Fig. 2-12. The relation for the standard and product module of outdoor facility.

나. 야외시설물 소경목 활용도 분석

1) 야외시설물에 대한 통나무 활용도 분석

야외시설물에 대한 통나무 활용정도에 대한 설문조사 결과, 전체적으로 숙박시설, 운동 및 휴양시설, 교육 및 전시시설 등은 통나무 활용도가 관리담당자와 이용자 모두에서 높게 나타났다. 화장실, 휴지통 등의 위생시설은 통나무 활용도가 관리담당자와 이용자 모두에서 다소 낮게 나타났다. 계단, 다리, 담장 등은 관리담당자와 이용자간에 통나무 활용도에 통계적인 차이를 보였으며(t-test, $p < 0.05$), 관리담당자들은 유지관리의 편의를 위해 계단, 다리, 담장에 대한 통나무활용도가 이용자보다 낮게 나타났다.

Table 2-12. The difference of manager and user for log utility in outdoor facility.

구분	야외시설물	통나무 활용도		t값	유의도(p)
		관리담당자	이용자		
숙박시설	야영데크	1.59	1.62	-0.17	0.87
관리시설	관리사무소	1.35	2.71	-1.43	0.16
	대피소	2.15	2.39	-1.19	0.24
	안내판	1.76	1.82	-0.26	0.79
	담장	2.06	1.62	2.45	0.02
휴양 및 운동시설	의자	1.38	1.26	0.81	0.42
	야외탁자	1.26	1.21	0.44	0.66
	전망대	1.47	1.53	-0.37	0.71
	정자	1.24	1.26	-0.23	0.82
	파고라	1.70	1.42	1.87	0.07
	어린이놀이시설	1.62	1.68	-0.36	0.72
	체력단련시설	1.65	1.59	0.40	0.69
교육 및 전시시설	야외교실(임간교실)	1.65	1.59	0.44	0.66
도로 및 교통시설	다리	2.00	1.62	2.19	0.04
	계단	2.15	1.65	3.14	0.004
위생시설	화장실	2.18	2.06	0.61	0.55
	휴지통	2.59	2.21	1.98	0.06
판매시설	매점	2.06	2.12	-0.35	0.73

註) 통나무 활용도는 '1=적극 활용, 2=부분 활용, 3=활용 불필요'로 구분하여 평균값을 산출하였음.

2) 야외시설물의 소경목 활용도 분석

야외시설물의 통나무 활용도의 조사에서 관리담당자 및 이용자가 모두 부분 활용이상(2점 미만)을 선호하는 야외시설물을 중심으로 소경목을 적극적으로 활용하도록 하였다. 특히, 안전성이나 구조적인 문제, 위생상의 문제 등으로 인해 소경목의 활용이 제한되는 야외시설물들은 소경목을 부분활용하도록 계획하였다. 전체적으로 의자 및 탁자, 어린이놀이시설, 안내판, 담장, 통나무 집 등의 휴양 및 운동시설, 관리시설, 숙박시설은 소경목을 적극적으로 활용할 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 소경목의 적극활용이 가능한 의자 및 야외탁자, 담장, 안내판, 조합놀이시설, 통나무집, 방음벽 등을 중심으로 표

준규격 및 소경목의 생산모듈을 연구하도록 계획하였다. 특히, 방음벽의 경우 도시미관의 증진을 위해 기존의 알루미늄 방음벽, 투명 방음벽의 대체수단으로 개발되어지고 있다.

Table 2-13. The utility analysis of small diameter log for outdoor facility.

구 분	야외시설물	소경목 활용가능성		
		大(적극 활용)	中(부분 활용)	小(소극 활용)
숙박시설	통나무집		●	
	야영데크	●		
관리시설	관리사무소		●	
	대피소		●	
	안내판	●		
	담장	●		
휴양 및 운동시설	의자	●		
	야외탁자	●		
	전망대	●		
	정자	●		
	파골라	●		
	어린이놀이터 체력단련시설	●		
도로 및 교통시설	다리		●	
	계단		●	
	가로등		●	
	이동플랜터	●		
	방음벽	●		
위생시설	취사장		●	
	화장실		●	
	휴지통		●	
판매시설	매점		●	
	임산물(특산물) 판매소		●	

2. 야외시설물 표준규격 분석 및 생산모듈 분석

국산 소경목의 활용가능성이 높은 야외시설물인 의자 및 야외탁자, 담장, 안내판, 조합놀이시설, 통나무집, 방음벽 등을 중심으로 표준규격과 시설모듈 및 생산모듈을 도출하였다. 특히, 표준규격, 시설모듈 및 생산모듈 도출을 위

해서 기존 설계안의 분석과 인체척도조사 등을 수행하였다.

가. 의자 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

의자는 기본적으로 앉는 면과 기등면으로 구성되어 있으며, 필요에 따라 등받이 면이 추가될 수 있다.

2) 인체척도 조사

의자의 표준규격은 엉덩이 바닥판과 기등에 의해 결정되어지므로 이와 관련된 앉은 오금높이와 앉은 엉덩이 배두께, 눈높이 등을 국민표준체위조사보고서(1998)에 기초하여 조사하였다.

가) 의자 높이 : 의자의 높이를 결정하는 잣대인 오금높이는 남성이 4cm, 여성이 38.2cm로 나타나 최소한의 높이인 38cm를 의자의 높이로 결정한다.

나) 의자 폭 : 의자의 폭은 앉은 엉덩이 배두께를 고려하여 38~42cm로 정한다.

다) 의자 길이 : 의자 길이는 몸통너비와 의복의 두께를 고려하여 최소 60cm이상으로 결정한다. 즉, 의복의 두께는 겨울철 동복에 외투를 걸었을 경우 5.2cm이며, 의복의 부피와 형(形)을 고려한 두께는 25.4cm 이다(일본건축학회, 1978). 따라서 의자의 길이는 남성 몸통(95% 신뢰구간의 상한선)인 49.5cm에 의복의 두께(5.2cm)를 고려하여 60cm를 1인 기준으로 설정하였다.

3) 기존설계안 분석

의자의 기존설계안을 중심으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다 (Table 2-14).

Table 2-14. The standard for the existing design of chair and analysis of product module

(단위 : mm)

구분	전체규격 (D×W×H)	구조	시설규격 (D×W)	생산규격	비고
청록 개발	600×1800 ×410	앉는판	600×1800	80×45 집성목(낙엽송)	-
		기둥	H 410	∅ 60 Steel Pipe	기초 : 300×600×200 Conc. (1:3:6)
형진 조경	405×1800 ×400	앉는판	405×1800	55×90×1800 미송목재	-
		기둥	H 400	50×100×T45 탄소강	기초 : 300×300×300 Conc.

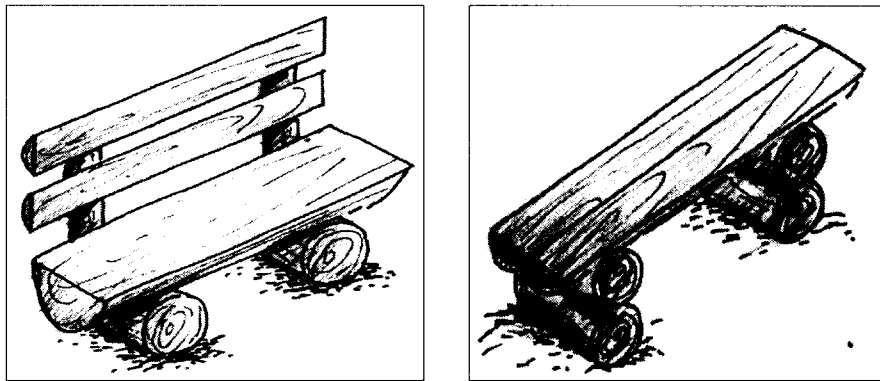


Fig. 2-13. The existing design of chair.

4) 표준규격 설정

일상적인 이용을 위한 1인용 의자의 표준규격은 600×(380~420)×380(mm)으로 설정한다. 2인용 이상의 의자인 경우에는 의자의 길이를 조정하는데, 2인용은 1200×(380~420)×380(mm)으로, 3인용은 2000×(380~420)×380(mm)으로 설정한다(Table 2-15). 등 의자의 경우에는 평 의자의 표준규격에 등받이를 더하여 산출하도록 한다.

Table 2-15. The standard of chair

(단위 : mm)

구 분	표준규격 (D×W×H)	비 고	
2인용 평의자	(330~390)×1200 ×(390~420)	등의자의 경우 평 의자 규격에 등받 이를 추가로 설치 함. 등받이(W×H) 규모 : 1200×400	
3인용 평의자	(390~420)×1800 ×(390~420)		

5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

의자의 경우, 앉는 판은 이용 및 관리상의 편의와 기능성을 고려하여 ϕ 120mm 소경목을 3면 각재 가공하여 단면폭을 60mm로 제작하였다(Table 2-16). 의자의 시설모듈 및 생산모듈은 ϕ 120mm 소경목을 기준으로 도출하였다 (Table 2-17).

Table 2-16. Processing method of ϕ 120mm small diameter log to produce the lumber for seat place.

ϕ 120mm 소경목의 가공방법 단면폭 : 60mm	비 고
	<p>3면 각재가공하여 단면폭이 60mm인 각재를 제작함. 이는 심재가 외기(外氣)에 노출되지않으면서 방부처리된 변재를 최대한 보존하여 방부효과를 볼 수 있는 가공방법임.</p>

Table 2-17. The equipment module and product module for chair.

(단위 : mm)

구분	구조	시설모듈 (D×W)	생산모듈			
			φ 60	φ 90	φ 120	
평의자	2인용	앉는 판	360×1200	--	--	L1200 : 6개
		기둥	H : 400	--	L600 : 4개	L600 : 4개
	3인용	앉는 판	360×1800	--	--	L1200 : 6개 600 : 6개
		기둥	H : 400	--	L600 : 4개	L600 : 4개
2인용 등의자		앉는 판	360×1200	--	--	L1200 : 6개
		기둥	H : 400	--	L600 : 4개	L600 : 4개
		등받이	260×1200	--	L1200 : 2개	L1200 : 2개

註) 의자의 앉는 판은 φ 120mm 소경목을 3면 각재가공하여 단면폭 60mm로 제작함.

나. 야외탁자 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

야외탁자의 구조는 바닥면과 기둥면으로 구성되어 있으며, 바닥면은 탁자면과 의자면으로 구분할 수 있다.

2) 인체척도 조사

야외탁자의 표준규격은 탁자높이와 탁자폭, 탁지길이에 의해 결정할 수 있으므로 이와 관련된 앉은 오금높이, 앉은 팔꿈치 높이, 팔꿈치 손끝길이, 몸통너비 등을 국민표준체위조사보고서(1998)에 기초하여 조사하였다.

가) 탁자높이 : 앉은 오금높이(평균)는 남성이 40.7cm, 여성이 38.2cm로 나타났고, 앉은 팔꿈치높이(평균)는 남성이 26.9cm, 여성이 27.1cm로 나타났다. 앉은 오금높이와 앉은 팔꿈치 높이를 합할 경우 남성은 67.6cm, 여성은

65.3cm로 나타났으며, 이러한 수치는 탁자높이를 설정할 수 있는 기준이다.

나) 탁자 폭 : 탁자 폭은 팔꿈치 손끝길리와 팔꿈치 손목길리에 기초하여 설정할 수 있다. 팔꿈치 손목길리(평균)는 남성이 25.4cm, 여성이 23.5cm이었고, 팔꿈치 손끝길리(평균)는 남성이 44.4cm, 여성이 41.2cm로 나타났다.

다) 탁자길이 : 몸통너비(41.5~45.5cm)와 의복의 두께를 고려하여 60cm(1인 기준)를 기준으로 설정하였다.

3) 기존설계안 분석

야외탁자의 기존설계안을 대상으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다 (Table 2-18, Fig. 2-14).

Table 2-18. Analysis of product module and the standard for existing design of outdoor table.

(단위 : mm)

구분	전체규격 (D×W×H)	구조	시설규격 (D×W×H)	생산규격	비고
청 록 개 발	1440×1800 ×750 (기초 : 400)	탁자판	600×1800×65	∅140의 반원형 목재 120×1800×65	-
		기둥	-	∅100(L1200) 원형목재	기초 : 400×400×400 Conc. (1:3:6)
		벤치	160×60×1440	80×60×1440 원형목재	-
형 진 조 경	1400×1600 ×700	탁자판	600×1600×45	150×1600×45 미송목재	-
		기둥	-	60×90×800 미송	-
		벤치	300×1600×45	150×1600×45 미송목재	-

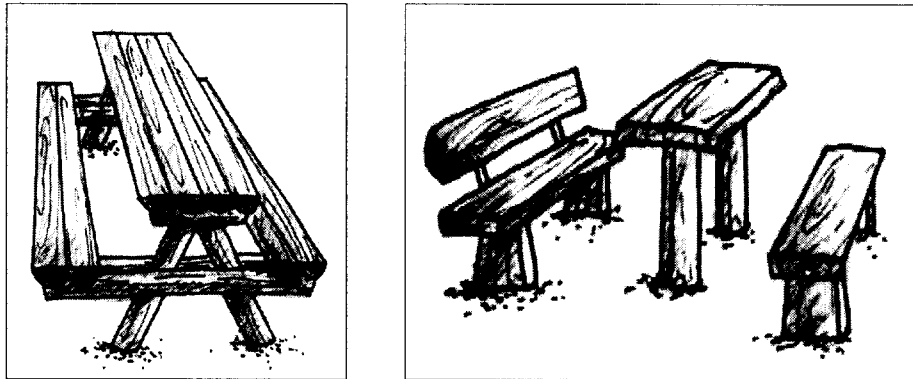


Fig. 2-14. The existing design of outdoor table.

4) 표준규격 설정

야외탁자의 표준규격은 4인용과 6인용으로 구분하였으며, 탁자높이(H)는 앉은 오금높이와 앉은 팔꿈치 높이를 고려하여 690mm로 설정하였다. 탁자 폭(D)은 팔꿈치 손끝길기와 팔꿈치 손목길이를 고려하여 720(4인용 탁자)~750(6인용 탁자)mm로 설정하였으며, 탁자길이(W)는 720(4인용 탁자)~750(6인용 탁자)mm로 설정하였다(Table 2-19).

Table 2-19. The establishment of the standard for outdoor table.

(단위 : mm)

구 분	표준규격(D×W×H)	비고
4인용	720×1200×690	
6인용	750×1800×690	

5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

야외탁자의 경우 탁자판은 이용 및 관리상의 편의와 기능성을 고려하여 ϕ 120mm 소경목을 3면 각재가공하여 D60mm로 제작하였다. 야외탁자의 시설모듈 및 생산모듈은 ϕ 120mm 소경목을 기준으로 도출하였다(Table 2-20).

Table 2-20. The facility and product module for outdoor table.

(단위 : mm)

구분	구조	시설모듈 (D×W)	생산모듈(ϕ 120mm)	비 고
4 인 용	탁자판	720×1200	L1200 : 12개	ϕ 120mm 소경목을 3면 각재가공하여 단면폭 60mm로 가공함.
	기둥면	700×720	L720(탁자판 이음부):1개 L714(다리):2개 L420(다리아이음부):1개	--
	기둥연결부	L 1320	L1320:1개	--
6 인 용	탁자판	720×1800	L1200:13개 L600:13개	ϕ 120mm 소경목을 3면 각재가공하여 단면폭 60mm로 가공함. 탁자판 길이(1800mm)는 L1200과 L600인 소경목을 붙여서 제작함.
	기둥면	700×750	L720(탁자판 이음부):1개 L744(다리):2개 L420(다리아이음부):1개	--
	기둥연결부	L 1920	ϕ 120×L1920:1개	--

다. 담 장 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

담장의 구조는 담장면과 기둥면으로 구성되어져 있다.

2) 인체척도 조사

담장은 설치목적과 기능을 고려한 높이로서 결정되어지므로 눈 높이와 앉은

눈 높이와 차폐기준을 조사, 분석하였다. 국민표준체위조사보고서(1998)에 따르면, 눈 높이는 158.1cm(남성), 147.4cm(여성)였고, 앉은 눈 높이는 121.6cm(남성)와 114.2cm(여성)로 나타났다. 서있을 경우 차폐되는 높이는 180cm, 앉았을 때 차폐되는 높이는 120cm, 경계를 표시하는 높이는 60cm로 나타났다.

3) 기존설계안 분석

담장의 기존설계안을 대상으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다
(Table 2-21, Fig 2-15)

Table 2-21. The product analysis and the standard for existing design of the wall.

(단위 : mm)

구분	전체규격 (D×W×H)	구조	시설규격 (D×W×H)	생산규격	비고
청록 개발	100×1800 ×1600 (기초:300)	담장면	80×150 ×700	원목 ϕ 80 L=1800	-
		기둥	100×100 ×1600	원목 ϕ 10cm L=1600	기초 : 400×400×300의 Conc, (1:3:6)
장수 산업	150×2000 ×1100 (기초:300)	담장면	120×2000 ×470	인조목 ϕ 120 L=2000 인조목 ϕ 120 L=350	-
		기둥	150×150 ×1100	인조목 ϕ 150 L=1100	기초 : 400×400×300의 Conc, (1:3:6)

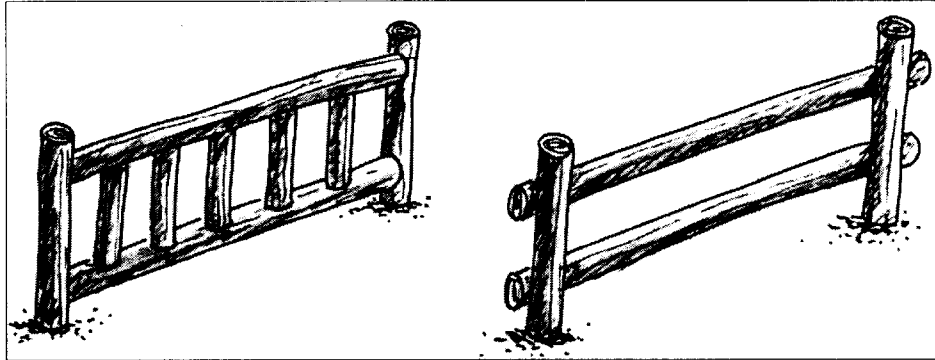


Fig. 2-15. The existing design of the wall.

4) 표준규격 설정

담장의 표준규격은 차폐 및 경계표시 기능을 고려한 폭과 높이로서 결정할 수 있다. 즉, 차폐 및 경계표시 등의 기능을 고려하여 3가지 유형으로 구분하고, 각 유형별 표준규격(폭과 높이)을 산출하였다.

Table 2-22. The standard of the wall.

(단위 : mm)

유형	표준규격(W×H)	비고
서있을 때 차폐되는 경우(type1)	1200×1800	
앉았을 때 차폐되는 경우(type2)	1200×1200	
낮게 경계를 표시하는 경우(type3)	1200×600	

5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

담장의 경우 3가지 유형별로 기둥 및 담장면 구조에 대한 시설모듈과 생산모듈을 제시하였다(Table 2-23.)

Table 2-23. The product and facility module for the wall.

(단위 : mm)

구 분	구조	시설모듈 (W×H)	생산모듈		
			φ 60mm	φ 90mm	φ 120mm
서있을 때 차폐되는 경우(type1)	기둥	H 2100	--	L2100 : 2~4개	--
	담장면	1200×1650	L1200	L1200	--
앉았을 때 차폐되는 경우(type2)	기둥	H 1500	--	L1500 : 2~4개	--
	담장면	1200×1050	L1200	L1200	--
낮게 경계를 표시하는 경우(type3)	기둥	H 900	--	L900 : 2~4개	L900 : 1~2개
	담장면	1200×450	L1200	L1200	--

라. 안내판 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

안내판의 구조는 담장면과 기둥으로 구성되어 있다.

2) 인체척도 조사

안내판은 안내, 지시 등을 위한 가시성(可視性)이 가장 중요하므로 인간의 시지각적 특성(視知覺的 特性)을 고려한 적절한 높이와 폭을 지녀야 한다. 이를 위해서 눈 높이와 좌우, 상하 시야각도를 조사하였는데, 눈 높이는 158.1cm(남성), 147.4cm(여성)으로 나타났다. 좌우 시야각도는 120° 이고, 상하 시야각도는 60° 로 나타났다. 따라서 안내판과의 거리를 1m로 가정하였을 경우, 안내판의 높이는 990~2070mm, 폭은 120~3300mm으로 설정할 수 있었다.

3) 기존설계안 분석

안내판의 기존설계안을 대상으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다
(Table 2-24 , Fig. 2-16.)

Table 2-24. The analysis of product module and the standard for the direction board.

(단위 : mm)

구분	전체규격 (D×W×H)	구조	시설규격 (D×W×H)	생산규격	비고
자연 휴양림 설계 기준	150×150 ×1500 (기초:300)	표지판	기둥의 450×100를 표시면으로 함	-	-
		기둥	φ 150×1500	원목 φ 150 L=1500	-
		기초	φ 70×600	원목 φ 70 L=600	-
자연 휴양림 설계 기준	150×900 ×2150 (기초:400)	표지판	30×900×630	합판 30×900×210	-
		기둥	φ 120×2150	지주통나무 φ 120 L=2150	-
		기초	φ 100×600	원목 φ 100 L=600	-
청록 개발	56×2100 ×2500 (기초:500)	표지판	21×2100×1500	합판21×2100×300	-
		기둥	-	φ 3.5cm의 steel pipe H=2500	기초 : 450×450 ×500의 Conc. (1:3:6)

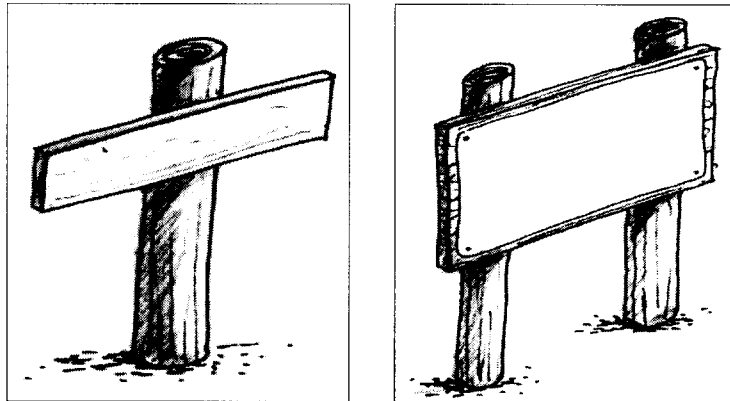


Fig. 2-16. The existing design of the direction board.

4) 표준규격 설정

안내판의 표준규격은 안내기능을 고려한 폭과 높이로서 결정할 수 있다. 즉, 안내판을 안내기능을 고려하여 이정표, 해설판, 종합안내판 등의 4가지 유형으로 구분하고, 각 유형별 표준규격(폭과 높이)을 산출하였다. 특히, 이정표의 경우 높이에 따라 낮은 유형(type1)과 높은 유형(type2)으로 세분하였다.

Table 2-25. The institution of the standard and the direction board.

(단위 : mm)

구분		표지판(D×W)	기둥(φ×H)	비고
이 정 표	낮은 것 (type1-1)	(120~240)×(450~600)	φ 120×1200(+400)	
	높은 것 (type1-2)	(120~240)×(450~600)	φ 120×1800(+600)	
해설판 (type2)		(600~1200) × (900~1200)	φ 240×1800(+600)	
종합안내판 (type3)		(1200~1800) × (1500~1800)	φ 240×2400(+600)	

5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

안내판의 경우 각 유형별로 기둥 및 표지판 구조에 대한 시설모듈과 생산모듈을 제시하였다(Table 2-26).

Table 2-26. The facility and product module for the direction board.

(단위 : mm)

구 분	구조	시설모듈 (D×W)	생산모듈		
			φ 60mm	φ 90mm	φ 120mm
이정표 낮은 것 (type 1-1)	표지판	(120~240) × (450~600)	L(450~600) : 2~4개	L(450~600) : 2개	L(45~600) : 1~2개
	기둥	H1600	L1600 : 2개	L1600 : 1개	L1600 : 1개
이정표 높은 것 (type 1-2)	표지판	(120~240) × (450~600)	L(450~600) : 2개	L(450~600) : 2개	L(450~600) : 1~2개
	기둥	H1600	L1200 : 4개	L1200 : 2개	L1200 : 2개
해설판 (type 2)	표지판	(600~1200) × (900~1200)	L(900~1200) : 10~20개	L(900~1200) : 7-13개	L(900~1200) : 5~10개
	기둥	H1600	L1200 : 2개	L1200 : 6개	L1200 : 4개
종합안내판 (type 3)	표지판	(1200~1800) × (1500~1800)	L(1500-1800) : 20~30개	L(1500-1800) : 14~29개	L(1500~1800) : 10~15개
	기둥	H1600	L1200 : 8개	L1200 : 8개	L1200 : 8개

마. 조합놀이시설 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

조합놀이시설은 타워구조를 지닌 표준단위를 중심으로 미끄럼틀, 계단, 시이소오, 그네, 통나무다리, 흔들다리 등의 다양한 놀이시설이 결합되어 있다. 특히, 타워구조의 표준단위는 바닥면과 기둥, 지붕면으로 구분할 수 있다.

2) 인체척도 조사

조합놀이시설은 어린이 및 유아의 다양한 행태가 이루어지기 때문에 안전사고 등에 대한 각별한 주의가 요구된다. 예를 들어, 가로대에 머리가 끼거나 계단에서 미끄러지는 등의 안전사고에 대한 적절한 대응이 요구된다. 즉, 가로대는 유아 및 어린이의 머리가 끼지않도록 유아 및 어린이의 두상폭(頭狀幅)을 고려하여 10cm이하로 하는 노력이 요구된다.

3) 기존설계안 분석

조합놀이시설의 기존설계안을 중심으로 전체규격과 표준단위의 시설규격 등을 조사, 분석하였다(Table 2-27).

Table 2-27. The analysis of product module and the standard for assembly play facility.

(단위 : mm)

구분	전체규격 (D×W×H)	구조	구조규격 (D×W×H)	생산규격	비 고	
Hags	3900×5500 × (1900~2400) (6세미단)	표 준 단 위	지붕	1000×1000×500	1000×700 판재	--
			벽면 (기둥)	670×670 (H 1900)	670×670 판재 기둥: ϕ 70 원형 목재	철계단, 미끄럼틀, 원형파이프
		바닥	670×670	28×93 각재	--	
	8200×11400 ×5100 (6-12세)	표 준 단 위	지붕	1000×1000×1200	45×93 각재	--
			벽면 (기둥)	1000×680 (H 3200~3800)	21×93 각재 기둥: ϕ 110 원형 목재	관모양미끄럼틀(Tubular slide), 목계단, 모래놀이시설, 통나무다리(log bridge), 활모양다리(bow bridge), 오름판
		바닥	1000×1000	28×120 각재	--	
청 록 개 발	8500×9250 ×4100	표 준 단 위	지붕	1000×1000×600	ϕ 90 ST pipe (F.R.P. t선라이트지붕)	--
			벽면 (기둥)	1000×900 (H 2900~3500)	벽면 : ϕ 31.8 ST pipe 기둥: ϕ 150 원형 목재	회전미끄럼틀, 목계단, 오름판, 시이소오, 흔들다리,
		바닥	1000×1000	140×90 각재	--	

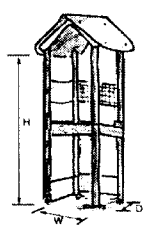
4) 표준단위규격 설정

조합놀이시설은 타워구조의 표준단위가 다양한 형태로 결합되고 이러한 표준단위를 중심으로 미끄럼틀, 계단, 시이소오 등이 결합되면서 내외곽을 향하여 배치되어져 있다. 따라서 조합놀이의 표준규격으로서 타워구조의 표준단위의 규격을 설정하였다. 이때, 조합놀이시설은 이용자의 연령을 고려하여 유아(6세 미만)와 어린이(6-13세)로 구분하여 표준단위의 규격을 결정하였다.

유아(6세 미만) 조합놀이시설의 표준단위규격(D×W×H)은 660×660×(1800~2300)mm이다. 어린이(6-12세) 조합놀이시설의 표준단위규격은 (D×W×H)은 960×960×(3900~5100) mm으로 설정하였다(Table 2-28).

Table 2-28. The institution of the standard for the assembly play facility.

(단위 : mm)

구 분	표준단위규격(D×W×H)	비 고
유아(6세미만) 조합놀이시설	660×660×(1800~2300) (지붕 : 660×660×700)	
어린이(6-13세) 조합놀이시설	960×960×(3900~5100) (지붕 : 960×960×1000)	

5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

유아 및 어린이 조합놀이시설로 구분하고, 각 조합놀이시설의 표준단위규격을 중심으로 시설모듈과 생산모듈을 제시하였다(표 27).

Table 2-29. The product and facility module

(단위 : mm)

구 분	표준 단위 규격 (D×W)	구조	시설모듈 (D×W)	생산모듈			비고
				φ 60mm	φ 90mm	φ 120mm	
유아 (6세미만) 조합놀이 시설	660 ×660 (기둥: 1800)	벽면	660×630	L540 : 9개	L480 : 6개	--	
		기 둥	H 1800	--	L1800 : 4개	L1800 : 4개	기초:400~600
		바닥	660×660	--	--	L540 : 11개 L660 : 2개	φ 120mm소경목 을 3면각재가공 하여 단 면 폭 60mm로 가공함.
어린이 (6-13세) 조합놀이 시설	960 ×960 (기둥: 3900)	벽면	960×900	L840 : 13개	L780 : 9개	--	
		기 둥	H 3900	--	--	L3900 : 4개	기초:400~600
		바닥	960×960	--	--	L840 : 16개 L960 : 2개	φ 120mm소경목 을 3면각재가공 하여 단 면 폭 60mm로 가공함.

바. 통나무집 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

통나무집은 바닥과 벽면, 지붕으로 구성되어 있다. 통나무집의 내부는 화장실과 침실, 부엌, 현관 등으로 구성되어 있고 이들 공간은 각각 바닥면과 벽면으로 구성되어 있다.

2) 단위공간 규모기준

통나무집의 규모는 화장실, 부엌, 침실, 현관 등의 단위공간이 조합으로 결정되어지므로 이들 단위공간의 규모기준을 조사, 분석하였다(Table 2-30).

Table 2-31. The analysis of unit space and the total scale for the cabin.

(단위 : mm)

구분	전체규모 (D×W)	단위공간	단위공간 규모 (D×W)
축령산 자연휴양림	5500×6700	화장실 (욕조가 없는 경우)	1700×1700
		부엌	1700×1700
		침실	2800×3300
		거실	3800×4400
		현관	1450×1700
대운산 자연휴양림 (10평형)	5900×5700	화장실 (욕조가 없는 경우)	1450×1750
		부엌	1750×2700
		침실	3000×3000
		거실	2100×2100
		현관	2050×4000
대운산 자연휴양림 (7평형)	4200×5700	화장실 (욕조가 없는 경우)	1400×1700
		부엌	1500×1700
		침실	2500×4800
		거실	900×1700
		현관	1450×1700
성주봉 자연휴양림 (9평형)	5400×5400	화장실 (욕조가 없는 경우)	1450×1700
		부엌 및 식당	1800×3000
		침실	3000×3000
		거실	2400×3700
		현관	950×1700

4) 표준규모 설정

통나무집의 구성하는 화장실, 부엌, 침실, 거실, 현관의 표준규격을 결정하고, 이러한 단위공간의 표준규모를 토대로 통나무집의 표준규모를 설정하였다. 통나무집의 표준규모는 8평형과 12평형의 2가지 유형으로 제시하였다 (Table 2-32, Table2-33).

Table 2-32. The institution of the standard scale for unit space.
(center to center)

(단위 : mm)

구 분		표준규모(D×W)
화장실	욕조가 없는 경우	1500×1800
	욕조가 있는 경우	1800×2400
부엌		1800×1800
침실		2700×3600
		3300×3900
거실		3000×3000
		3600×4200
현관		900×1800
		1500×1800

Table 2-33. The scale of the standard and unit space for the cabin.
(center to center)

구 분		통나무집의 표준규모	
		8명	12명
단위공간 (D×W)	침 실	2700×3600(mm)	3300×3900(mm)
	거 실	3000×3000(mm)	3600×4200(mm)
	화 장 실	1500×1800(mm)	1800×2400(mm)
	부 엷	1800×1800(mm)	1800×1800(mm)
	현 관	900×1800(mm)	1500×1800(mm)

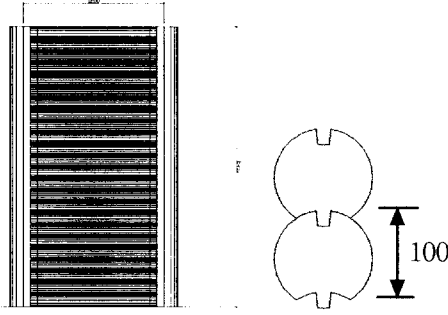
5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

통나무집의 벽면을 중심으로 시설모듈과 생산모듈을 제시하였다(Table 2-34). 통나무집 벽면의 경우 구조적 안전성을 위해 기둥은 $\phi 240$ 경목을, 횡

으로 배열되는 경목은 $\phi 120$ 소경목을 이용하도록 계획하였다.

Table 2-34. The facility and product module for the wall of cabin.

(단위 : mm)

구분	시설모듈 (D×W×H)	구조	생산모듈	비고
벽면	1200×2400 ×2800	기둥	$\phi 240 \times L2800$: 2개	 <벽면모듈> <소경목의 결합>
		벽체	$\phi 120 \times L1200$: 24개	

사. 방음벽 : 표준규격 및 생산모듈

1) 구조적 특성

방음벽은 소리를 흡수하거나 반사하는 방음벽면과 기둥으로 구성되어 있다.

2) 설치기준조사

방음벽의 설치기준은 소음량과 규제기준에 따라 각기 다른 높이로서 계획되어진다.

3) 기존설계안 분석

방음벽의 기존설계안을 대상으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다 (Table 2-35 , Fig.2-17.).

Table 2-35. The analysis of the standard and product module for the existing of soundproofing walls.

(단위 : mm)

구분	전체규격 (D×W×H)	구조 모듈	구조규격 (D×W×H)	생산모듈	비고
한수 목재	200×3000× 4000	방음 벽면	200×3000× 4000	ø60 반원주 직재 수직으로 정면에 35mm 등간격 배치 흡음재(mineral rock wool, 100kg/m ³)THK50각재 120×70×3000판재 120mm×30mm(후로링). 상부에 는 ø200의 반원주 직재	기둥 : H빔 194×150 ×6×9 사용
한수 목재	230×3000× 4000	방음 벽면	230×3000× 4000	ø60 반원주 직재 수직으로 양면에 35mm 등간격 배치 흡음재(mineral rock wool, 100kg/m ³)THK50 각재 120×70×3000 판재 120mm×30mm(후로링). 상부에는 ø200의 반원주 직재	기둥 : H빔 194×150 ×6×9 사용

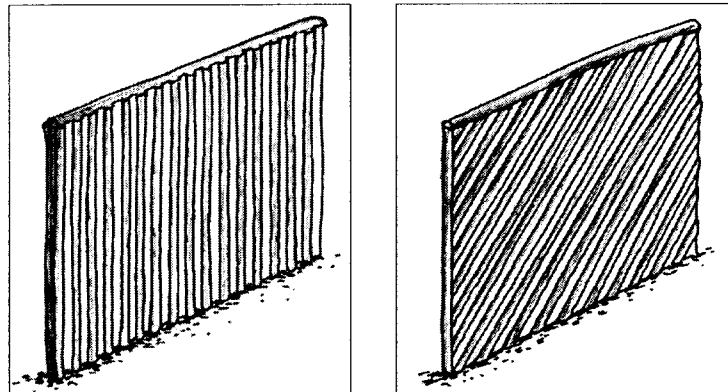


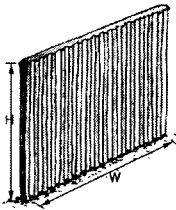
Fig. 2-17. The exiting design of the soundproofing walls.

4) 표준규격 설정

방음벽의 표준규격은 소음원과 방음효과 등을 고려하여 다양한 높이가 제시되어질 수 있으므로 기본 모듈을 수직, 수평적으로 조합함으로써 필요한 높이를 만들도록 고려한다. 따라서 방음벽의 기본규모를 표준규격으로 설정하였으며, 이때 방음판위에 소경목의 부착방식에 따라 단면형과 양면형으로 구분할 수 있다. 단면형 방음벽의 표준규격(D×W×H)은 230×2000×2000mm로 설정하고, 양면형 방음벽의 표준규격(D×W×H)은 260×2000×2000mm로 설정하였다 (Table 2-36).

Table 2-36. The standard of the soundproofing walls.

(단위 : mm)

구분	표준규격(D×W×H)	비고
단면형 (type1)	230×2000×2000	
양면형 (type2)	260×2000×2000	

5) 시설모듈 및 생산모듈 설정

방음벽의 경우 단면형과 양면형의 2가지 유형별로 기둥 및 방음면 구조에 대한 시설모듈과 생산모듈을 제시하였다(Table 2-37).

Table 2-37. The facility and product module for the soundproofing walls.

(단위 : mm)

구분	구조	시설모듈 (D×W×H)	시설모듈
			∅ 60mm 소경목
단면형 (type1)	방음벽면	230×2000×2000	L1200 : 19개 L800 : 19개
	기둥	기둥높이는 소음원과 방음 효과에 따라 결정되며, H빔 을 이용함.	H빔 : 194×150×6×9(mm)
양면형 (type2)	방음벽면	260×2000×2000	L1200 : 33개 L800 : 33개
	기둥	기둥높이는 소음원과 방음 효과에 따라 결정되며, H 빔을 이용함.	H빔 : 194×150×6×9(mm)

제 6 절 야외시설물의 접합부 모델 개발

1. 목재-볼트 접합부의 강도적 특성

2장에서 수축률 및 휨강도 특성을 조사한 6수종에 대해 ASTM 5652의 실험방법에 준하여 2종류의 볼트와 2개의 하중방향에 대한 목재-볼트 접합부의 강도적 특성을 조사하였다.

가. 실험방법

목재-볼트 접합부는 원목으로부터 취한 장방형 기건재 시편으로 ASTM D 5652에 따라 제작하였고, 주부재와 측면부재는 모두 목재를 사용하였다. 각 6수종에 대해 섬유방향과 섬유직각방향으로 하중을 가하였고, 볼트는 직경 12.7mm와 15.9mm를 사용하였다. 접합부에 있어서, 볼트는 예비 구멍이 너무 작을 경우 목재의 조개짐이 발생하고 볼트 예비 구멍이 너무 클 경우에는 불균일한 내력이 발생하게 되므로 ASTM D 5652에 따라 볼트의 직경 13mm를 기준으로 13mm이하인 경우는 0.8mm 크게, 13mm이상인 경우는 1.6mm 크게 하였다. 예비구멍을 뚫는 방식도 성능에 영향을 미치므로, 부드러운 면을 얻기 위해 드릴은 날카로운 날을 사용하여 회전속도는 빠르게, 삽입속도는 느리게 천공하였다. 또한 접합부의 예비 구멍은 섬유방향 시편의 경우 최소 끝면거리를 ASTM에서 제시하는 4D이상인 7D로 하였고, 섬유직각방향 시편에 대해서는 하중을 받는 쪽의 측면거리를 4D로 하고 받지 않는 쪽의 측면거리를 1.5D로 하였다. 하중은 연속적으로 증가시켜 접합부의 파괴 또는 변형량이 15mm에 도달할 때까지 계속해서 실시하였고, 최대 하중이 5분에서 20분 사이에서 얻어지도록 하중속도를 $1.0\text{mm}/\text{min} \pm 50\%$ 로 제어하였다. 본 실험을 통해 파괴모드를 분석하고 최대하중을 측정하였다.

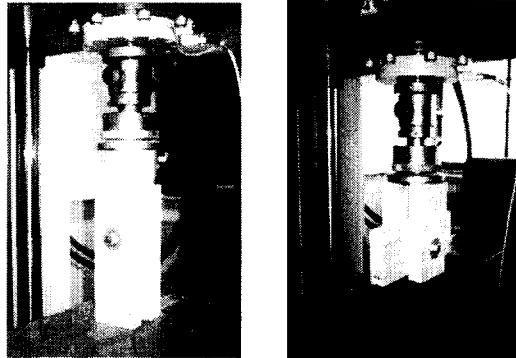


Fig. 2-18. Test assemblies for double shear bolted connections

나. 목재-볼트 접합부의 강도특성 분석

접합부의 파괴모드는 수종과 하중방향에 상관없이 사용된 볼트의 직경에 따라 차이를 나타내었다. 우선 12.4mm의 볼트를 사용한 경우 목재-볼트 접합부의 파괴는 주로 주부재의 crushing과 볼트의 휨에 의해 일어났고, 이보다 직경이 큰 15.9mm의 볼트를 사용한 경우에는 볼트의 휨은 거의 없이 주부재의 crushing에 의해 파괴가 일어났다.

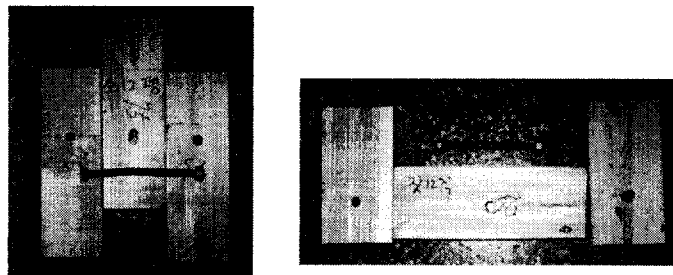


Fig. 2-19. Failure modes for double shear bolted connections with softwoods and 12.4mm bolts

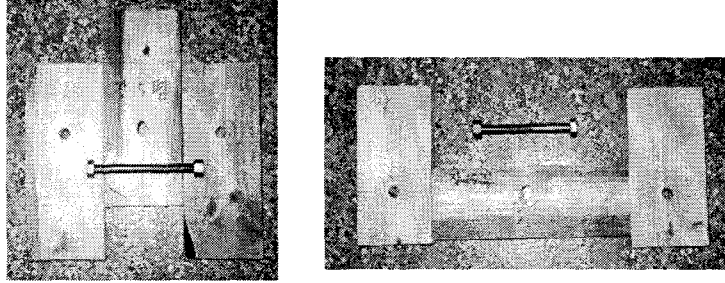


Fig. 2-20. Failure modes for double shear bolted connections with softwoods and 15.9mm bolts

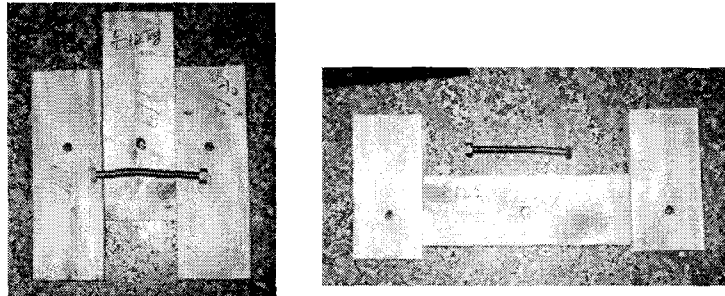


Fig. 2-21. Failure modes for double shear bolted connections with hardwoods and 12.4mm bolts

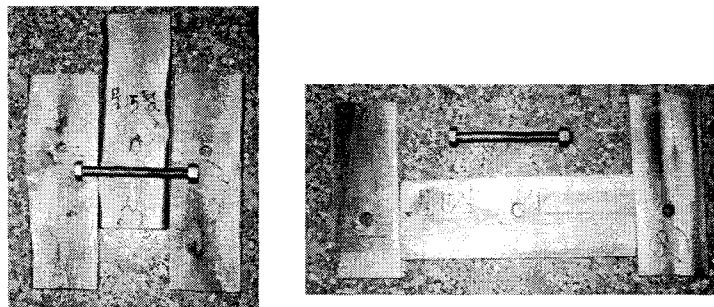


Fig. 2-22. Failure modes for double shear bolted connections with hardwoods and 15.9mm bolts

본 실험의 항복하중에 대한 결과를 나타낸 아래의 Table 2-38 에 의하면 침엽수 중에는 낙엽송, 활엽수 중에는 참나무가 가장 큰 항복하중값을 보였다. 그리고 Table 2-2 에는 침엽수 3수종에 대하여 본 실험에서 측정한 항복하중을 고려하여 구한 설계값을 기존 NDS에서 제시하는 설계값과 비교하고 있는데, 수종이나 볼트 직경, 그리고 하중방향에 관계없이 5~10%정도 낮은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 본 실험에 사용된 부재가 국산소재로 목재-볼트 접합이 주로 심재부에서 형성되기 때문인 것으로 생각된다.

Table 2-38. Yield load for double shear bolted connections with each species.

Species	Yield load(Kgf)			
	12.4(mm) bolted connection		15.9(mm) bolted connection	
	Perpendicular to the grain	Parallel to the grain	Perpendicular to the grain	Parallel to the grain
Red pine	377	935	423	1,171
Korean white pine	316	830	355	1,040
Japanese larch	441	1,050	494	1,303
Poplar	259	725	301	909
Alder	366	921	414	1,159
Oak	725	1,460	811	1,828

Table 2-39. Comparison of design yield load (from tests and NDS).

Species	12.4(mm) bolted connection				15.9(mm) bolted connection			
	Perpendicular to the grain		Parallel to the grain		Perpendicular to the grain		Parallel to the grain	
	Test	NDS	Test	NDS	Test	NDS	Test	NDS
	Value	value	Value	value	Value	value	Value	value
	(Kgf)	(Kgf)	(Kgf)	(Kgf)	(Kgf)	(Kgf)	(Kgf)	(Kgf)
Red pine	166	182	419	427	186	204	526	531
Korean white pine	138	154	371	377	156	172	466	471
Japanese larch	195	213	466	477	219	241	585	594

2. 목재의 다우얼 지압강도(Dowel bearing strength) 평가

다우얼 형태의 접합부에서 목재의 다우얼 지압강도는 철물이 전단하중에 의해 목재에 crushing 되려할 때, 이에 저항하는 목재의 강도로 목재-볼트 접합부의 강도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 기존 항복모델에서 제시하고 있는 다우얼 지압강도는 목재의 비중과 하중방향 그리고 볼트의 상대적 치수에 근거한 다음과 같은 식에 의한 값을 사용하고 있다.

큰 철물 :

목리에 평행하게 하중이 부하되는 경우 : $F_{e\parallel} = 11,200(SG)$

목리에 수직하게 하중이 부하되는 경우 : $F_{e\perp} = 6100(SG^{1.45})D^{-0.5}$

목리와 임의의 각으로 하중이 부하되는 경우 :

$$F_{e\theta} = \frac{F_{e\parallel} F_{e\perp}}{F_{e\parallel} \sin^2 \theta + F_{e\perp} \cos^2 \theta}$$

작은 철물 :

목리와 이루는 하중방향의 각에 관계없이 : $F_e = 16,600 SG^{1.84}$

본 연구에서는 목조 야외시설물에서 실제로 접합부에 사용되는 볼트와 접합부가 놓이게 되는 함수율 조건을 고려하여 위에서 제시한 계산식의 적합성을 평가하고 새로운 식의 제시를 위해 다음과 같이 목재의 다우얼 지압강도를 측정하였다.

가. 실험방법

목재의 다우얼 지압강도 측정을 위해 사용된 볼트는 실제 야외시설물의 접합부에 가장 많이 사용될 것으로 예상되는 3/8 in (9.5mm) 직경의 것이 사용되었고, 목재 시편의 크기는 10cm × 10cm × 10cm로 하였다. 다음의 Fig. 2-23에 제시된 것과 같이 목재 시편은 볼트 직경의 1/2정도가 잠길 수 있도록

구멍을 파고 목리에 평행한 방향과 수직인 방향의 두가지 방향에 대해 하중을 가하였으며 하중속도는 1mm/min으로 하였다.

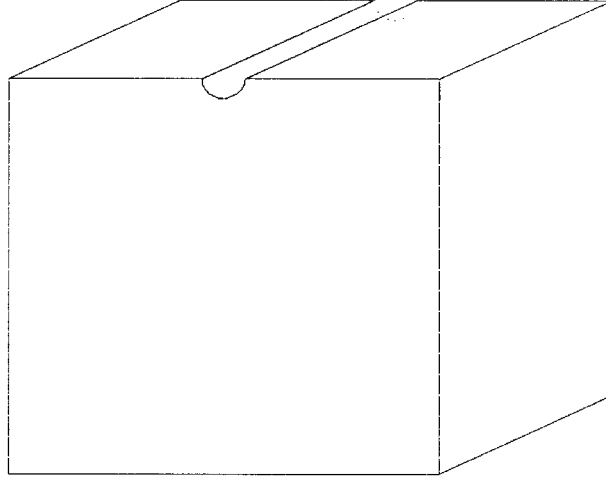


Fig. 2-23. Specimen for dowel bearing strength

나. 다우얼 지압강도 분석

본 연구에서 선정한 국산낙엽송과 3/8 in. 볼트에 대한 다우얼 지압강도를 평가하기에 앞서 먼저 위에서 제시한 기존의 계산식에 의해 다우얼 지압강도를 구하면 다음과 같다. 여기서, 국산낙엽송의 비중은 실험에 의해 구해진 0.48의 값을 사용하였다.

큰 철물이라 가정한 경우,

$$\begin{aligned} \text{목리와 평행한 하중이 부하된 경우 : } F_{e\parallel} &= 11,200 (SG) = 11,200 (0.48) \\ &= 5376 \text{ psi} = \underline{378} \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{목리와 수직인 하중이 부하된 경우 : } F_{e\perp} &= 6100(SG^{1.45})D^{-0.5} \\ &= 6100(0.48^{1.45})(3/8)^{-0.5} \\ &= 3436 \text{ psi} = \underline{242} \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{작은 철물이라 가정한 경우 : } F_e &= 16,600 \text{ SG}^{1.84} = 16,600 (0.48)^{1.84} \\ &= 4301 \text{ psi} = \underline{302 \text{ kgf/cm}^2} \end{aligned}$$

다음으로 함수율 변화에 따른 국산낙엽송의 다우얼 지압강도를 실험에 의해 측정된 값을 다음의 Table 2-40 에 제시하였다.

Table 2-40. Dowel bearing strength from tests.

Moisture Contents	Dowel bearing Strength (kgf/cm ²)	
	F _e	F _{e⊥}
10% or lower	499	291
13 - 18%	345	238
20% or higher	296	222

위의 결과를 살펴보면, 우선 본 연구에서 사용하는 3/8in (9.5mm) 볼트는 기존의 계산식에서 분류한 볼트의 상대적 치수에 의한 것으로는 큰 철물에 해당한다고 해야 할 것으로 판단된다. 이는 함수율 변화와는 관계없이 목리에 대한 하중방향에 의해 다우얼 지압강도가 큰 차이를 보이고 있다는 사실에 근거한 것이다. 함수율 변화에 대한 영향을 살펴보면, 함수율 조건이 10% 이하가 될 때, 즉 기건이하의 함수율 조건에서는 13-18% 함수율 조건, 즉 기건상태의 값에 비해 목리에 평행인 하중의 경우 45%정도 증가하고, 수직인 하중의 경우 22%정도 증가하며, 함수율이 20% 이상이 되면, 즉 기건이상의 함수율 조건에서는 각각 14%와 4%정도 감소하였다. 이는 목재의 다우얼 지압강도의 계산에 함수율 변화에 따른 인자가 포함되어야 함을 나타내는 것으로 판단되며, 이러한 관점에서 함수율 변화에 대한 다우얼 지압강도의 변화를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

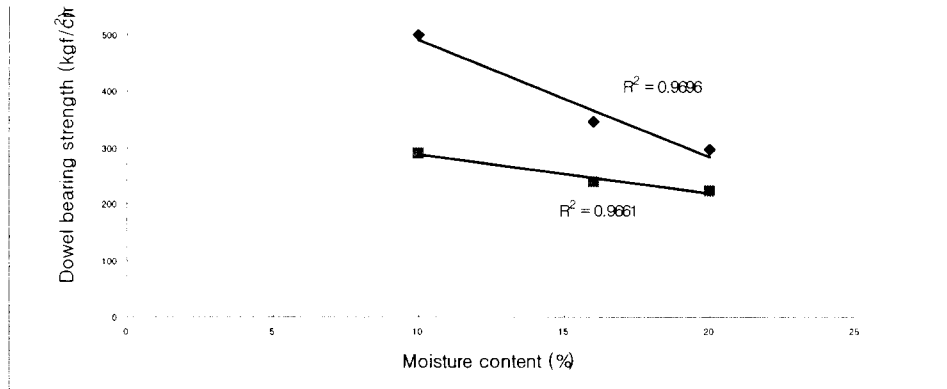


Fig. 2-24. Dowel bearing strength of Japanese larch with Moisture contents.

위와 같은 결과로, 다우얼 지압강도를 구하는 식은 사용조건에서의 최대함수율을 고려하여 다음과 같이 수정되어야 할 것이다.

$$\text{목리와 평행한 하중이 부하되는 경우 : } F_{e\parallel} = 6,050 (SG) (MC)^{-0.76}$$

$$\text{목리와 수직하중이 부하되는 경우 : } F_{e\perp} = 2,070 (SG^{1.45}) D^{-0.5} (MC)^{-0.4}$$

3. 목재-볼트 접합부의 허용하중 평가

1930년대 미국의 임산물연구소에서의 실험에 의한 접합부의 비례한계 하중에 기초한 실험식을 대신하여 1940년대 이후 유럽에서 제기된 항복모델 이론이 계속되는 연구 끝에 1991년 NDS (National Design Specification)에서도 다우얼 형태의 접합부 해석에 적용되고 있다. 목재-볼트 접합부의 경우 항복모델은 접합부의 가능한 파괴모드에 따라 다양한 항복하중 계산식에 의해 가장 작은 값으로 공칭 항복하중값을 결정하고, 여기에 적용가능한 보정인자를 곱하여 허용항복하중값을 구하게 된다. 이러한 항복모델은 목재의 경우 비중, 하중방향(목리에 대한) 그리고 접합철물의 상대적 치수에 따라 결정되는 다우얼 지압강도와 부재의 두께에 근거하고, 볼트의 경우 직경과 휨항복강도에 근

거한다. 위에서 제시한 기존의 항복모델은 현재 목구조물에서의 접합부 해석에 별다른 문제없이 적용되고 있다. 그러나 본 연구에서의 국산소경재를 이용한 야외시설물의 접합부에서는 몇가지 적용상에 문제점을 안고 있다. 우선 국산소경재는 다량의 미성숙재를 포함하여 기존의 구조부재와는 다른 다우얼 지압강도를 갖고, 함수율 변이에 대한 치수변화가 크다. 또한 접합부에 사용되는 볼트의 경우에도 주로 1/2 in (12.3 mm) 미만의 치수가 사용되며, 볼트의 휨항복강도의 경우 상대적으로 매우 큰 값의 볼트를 사용하게 되어 항복모델에서 제시하는 각 파괴모드에 대한 항복하중 계산식을 그대로 적용하기에 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 야외시설물에 사용되어질 목재중 한 수종(낙엽송)과 주로 사용되는 볼트(3/8 in)를 선택하여 기존 항복모델과 실험에 의한 항복하중을 비교 분석하고, 이를 근거로 실제 야외시설물의 접합부 해석에 적합한 접합부 허용하중을 제시하고자 한다.

가. 실험방법

목재-볼트 접합부의 항복하중 평가를 위한 실험은 위에서 제시한 목재-볼트 접합부에 대한 기본적인 파괴모드와 강도 성능평가에서의 실험방법과 동일하게 ASTM 5652의 방법에 준하여 수행하였다. 다만, 볼트의 치수를 실제 야외시설물의 접합부에 주로 사용되어질 3/8 in (9.5mm)로 하였다.

나. 목재-볼트 접합부의 항복하중 분석

본 연구에서 선택된 3/8 in. 볼트와 국산낙엽송을 사용하여 수행한 실험을 통한 항복하중과 이중전단에 의한 목재-볼트 접합부에 대하여 기존의 항복모델에서 제시하는 파괴모드에 대한 항복하중 계산식으로부터 구한 값을 비교하면 다음과 같다. 여기서 실험에 의한 값은 함수율 변화에 따라 최소값을 근거로 산출하였으며, 계산에 의한 값은 Mode III와 Mode IV에 대해 기존 NDS에서 제시하는 다우얼 지압강도를 적용하였다.

Table 2-41. Comparison of calculated values from yield model and actual values.

	Z (kgf)		Remarks
	Z_{\perp}	Z_{\parallel}	
Calculated value	472	241	Mode III
	547	350	Mode IV
Actual value	601	537	10% or lower MC
	635	549	13-18% MC
	539	534	20% or higher MC

우선, 기존 항복하중 계산식에 의해 산출된 목재-볼트 이중전단 항복하중값은 파괴모드에 있어 목리에 대한 하중방향에 관계없이 Mode III를 적용해야 할 것으로 판단되었다. 그러나, 실제 실험에서의 파괴모드는 Mode IV에 가까운 것으로 판명되었다. 여기에서 항복모델에 근거한 항복하중값과 실제 실험에 의한 하중값과의 차이가 발생한 것으로 생각되며, 항복모델의 적용에 문제가 있음을 설명하는 부분이기도 하다. 구체적으로 말하자면, 기존 항복모델에서 제시하는 항복하중 계산식은 많은 실험을 통해 산출된 것이기는 하나 특별한 경우 즉, 사용된 볼트의 휨항복강도가 상대적으로 매우 크다면 미성숙재를 다량 포함하는 목재의 사용과 같은 조건에서는 적용에 문제가 있다는 것이다. 특히, 목리에 수직인 하중에 의한 항복하중은 계산식에 의한 값에 비해 실험에 의한 값이 매우 큼을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서와 같은 국산소경재를 사용한 야외시설물의 목재-볼트 접합부에 대해서는 기존의 항복모델을 적용하기보다는 새로운 허용항복하중값을 제시함이 타당하리라 생각한다.

한편, 목재-볼트 접합부의 파괴형태를 살펴보면 기존의 자료에서와는 다르게 항복하중과 접합부의 최대하중의 차이가 매우 심하게 나타났다. 다음의 Fig. 2-25 에서 제시된 바와 같이 초기 선형탄성구간을 지나 항복하중을 지난 이후에도 상당한 정도의 하중 증가를 보이고 있는데, 그 이유로는 사용된 볼트의 인장 및 휨항복 강도가 일반적으로 사용하는 볼트의 값보다 상대적으로 매우 커서(인장 : 60,000 → 120,000psi, 휨 : 45,000 → 105,000psi), 초기 목재의 다우얼 지압강도에 의해 좌우되던 하중-변위 관계가 항복하중 이후 볼트에

의해 좌우되는 하중-변위 관계로 전환되기 때문인 것으로 사료된다

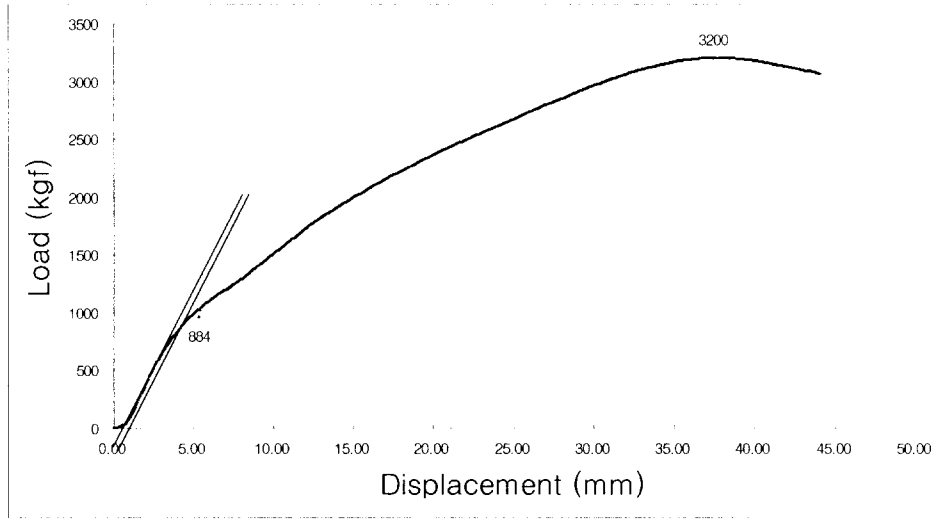


Fig. 2-25. Load-Displacement relationship in double shear bolted connection.

제 7 절 야외시설물 표준설계도 개발

1. 표준설계도 개발을 위한 야외시설물 선정

야외시설물의 유형을 숙박시설, 관리시설, 휴양 및 운동시설, 교육 및 전시 시설, 도로 및 교통시설, 판매시설, 위생시설의 7개 유형으로 구분하였는데, 그 중 소경목을 적극 활용할 수 있는 8개 야외시설물(통나무집, 안내판, 담장, 의자, 야외탁자, 퍼골라, 어린이놀이기구, 방음벽)을 선정하여 표준설계도를 개발하도록 한다.

Table 2-42. The selection of outdoor facilities for standard design development

구 분	야 외 시 설 물
숙박시설	통나무집, 야영데크
관리시설	관리사무소, 대피소, 안내판, 담장
휴양 및 운동시설	의자, 야외탁자, 전망대, 정자, 파고라, 어린이놀이기구, 체력단련시설
교육 및 전시시설	야외교실, 표고재배시설, 산림박물관(교육자료관)
도로 및 교통시설	다리, 계단, 가로등, 이동플랜터, 방음벽
판매시설	매점, 임산물(특산물)판매소
위생시설	취사장, 화장실, 휴지통

표준설계도를 개발하는 7개 시설을 선정한 기준은 야외시설물의 소경목 활용가능성에 대한 조사결과에 따랐다. 조사결과 관리자와 이용자 모두 적극 활용 가능하다고 응답한 시설 항목은 야영데크, 안내판, 담장, 의자, 야외탁자, 전망대, 정자, 퍼골라, 놀이기구, 이동플랜터, 방음벽 등으로 나타났는데, 이들 시설 중 야외에서 활용가능성을 고려하여 7개 시설로 선정하였다.

2. 야외시설물의 설계안 개발

가. 야외시설물 표준설계도 개발유형 구분

야외시설물의 표준설계도 개발은 현장에서의 활용도를 고려하여 유형을 구분하여 한 항목에 여러 개의 설계안을 제시하도록 계획하였는데, 그에 따라 각 시설물의 종류에 따라 유형을 구분하였다. 유형구분의 기준은 시공성, 미관, 규격, 형태 등을 고려하여 결정하였다. 의자, 야외탁자, 담장의 경우는 시공성과 미관을 기준으로 기본형과 미관형으로 구분하였으며, 안내판은 규격에 따라서 소형과 대형으로 구분하였다. 퍼골라, 통나무집, 놀이시설의 경우와 같이 소경목 만으로 제작이 현실적으로 불가능한 시설들의 경우에는 표준설계의 제시보다는 소경목활용방안을 제시하고자 하였다.

Table 2-43. Design types for outdoor facilities

시설물 종류		설계유형 구분형태	비 고
의 자	평의자	기본형/미관형	소경목의 활용도를 높이기 위해서 조립하기 쉽고 시공이 간단한 형태와 기존제품과 디자인적으로 차별화될 수 있도록 미관을 강조한 형태로 구분
	등의자	기본형/미관형	
야외탁자		기본형/미관형	안내판의 규격에 따른 구분
담장		기본형/미관형	
안내판		소형/대형	소경목활용방안 제시
파고라		-	
통나무집		-	
놀이시설		-	

나. 야외시설물 설계기준 도출

1) 야외시설물 현황문제점 분석

자연휴양림(26개), 관광농원, 마을쉼터, 근린공원 등에 대한 현장조사를 실시한 결과, 목재를 이용한 야외시설물에서는 습기로 인한 부식과 목재접합부분의 구조적 안전성 등이 가장 큰 문제로 나타났다. 야외시설물의 문제점 분

석을 위해 이용자들에게는 이용경험이 있는 야외시설물의 불만족 이유를 분석하고, 관리담당자는 야외시설물의 문제점을 기입하도록 하였다

Table 2-44. The problem analysis of outdoor facilities

시설구분	문제점분석	
	이용자 측면	관리자 측면
어린이놀이시설	관련시설과의 연계성(40%) 범죄의 안전성(40%)	크기와 유지관리상태 이용자 접근성 구조적 안전성
통나무집	유지관리상태(31.3%)	유지관리상태(28.9%) 크기(26.3%)
안내판	개수(35.5%) 접근성(17.6%)	디자인(32.4%) 크기(20.6%)
의자	개수 유지관리 상태	개수 유지관리 상태
야외탁자	유지관리 상태	유지관리 상태
체력단련시설	구조적 안전성	구조적 안전성
화장실	유지관리 상태	위생 및 건강성
휴지통	유지관리 상태	개수

자연휴양림 이용자와 관리자를 대상으로 야외시설물의 10가지 개선방향에서 중요한 순서대로 3개를 선택하도록 하였다. 이용자들의 경우는 자연휴양림 이용자들은 목재 등의 자연친화적 소재의 도입에 가장 높은 21의 개선필요도를 보였으며, 이용자의 접근성을 고려한 배치(개선필요도:16.8), 체계적인 유지관리(개선필요도:13.7) 등으로 나타났으며, 관리자들의 경우는 체계적인 유지관리에 대한 개선필요도가 가장 높았으며, 다음은 다양한 디자인의 개발, 목재 등의 자연친화적 소재의 도입 등으로 나타났다. 자연휴양림내 야외시설물에 대한 문제점 분석과 개선방향에 대한 분석 결과, 시설물의 체계적인 유지관리, 시설물의 안전성, 자연친화적인 소재의 도입 등이 해결해야 할 문제점인 것으로 나타났다.

2) 인간적 척도의 고려

야외시설물은 이용자의 이용을 전제로 한다는 점에서 이용자의 인간척도에 적합하도록 설계되어야 한다. 즉, 야외시설물을 이용하는 이용자의 신체치수와 신체동작, 이용행태에 적합한 표준규격 등의 단위모듈이 개발되어야 하므로, 이용자의 신체치수와 신체동작, 이용행태를 고려함으로써 이용자의 이용 만족도를 증진시킬 수 있다.

3) 시공 용이성(조립성, 생산성 고려)

야외시설물의 표준화된 시공기준이 마련되어있지 못한 형편이므로 야외시설물의 생산 및 조립, 사후관리 등의 각 단계별 시공 및 관리기준을 설정할 필요가 있다. 미국의 경우 ASTM(American Society for Testing and Material), ADA(American with Disability Act), CPSC(Consumer Product Safety Commission) 등의 규정이 제시되어져 있다. 소경목을 특성을 고려한 야외시설물의 표준화된 시공기준의 마련은 관리자들과의 유지관리 노력을 줄이고 이용자들의 만족도를 높여 야외시설물에 대한 소경목의 용도를 확대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

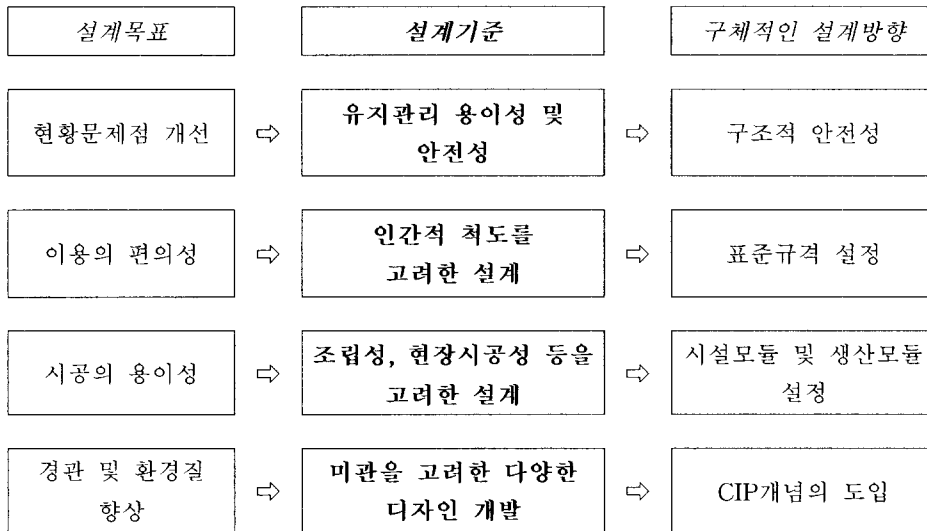
4) 경관 및 환경적 질 향상

국산 소경목을 적극적으로 활용한 다양한 야외시설물 디자인을 개발할 필요가 있다. 이러한 야외시설물의 디자인 개발시 전체적인 통일성과 다양성을 고려함으로써 자연휴양림의 경관 및 환경적 질을 제고할 수 있어야 한다. 야외시설물의 디자인에 CIP 개념을 적극적으로 도입할 필요가 있다. 야외시설물의 배치는 이용자의 이용편의성과 이용행태패턴을 고려하여 배치되어짐과 동시에 관리자의 효율적인 관리가 가능하도록 하여야 한다. 야외시설물의 기능별로 합리적인 배치기준의 연구가 필요하다.

5) 야외시설물 설계기준 도출

이상의 사항들을 고려할 때 소경목을 이용한 야외시설물의 설계를 위한 설

계기준 도출과정을 정리하면 다음 그림과 같다.



현황문제점의 개선, 이용의 편의성, 시공의 용이성, 경관 및 환경의 질 향상을 위해서는 유지관리 용이성 및 안전성, 인간적 척도를 고려한 설계, 조립성 현장시공성 등을 고려한 설계, 미관을 고려한 다양한 디자인의 개발 등이 야외시설물의 설계기준으로 필요한 것으로 나타났다.

다. 야외시설물 설계안 도출

1) 의자(평의자, 등의자)

가) 구조적 특성

의자는 기본적으로 앉음판과 기둥으로 구성되어 있으며, 필요에 따라 등받이가 추가될 수 있다.

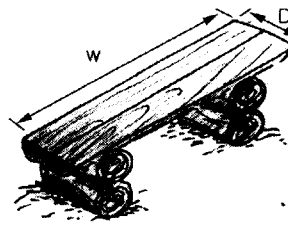
나) 표준규격설정(인체척도 및 기존설계안 분석)

의자의 표준규격은 엉덩이 바닥판과 기둥에 의해 결정되어지므로 이와 관련된 앉은 오금높이와 앉은 엉덩이 배두께, 눈높이 등을 국민표준체위조사보고

서(1998와 기존설계안을 중심으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다. 일상적인 이용을 위한 1인용 의자의 표준규격은 600×(380~420)×380(mm)으로 설정한다. 2인용 이상의 의자인 경우에는 의자의 길이를 조정하는데, 2인용은 1200×(380~420)×380(mm)으로, 3인용은 2000×(380~420)×380(mm)으로 설정한다. 등 의자의 경우에는 평 의자의 표준규격에 등받이를 더하여 산출하였다.

▶ 의자의 표준규격 설정

(단위 : mm)

구 분	표준규격 (D×W×H)	비 고	
2인용 평의자	(330~390)×1200 ×(390~420)	등의자의 경우 평의자 규격에 등받이를 추가로 설치함.	
3인용 평의자	(390~420)×1800 ×(390~420)	등받이(W×H) 규모 : 1200×400	

다) 표준설계안 제시

(1) 기본형 평의자

기본형 평의자는 유지관리의 용이성과 조립, 시공의 편의성을 강조한 설계안으로, 가장 단순하고 평이한 구조가 되도록 하였다. 4면 가공된 6개의 소경목으로 구성된 앉음판과, 앉음판을 받치는 2개의 보, 그리고 4개의 기둥으로 구성하여 구조적으로 안전한 형태를 취하면서 가공, 조립, 시공의 측면에서 모두 용이하도록 하였다. 보다 정확한 구조적 안전성의 검증을 위해 상용 프로그램인 SAP2000을 사용하여 앉음판에 대한 구조해석을 수행하였다. 의자에 대한 성능시험에 사용하는 최대하중인 227kg이 의자의 전 길이에 대해 1/3지점과 2/3지점에 집중하중으로 작용한다고 가정하고 앉음판 부재 중 최소 2개

에 작용한다고 보아 1개의 앉음판 부재에는 113.5kg의 집중하중이 작용한다고 하여 수행한 구조해석 결과 70×70cm의 단면을 가진 앉음판 부재는 최대 휨응력, 약 40kg/cm², 최대처짐량, 0.12cm로 본 연구에서 사용한 어떤 수종을 사용 하여도 무방할 정도로 안전하다고 말할 수 있다.

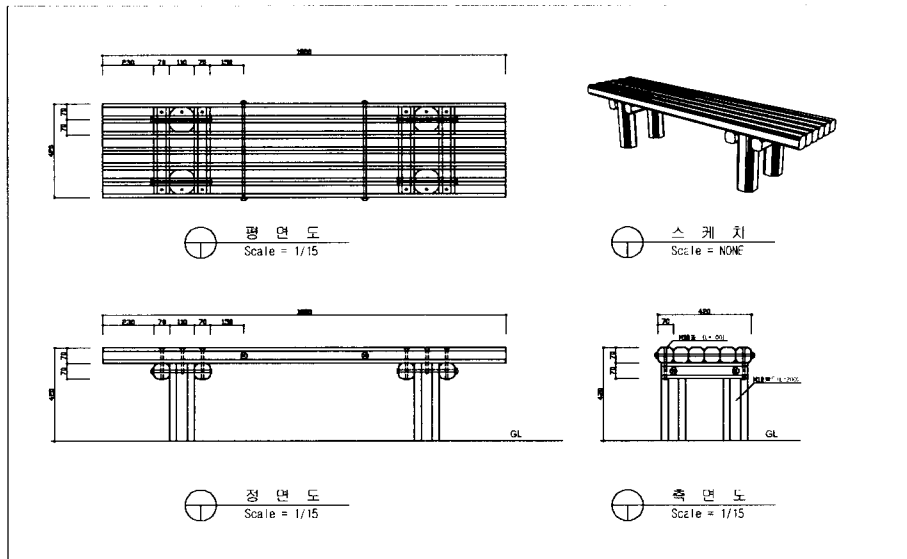


Fig. 2-26. Basic backless bench

(2) 미관형 평의자

기본형 평의자가 유지관리의 용이성과 조립, 시공의 편리성을 강조한 설계인 반면에, 미관형 평의자는 경관 및 환경의 질을 높이기 위해서 미관적인 측면을 강조하여 설계되었다. 4면 가공된 6개의 소경목으로 구성된 앉음판과 앉음판을 받치는 2개의 보, 그리고 앉음판, 받침보를 동시에 연결하는 'A'자 형태의 옆기둥으로 구성되었다. 측면기둥에 사용된 'A'자 형태는 CIP 개념의 도입이라는 측면에서 야외시설물들의 일관된 디자인 요소로 사용하기 위해서 평의자뿐만 아니라, 등의자나 야외탁자의 옆기둥에도 사용하였다. 두 개의 기둥의 윗면은 방수와 안전상의 문제로 덮개를 설치하여 마감하도록 하였다.

기본형 평의자와 유사한 방법으로 3인용임을 감안하여 227kg의 집중하중이 1/4, 2/4, 3/4지점에 최소 2개의 부재에 작용한다고 가정하고 수행한 미관형 평의자의 구조해석 결과 70×70mm 단면의 앉음판은 최대휨응력이 약 169kg/cm², 최대처짐이 약 1.8cm로 휨응력에 있어서는 6수종 모두에 대해 휨강도보다 작았으나, 처짐의 경우에는 기준인 1/360보다 과다하게 크게 처지는 것으로 판단되었다. 그래서 부재의 단면을 100×100mm로 하여 다시 해석한 결과 휨응력과 처짐에서 각각 57.9kg/cm²과 0.44cm로 두가지 모두 기준에 적합하므로 앉음판 부재는 적어도 100×100mm 단면의 부재를 사용해야 함이 제시되었으나 보다 정확한 구조해석이 추가되어야 할 것이다

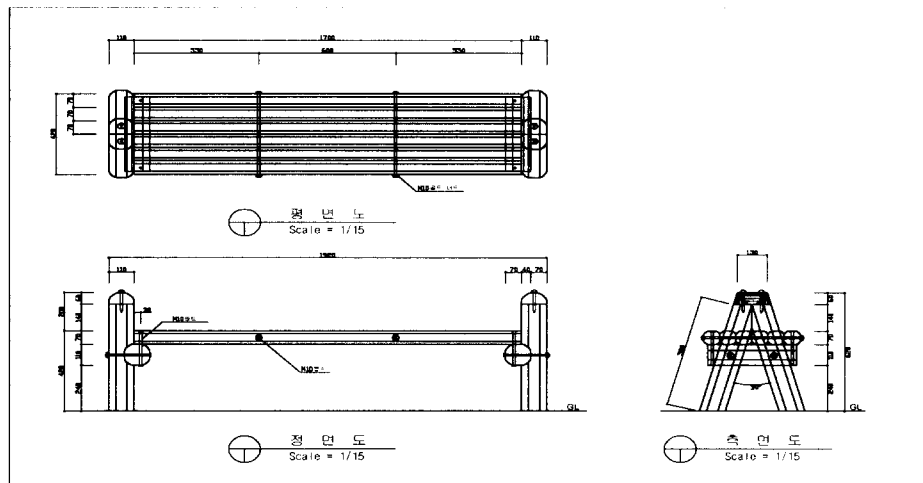


Fig. 2-27. Ornamental backless bench

(3) 기본형 등의자

기본형 등의자는 유지관리의 용이성과 조립, 시공의 편리성을 강조한 설계안이다. 4면 가공된 6개의 소경목으로 구성된 앉음판, 3개의 소경목으로 된 등받이, 앉음판을 받치는 4개의 보, 그리고 4개의 기둥으로 구성하여 구조적으로 안전한 형태를 취하면서 가공, 조립, 시공의 측면에서 모두 용이하도록 하였다. 앉음판의 구조적 안전성에 대한 부분은 기본형 평의자와 규격이 거의 같으므로 그 결과를 사용해도 무방하리라 생각한다.

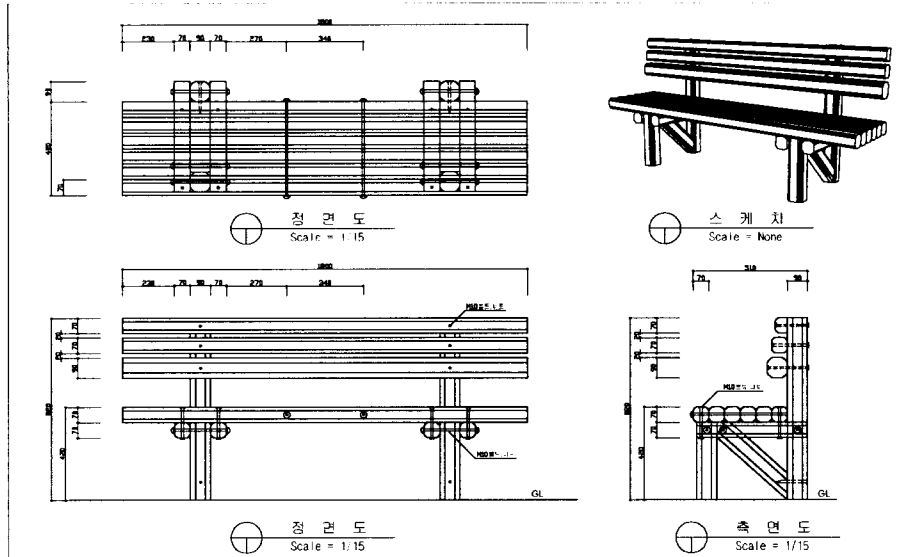


Fig. 2-28. Basic bench seat

(4) 미관형 등의자

미관형 등의자는 경관 및 환경의 질을 높이기 위해서 미관적인 측면을 강조하여 설계되었다. 4면 가공된 6개의 소경목으로 구성된 앉음판, 3개의 등받이, 앉음판을 받치는 2개의 보, 그리고 앉음판, 등받이, 받침보를 동시에 연결하는 'A'자형태의 옆기둥으로 구성되었다. CIP 개념의 도입이라는 측면에서 측면기둥에는 'A'자 형태가 사용되었으며, 두 개의 기둥의 윗면은 방수와 안전상의 문제로 덮개를 설치하여 마감하였다. 미관형 평의자보다 다소 작은 규격을 가진 미관형 등의자의 앉음판에 대한 구조해석은 미관형 평의자에서의 하중 조건과 같이 전 길이의 1/4, 2/4, 3/4지점에 부재 1개가 113.5kg의 집중하중을 받는다고 가정하고 수행하였다. 그 결과 70×70mm 단면을 갖는 앉음판의 최대 휨응력은 약 149kg/cm², 최대처짐은 1.26cm로 미관형 평의자와 마찬가지로 처짐한계를 벗어났다. 그래서 역시 부재단면을 90×90mm로 크게 설정하여 다시 구조해석을 수행한 결과 최대처짐량이 0.46cm로 기준인 1/360보다 작

은 값을 보여 미관형 등의자의 경우에도 앉음판의 부재는 90×90mm로 하는 것이 타당하리라 생각하지만 보다 세부적인 구조해석을 추가하여 부재의 치수를 결정해 나갈 것이다.

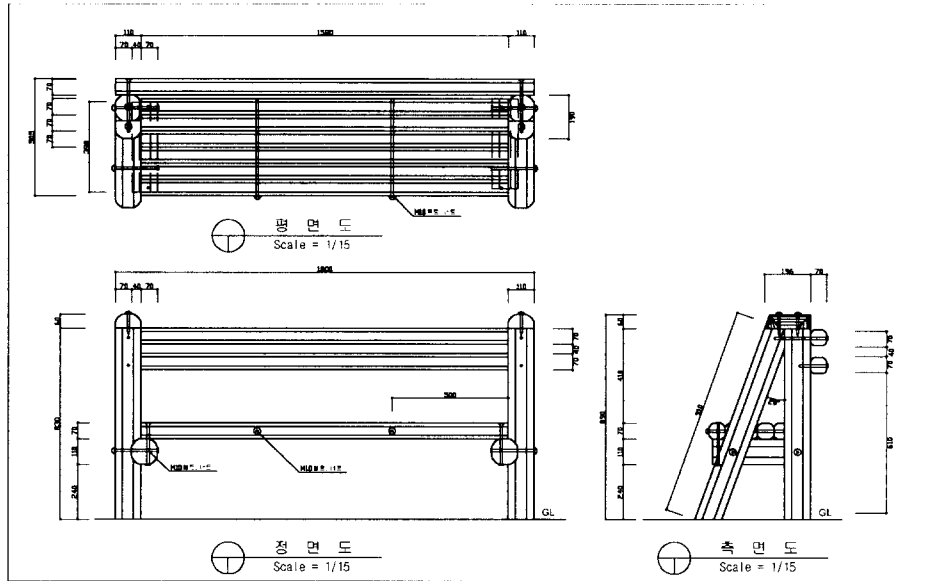


Fig. 2-29. Ornamental bench seat

2) 야외탁자

가) 구조적 특성

야외탁자의 구조는 상판과 기둥면으로 구성되어 있으며, 각각의 기둥은 휨이나 뒤틀림을 방지하기 위해서 연결보로 연결되어 있다. 야외탁자의 경우 설계안으로 제시된 기본형과 미관형 모두 4개의 기둥을 갖는 4각 양식으로 구조적 안전성의 초점은 바로 4개의 기둥이 되며, 이에 따라 구조적 안전성 평가 시 기둥에 대한 구조해석을 수행하였다.

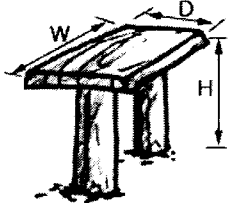
나) 표준규격설정(인체척도 및 기존설계안 분석)

야외탁자의 표준규격은 탁자높이와 탁자폭, 탁자길이에 의해 결정할 수 있

으므로 이와 관련된 앉은 오금높이, 앉은 팔꿈치 높이, 팔꿈치 손끝길이, 몸통너비 등을 국민표준체위조사보고서(1998)에 기초하여 조사하였으며, 야외탁자의 기존설계안을 대상으로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하였다. 야외탁자의 표준규격은 4인용과 6인용으로 구분하였으며, 탁자높이(H)는 앉은 오금높이와 앉은 팔꿈치 높이를 고려하여 690~730mm로 설정하였다. 탁자 폭(D)은 팔꿈치 손끝길이와 팔꿈치 손목길이를 고려하여 720(4인용 탁자)~750(6인용 탁자)mm로 설정하였으며, 탁자길이(W)는 1200(4인용 탁자)~1800(6인용 탁자)mm로 설정하였다.

▶ 야외탁자의 표준규격 설정

(단위 : mm)

구 분	표준규격(D×W×H)	비고
4인용	(700~720)×1200×(690~730)	
6인용	(700~750)×1800×(690~730)	

다) 표준설계안 제시

(1) 기본형 야외탁자

기본형 야외탁자는 유지관리의 용이성과 조립, 시공의 편의성을 강조한 설계안으로, 가장 단순하고 평이한 구조가 되도록 하였다. 4면 가공된 10개의 소경목으로 상판을 구성하고, 상판을 구성하는 소경목들은 2개의 받침에 고정하며, 이들 상판과 받침은 4개의 기둥에 의해서 지지되는 단순한 구조를 취하였다. 4개의 기둥은 외부 힘에 의해 뒤틀리지 않게 하기 위해서 3개의 'H'자 형태의 연결보로 고정하였다. 기둥은 원칙적으로 지하에 기초를 설치하여 고정하는 것으로 하였다. 기둥에 대한 구조적 안전성의 검증을 위한 구조해석을 수행하여 여기서 사용된 110×110mm 단면의 기둥은 탁자의 성능시험에서 제시하는 0.098kg/cm²의 하중에 대해 최대 압축응력이 2.5kg/cm²로 설계값보다 매우

작은 값을 보여 구조적으로 안전함이 입증되었다.

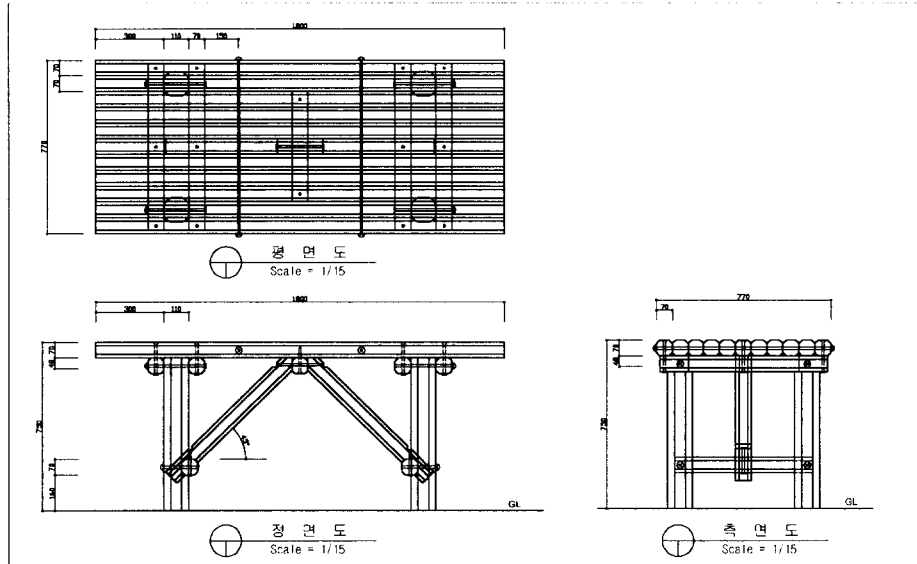


Fig. 2-30. Basic outdoor table

(2) 미관형 야외탁자

미관형 야외탁자는 경관 및 환경의 질을 높이기 위해서 미관적인 측면을 강조하여 설계되었다. 4면 가공된 10개의 소경목으로 상판을 구성하고, 상판을 구성하는 소경목들은 2개의 받침에 고정하였다. 이들 상판과 받침은 'A'자형태의 기둥에 의해서 지지되었으며, 기둥들은 외부 힘에 의해 뒤틀리지 않게 하기 위해서 'H'자형태의 3개의 연결보로 고정하였다. 4면 가공된 10개의 소경목으로 구성된 앉음판, 3개의 등받이, 앉음판을 받치는 2개의 보, 그리고 앉음판, 등받이, 받침보를 동시에 연결하는 'A'자형태의 옆기둥으로 구성되었다. CIP 개념의 도입이라는 측면에서 측면기둥에는 'A'자 형태가 사용되었으며, 두 개의 기둥의 윗면은 방수와 안전상의 문제로 덮개를 설치하여 마감하였다. 기둥은 원칙적으로 지하에 기초를 설치하여 고정하는 것으로 하였다. 기본형 야외탁자의 경우와 마찬가지로 성능시험에서 제시하는 0.098kg/cm²의 하중에 대한 기둥의 구조해석 결과 기둥 1개에 걸리는 최대 압축응력이

3.5kg/cm²으로 설계값에 비해 매우 작아 구조적으로 안전하였다.

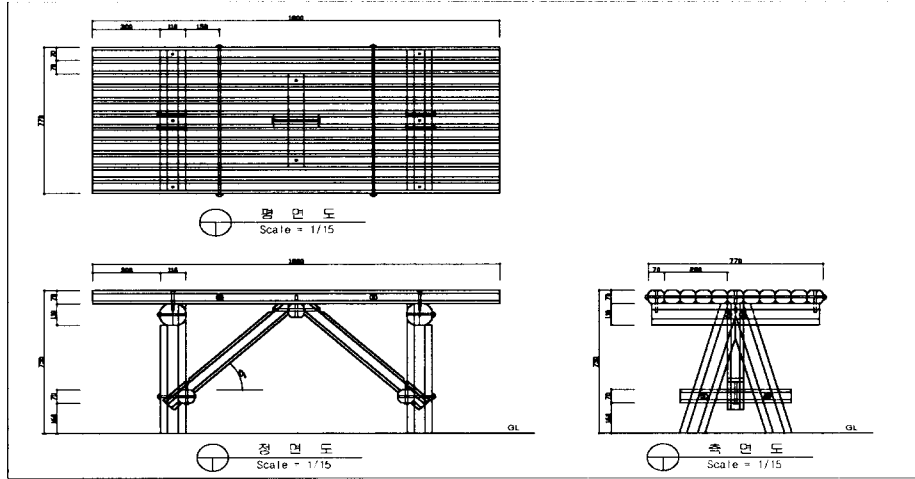


Fig. 2-31. Ornamental outdoor table

3) 담장

가) 구조적 특성

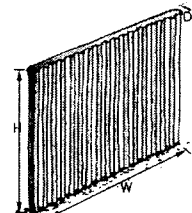
담장의 구조는 담장면과 기둥면으로 구성되어 있다. 담장의 경우 양 끝에 위치하는 기둥의 풍하중에 대한 저항력이 구조적 안전성의 주관심사가 된다. 이에 따라 담장면은 모두 막혀 있는 판구조로 보고 기둥을 지면에 고정된 외팔보로 가정하여 여기에 설계 시 사용되는 최대 풍하중인 0.745kg/cm²을 담장면에 적용할 때, 지면과 접하는 부분에서의 기둥의 최대 전단응력으로 안전성을 평가하였다.

나) 표준규격설정(인체척도 및 기존설계안 분석)

담장은 설치목적과 기능을 고려한 높이로서 결정되어지므로 눈 높이와 앉은 눈 높이와 차폐기준을 조사, 분석하고, 기존설계안을 대상으로 전체규격과 시설모듈 비교하여 분석하였다. 담장의 표준규격은 차폐 및 경계표시 등의 기능에 따라 3가지 유형으로 구분하고, 차폐 및 경계표시 기능을 고려한 폭과 높이를 기준으로 각 유형별 표준규격(폭과 높이)을 산출하였다.

▶ 담장의 표준규격 설정

(단위 : mm)

유 형	표준규격(W×H)	비고
서있을 때 차폐되는 경우(type1)	1800×1800	
앞았을 때 차폐되는 경우(type2)	1800×1200	
낮게 경계를 표시하는 경우(type3)	1800×600	

다) 표준설계안 제시

표준설계안은 3가지 유형중에서 다른 유형으로 응용이 가장 용이한 '앞았을 때 차폐가 되는 경우(type2)의 경우'를 중심으로 제시하였다.

(1) 기본형 담장

기본형 담장은 유지관리의 용이성과 조립, 시공의 편의성을 강조한 설계안으로, 가장 단순하고 평이한 구조가 되도록 하였다. 1.8M마다 기둥을 설치하고 각 기둥을 연결하는 2개의 연결보와 연결보와 연결보를 세로로 잇는 7개의 반원형의 소경목을 설치하는 것을 기본 모듈로 하였다. 기둥은 지하에 기초를 설치하여 고정하는 것을 원칙으로 한다. 구조적 안전성을 평가하기 위해 담장면 전체에 최대 풍하중 0.745kg/cm²가 작용한다고 가정하고 이 하중을 받는 기둥의 측면 저항력, 즉 지면과 접하는 부분의 최대 전단응력을 조사하였다. 그 결과 여기서 사용된 120×120mm 단면의 기둥부재는 최대 전단응력이 43.1kg/cm²로 제시된 기존 설계값보다 매우 작으므로 구조적으로 안전하였다.

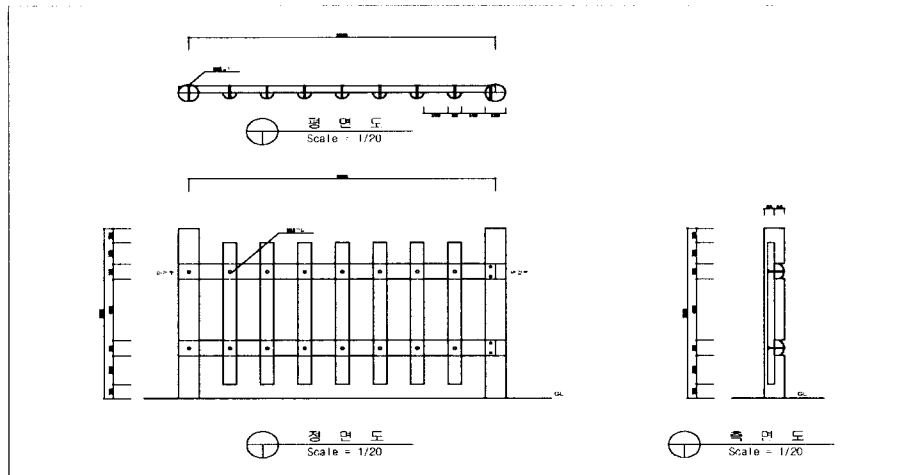


Fig. 2-32. Basic fence

(2) 미관형 담장

미관형 담장은 경관 및 환경의 질을 높이기 위해서 미관적인 측면을 강조하여 설계되었다. 기본적인 구조는 1.8M마다 기둥을 설치하고 각 기둥을 연결하는 2개의 연결보로 구성되었다. 위쪽 보와 아래쪽의 보를 연결하는 방식은 소경목의 길이를 조정하여 경사진 윗면을 형성하도록 하여, 리듬감있는 경관을 연출하도록 하였다. 리듬감을 살리기 위한 경사진 윗면은 CIP 개념의 도입이라는 측면에서 야외시설물들의 일관된 디자인 요소로 사용하기 위해서 미관형 담장뿐만 아니라, 안내판에도 사용하였다. 기둥은 지하에 기초를 설치하여 고정하는 것을 원칙으로 한다. 기본형과 마찬가지로 풍하중에 대한 기둥의 측면 저항력을 평가하기 위해 최대 풍하중이 담장면 전체에 작용한다고 가정하고 이에 대한 기둥의 지면과 접하는 부분에서의 전단응력을 살펴보았다. 그 결과, 미관형 담장에 사용된 120×120mm 단면의 부재는 최대 전단응력이 43.5kg/cm²로 설계값보다 매우 작아 구조적으로 안전함이 검증되었다.

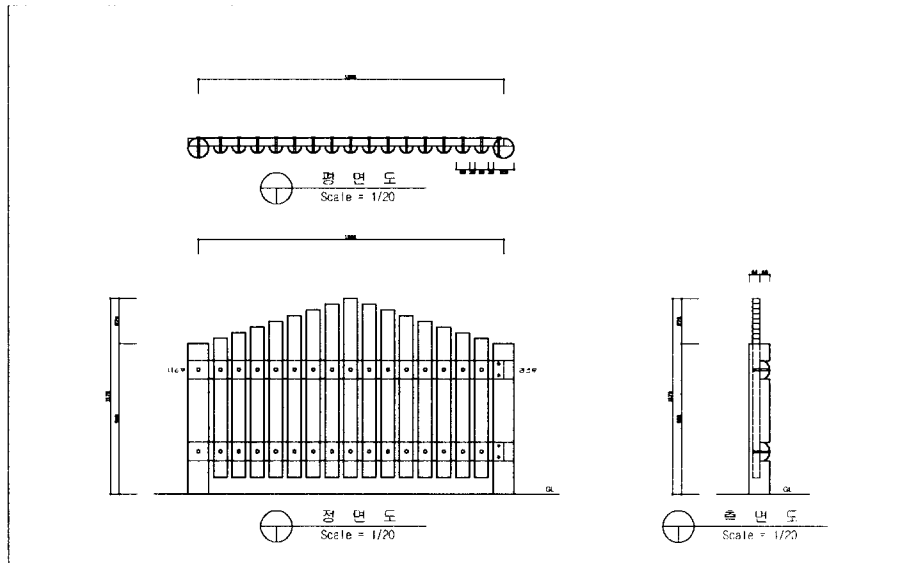


Fig. 2-33. Ornamental fence

4) 안내판

가) 구조적 특성

안내판의 구조는 안내판을 붙일 수 있는 면과 안내판을 지지하는 기둥으로 구성되어 있다. 안내판은 담장에서와 마찬가지로 풍하중에 대한 저항력이 구조적 안전성의 기본이 된다. 담장의 경우, 실제로는 담장면이 막힌 형태가 아님에도 불구하고 구조해석 시 이를 막힌 구조로 가정하고 구조해석 하였으나, 안내판의 경우는 실제로 막힌 형태이므로 담장에 적용한 방법과 같은 방법으로 안내판면에 설계 시 고려되는 최대 풍하중을 적용하여 이에 대한 양쪽의 기둥의 저항력을 평가하였다.

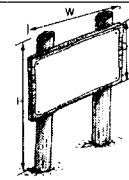
나) 표준규격설정(인체척도 및 기존설계안 분석)

안내판은 안내, 지시 등을 위한 가시성(可視性)이 가장 중요하므로 인간의 시지각적 특성(視知覺的 特性)을 고려한 적절한 높이와 폭을 지녀야 한다. 이를 위해서 눈 높이와 좌우, 상하 시야각도를 조사하고, 기존설계안을 대상으로

로 전체규격과 시설모듈 등을 분석하여 표준 규격을 설정하였다. 안내판의 표준규격은 안내기능을 고려한 폭과 높이로서 결정할 수 있다. 즉, 안내판을 안내기능을 고려하여 이정표(낮은 것, 높은 것), 해설판, 종합안내판 등으로 구분하고, 각 유형별 표준규격(폭과 높이)을 산출하였다.

▶ 안내판의 표준규격 설정

(단위 : mm)

구분		규격(D×W×H)	비고
이정표	낮은 것(type1-1)	(120~240)×(450~600)×1200	
	높은 것(type1-2)	(120~240)×(450~600)×1500	
해설판(type2)		(600~1200)×(900~1500)×1800	
종합안내판(type3)		(1200~1800)×(1500~1800)×2400	

다) 표준설계안 제시

(1) 중형 안내판

중형안내판은 이정표의 역할과 해설판의 역할을 할 수 있는 규모로 설계되었다. 두 개의 기둥을 하나의 보로 연결하고 15개의 소경목을 조인트볼트로 연결시키는 구조로 설계되었다. 15개의 소경목은 윗면이 경사가 되도록 길이를 조정하여 리듬감있는 경관을 연출하도록 하였다. 담장에서와 마찬가지로 설계시 고려되는 최대 풍하중 0.745kg/cm²을 적용한 구조해석 결과, 중형 안내판에 사용된 110×110mm 단면의 기둥 부재는 최대 전단응력 36.3kg/cm²를 나타내어 설계값보다 매우 낮은 값을 보였으므로 구조적으로 안전하다고 말할 수 있다.

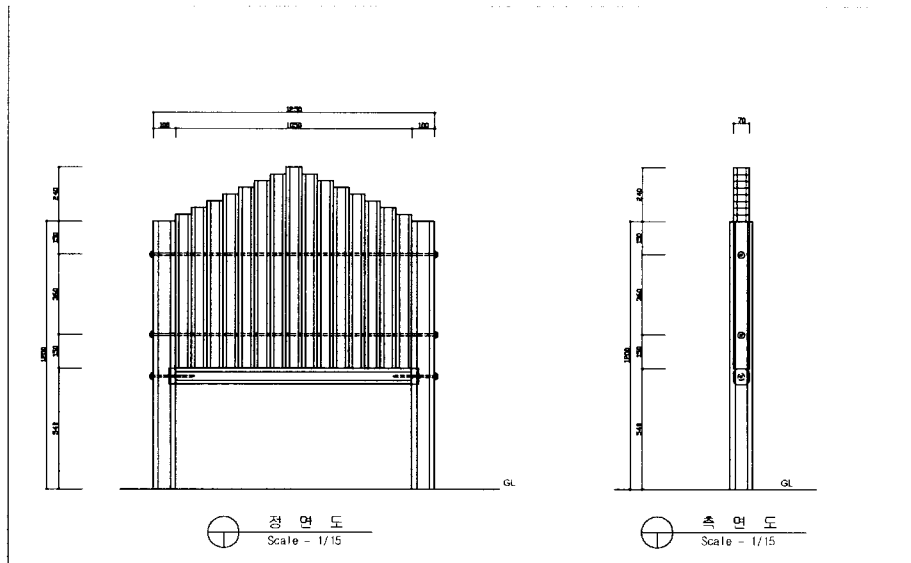


Fig. 2-34. Medium-sized information board

(2) 대형 안내판

대형안내판은 해설판과 종합안내판의 역할을 할 수 있는 규모로 설계되었다. 큰 안내판을 설치할 수 있도록 하기 위해서 양쪽의 기둥을 2개씩 설치하고, 21개의 소경목을 연결하여 만든 면을 2개의 기둥 사이에 끼워 넣는 구조로 설계하였다. 역시 윗면이 경사가 되도록 길이를 조정하여 다른 시설과의 통일성을 도모하고 전체적으로 리듬감있는 경관을 연출하도록 하였다. 대형안내판의 경우, 양쪽에 사용된 기둥 부재가 조립기둥의 형태로 설계 시 고려되는 최대 풍하중 $0.745\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 적용하였을 때, 지면과 접하는 부분에서의 최대 전단 응력이 $18.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 나와 조립기둥 $290 \times 110\text{mm}$ 단면의 부재에 대한 설계값보다 매우 작아 구조적으로 안전하였다.

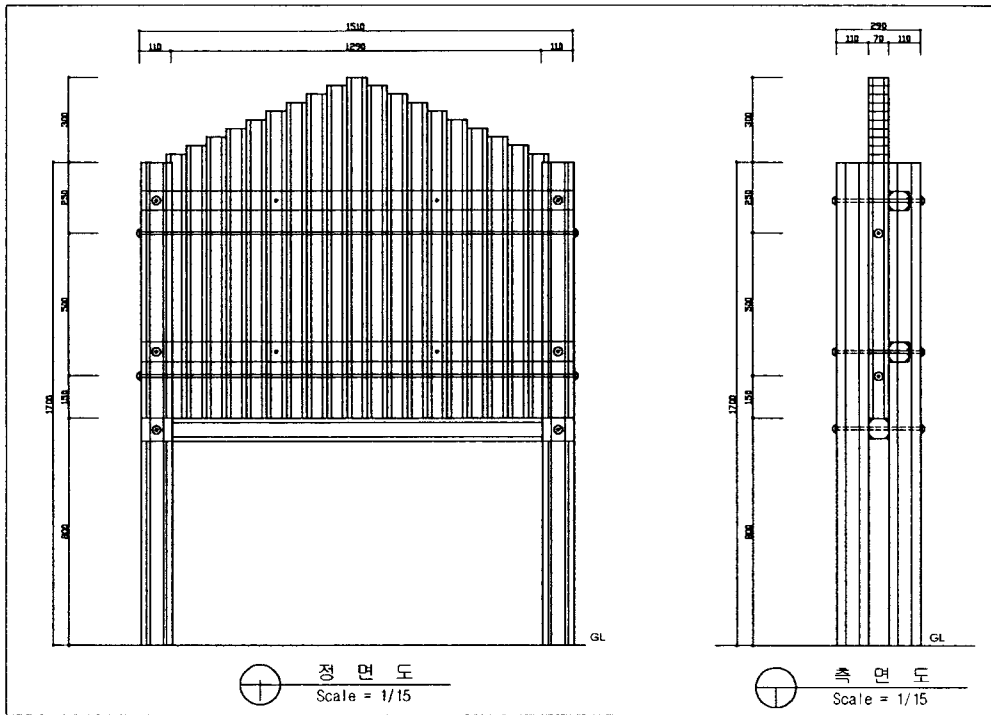


Fig. 2-35. Large-sized information board

5) 통나무집

가) 구조적 특성

통나무집은 바닥과 벽면, 지붕으로 구성되어 있다. 통나무집의 내부는 화장실과 침실, 부엌, 현관 등으로 구성되어 있고 이들 공간은 각각 바닥면과 벽면으로 구성되어 있다.

나) 표준규격설정(기존설계안 분석)

통나무집의 규모는 화장실, 부엌, 침실, 현관 등의 단위공간이 조합으로 결정되어지므로 이들 단위공간의 규모기준을 조사, 분석하였다. 통나무집을 구성하는 화장실, 부엌, 침실, 거실, 현관의 표준규격을 결정하고, 이러한 단위공간의 표준규모를 토대로 통나무집의 표준규모를 설정하였다. 통나무집의 표

준규모는 8평형과 12평형의 2가지 유형으로 제시하였다.

▶ 단위공간의 표준규모 설정(center to center)

(단위 : mm)

구 분		표준규모(D×W)
화장실	욕조가 없는 경우	1500×1800
	욕조가 있는 경우	1800×2400
부엌		1800×1800
침실		2700×3600 3300×3900
거실		3000×3000 3600×4200
현관		900×1800 1500×1800

▶ 통나무집의 표준규모와 단위공간 규모(center to center)

구 분		통나무집의 표준규모	
		8평	12평
단위공간 (D×W)	침 실	2700×3600(mm)	3300×3900(mm)
	거 실	3000×3000(mm)	3600×4200(mm)
	화 장 실	1500×1800(mm)	1800×2400(mm)
	부 엷	1800×1800(mm)	1800×1800(mm)
	현 관	900×1800(mm)	1500×1800(mm)

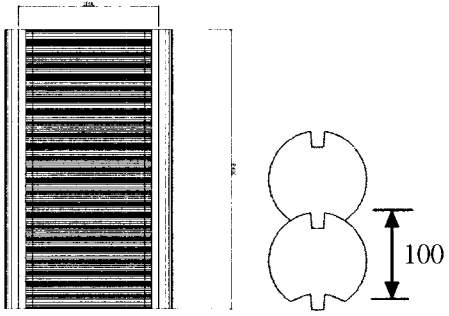
다) 소경목 활용방안

통나무집은 대부분의 재료가 목재이기 때문에, 소경목의 활용 가능성이 높은 시설이기는 하지만, 소경목의 작은 규격 때문에 실제적으로 활용될 수 있는 부분은 그리 많지 않다. 통나무집제작 시 소경목을 활용하는 방안으로 가장 현실적인 것은 벽면의 제작에 소경목을 사용하는 방법이다. 통나무집의 벽면은 기둥과 기둥사이를 연결하는 목재로 구성되어 있는데, 벽면은 통나무집 전반에 걸쳐서 사용하고 있기 때문에 소경목을 대량으로 활용할 수 있는 가능성이 있는 부분이라고 하겠다. 통나무집 벽면의 경우 구조적 안전성을 위해 기둥은 $\phi 240$ 내외의 목재를, 횡으로 배열되는 목재는 $\phi 120$ 내외의 소경목을 이용할 수 있다. 그러나 기둥으로 사용하기 위한 목재의 규격이 $\phi 240 \times L2800$ 로 사실상 소경목이라고 볼 수 없는 규격이므로, 벽면의 제작에 실제

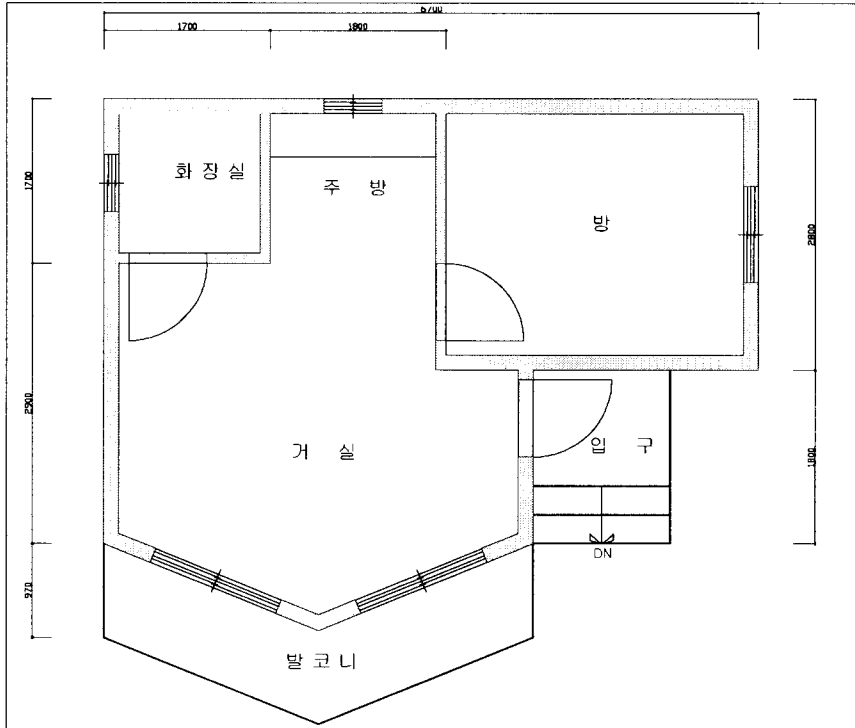
사용될 수 있는 소경목의 활용방안은 횡으로 배열되는 목재가 활용될 수 있는 부분이라고 할 수 있다. 벽면의 횡목으로 소경목을 사용하기 위해서는 그림에서 보는 것과 같이 결합을 위해서 가공이 필요하다. 이렇게 결합을 위한 목재의 가공은 수작업을 통해서도 가능하나, 생산성을 높이기 위해서는 기계를 이용한 가공이 필수적이라고 할 수 있다. 따라서 기계가공이 가능하도록 횡목으로 사용할 목재의 규격을 통일시키고 대량으로 생산할 수 있는 체계를 갖추어야 생산성이 높아질 것이라고 판단된다.

▶ 통나무집 벽면에 사용되는 목재의 시설모듈 및 생산모듈

(단위 : mm)

구분	시설모듈 (D×W×H)	구조	생산모듈	비 고
벽면	1200×2400 ×2800	기둥	φ240×L2800 : 2개	
		벽체	φ120×L1200 : 24개	

▶ 통나무집 평면예시도



6) 파고라

가) 구조적 특성

파고라 구조는 상부에서 그늘을 제공할 수 있도록 가로와 세로로 얽힌 구조물과 상부의 구조물을 받쳐주는 기둥으로 구성되어 있다.

나) 표준규격설정(기존 설계안 분석)

파고라는 휴게공간과 그늘을 제공하는 야외시설물로서 쾌적한 휴게공간을 제공하기 위해서는 구조적으로 안정적이어야 하며, 이용자들 입장에서 이용하기 편리하여야 한다. 파고라의 규격은 재료의 특성에 따라 다양하게 결정할 수 있으나, 소경목으로 제작할 경우 구조적 안정성과 이용편이성을 고려하여야 하므로 이를 중심으로 기존 설계안을 분석하여 표준규격을 산정하였다.

다) 표준설계안 제시

소경목을 이용한 파고라 설계는 일반적인 형태를 취하였다. 소경목이라는 재료가 갖는 한계성 때문에 비교적 작은 크기의 파고라를 표준설계로 제시하였다. 4개의 기둥을 연결하는 6개의 보를 설치하고 그 위에 17개의 서까래를 설치하였다. 기둥과 보의 뒤틀림을 방지하기 위해서 대각선으로 연결하는 기둥을 설치하였다.

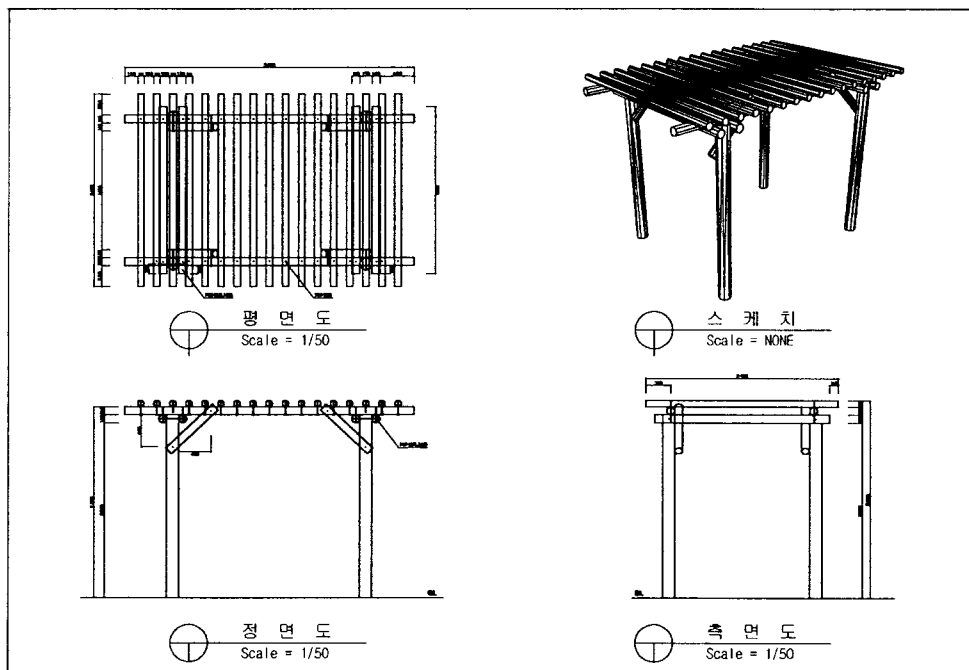


Fig. 2-36. Pergola

라) 소경목 활용방안

파고라의 제작에 소경목을 활용하는 방안으로는 적극적으로 활용하는 방법과 소극적으로 활용하는 방법으로 구분할 수 있다. 적극적으로 소경목을 활용하는 방법은 표준설계에서 제시한 바와 같이 파고라의 제작에 필요한 모든 재료를 소경목으로 활용하는 방법이다. 그러나 파고라의 규격을 감안할 때 기

등이나 상부의 보와 같이 많은 하중을 받거나 길이가 긴 재료가 필요한 부분에 소경목을 사용하는 것은 다소 무리가 있을 수 있다. 소경목의 소극적인 활용방법은 기둥이나 보와 같이 큰 규격이 필요한 재료 이외의 재료들을 소경목으로 제작하는 방법이다. 안전성과 이용편이성을 고려하여 기둥과 보와 같은 구조재는 다른 재료를 사용하고 서까래와 같은 보조재를 소경목으로 사용하는 방식을 취할 수 있다.

7) 놀이시설

가) 구조적 특성

놀이시설의 대표적인 예로는 여러 가지 놀이시설이 하나의 구조물로 조합된 형태인 조합놀이시설을 들 수 있다. 전형적인 조합놀이시설은 타워구조를 지닌 표준단위를 중심으로 미끄럼틀, 계단, 시어소오, 그네, 통나무다리, 흔들다리 등의 다양한 놀이시설이 결합되어져 있다. 특히, 타워구조의 표준단위는 바닥면과 기둥, 지붕면으로 구분할 수 있다.

나) 표준규격설정(인체척도 및 기존설계안 분석)

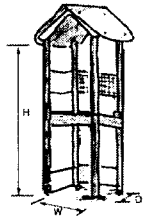
조합놀이시설의 기존설계안을 중심으로 전체규격과 표준단위의 시설규격 등을 조사, 분석하였다. 조합놀이시설은 타워구조의 표준단위가 다양한 형태로 결합되고 이러한 표준단위를 중심으로 미끄럼틀, 계단, 시어소오 등이 결합되면서 내외곽을 향하여 배치되어져 있다. 따라서 조합놀이의 표준규격으로서 타워구조의 표준단위의 규격을 설정하였다. 이때, 조합놀이시설은 이용자의 연령을 고려하여 유아(6세 미만)와 어린이(6-13세)로 구분하여 표준단위의 규격을 결정하였다. 즉, 유아(6세 미만) 타워구조의 표준단위규격(D×W×H)은 660×660×(1800~2300)mm이다. 어린이(6-12세) 조합놀이시설의 타워구조의 표준단위규격은 (D×W×H)은 960×960×(3900~5100) mm으로 설정하였다.

한편, 조합놀이시설은 어린이 및 유아의 다양한 행태가 이루어지기 때문에 안전사고 등에 대한 각별한 주의가 요구된다. 예를 들어, 가로대에 머리가 끼거나 계단에서 미끄러지는 등의 안전사고에 대한 적절한 대응이 요구된다. 즉,

가로대는 유아 및 어린이의 머리가 끼지 않도록 유아 및 어린이의 두상폭(頭狀幅)을 고려하여 10cm이하로 하는 노력이 요구된다.

▶ 조합놀이시설의 표준규격 설정

(단위 : mm)

구 분	표준단위규격(D×W×H)	비 고
유아(6세미만) 조합놀이시설	660×660×(1800~2300) (지붕 : 660×660×700)	
어린이(6-13세) 조합놀이시설	960×960×(3900~5100) (지붕 : 960×960×1000)	

다) 소경목의 활용방안

놀이시설의 제작에 소경목을 활용하는 방안으로는 첫 번째, 조합놀이시설의 단위모듈을 생산하는 방안이다. 조합놀이시설은 여러 가지 놀이시설들의 조합인만큼, 전체 조합놀이시설을 소경목으로만 제작한다는 것은 거의 불가능하나, 조합놀이시설에서 주로 사용되는 단위모듈을 소경목으로 제작하는 것은 가능한 것으로 판단된다. 예를 들면, 미끄럼틀, 흔들다리 등 여러 가지 놀이시설과 조합할 수 있는 타워구조는 규모나 구조적인 측면에서 소경목으로의 제작이 가능하다. 따라서 주요 단위모듈을 소경목으로 제작하여 철재나 합성수지를 이용한 여러재료들로 제작된 여러 가지 놀이시설과 조합하여 종합적인 조합놀이시설을 구성할 수 있다.

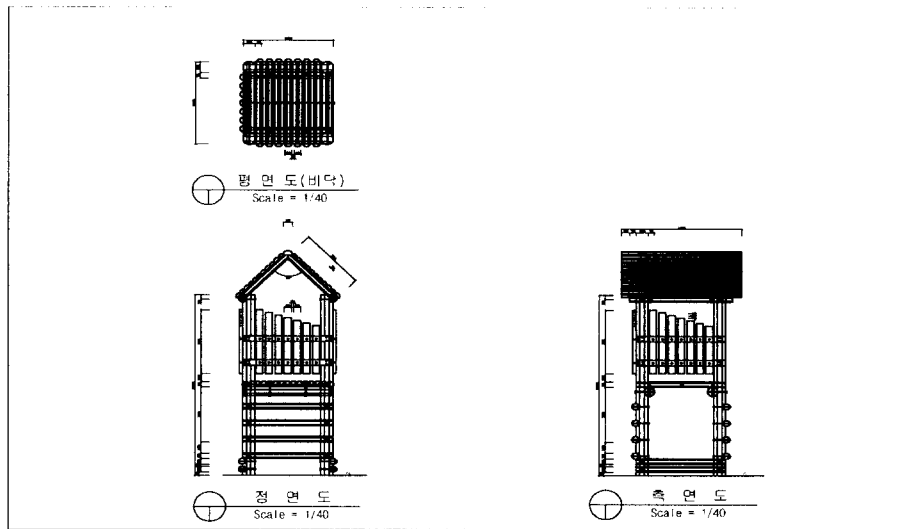


Fig. 2-37. Unit module of combined playstructure

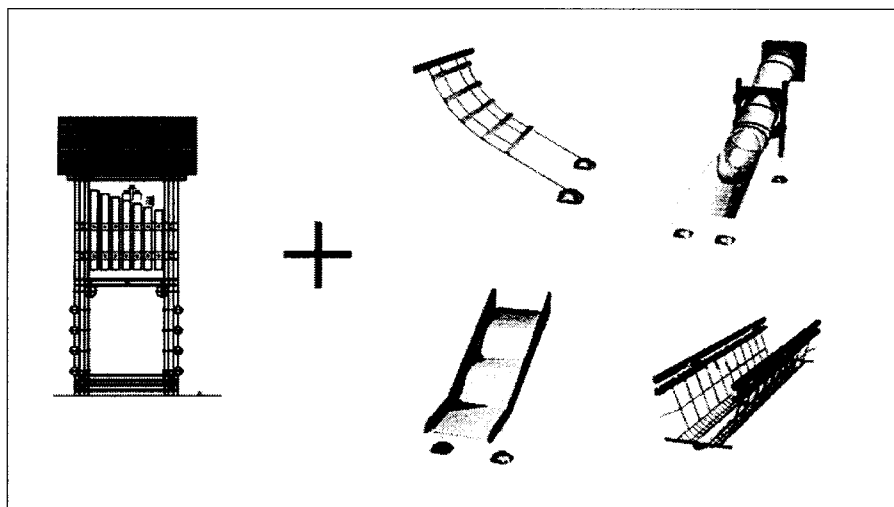


Fig. 2-38. The example of combination for combined playstructure

또한, 단위모듈로 사용하는 타워구조형태 놀이시설을 확장하여 다락방과 같은 독립적인 놀이시설로 구성할 수도 있다.

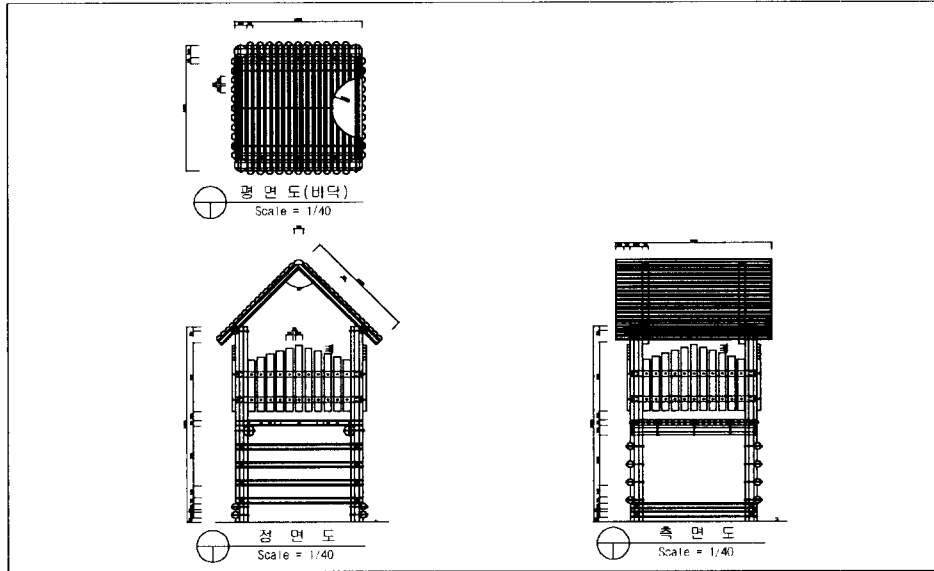


Fig. 2-39. Attic type play facilities

두 번째 방안으로는 소경목만을 이용한 놀이시설을 개발하는 방안이다. 소경목만을 이용해서 미끄럼틀이나, 시이소오와 같은 종류의 놀이시설의 제작은 불가능하나, 징검다리, 평균대, 사다리 등의 놀이시설은 소경목으로 제작이 가능하다. 본 연구에서 제시하고 있는 놀이시설로는 흔들놀이시설이 있는데, 소경목을 사용하여 목재의 질감을 살려 어린이들로 하여금 자연에 친근한 느낌을 가질 수 있도록 하였다. 설계에서는 스프링을 사용하여 흔들놀이를 사용하도록 하였으나, 모래밭이나 잔디밭과 같은 장소에 스프링장치 없이 고정형으로 배치하여도 좋은 효과가 있을 것으로 생각된다.

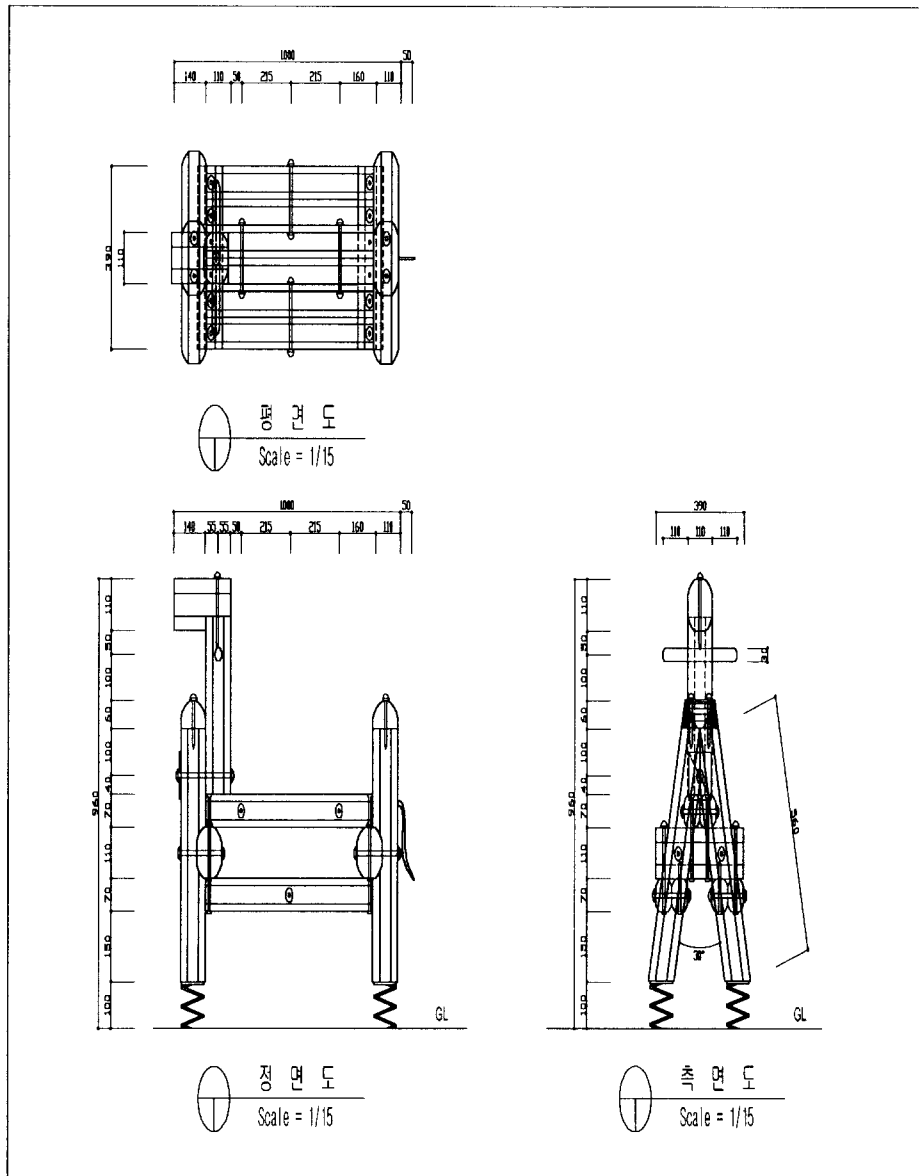


Fig. 2-40. Ornamental trampling facility(spring toy)

3. 야외시설물의 생산모듈 분석

Table 2-45. Product module analysis for outdoor facilities

구 분		4면 가공 목재		4면 가공안한 목재		
		Ø70	Ø110	Ø80	Ø100	Ø120
평의 자	기본형	L1200 × 6	L1200 × 2	-	-	-
		L1200 × 6	L282 × 4 L389×W48 × 2			
	미관형	L1800 × 6	L1200 × 3	-	-	L1200 × 1
		L1700 × 6	L389 × 2 L580 × 4			L164 × 2 × 1/2
등의 자	기본형	L1200 × 10	L1200 × 3	-	-	-
		L1200 × 8	L350 × 2 L820 × 2 L1200 × 1			
		L494 × 4				
	미관형	L1800 × 8	L1200 × 1 L1800 × 2	-	-	L1200 × 1
L1480 × 6		L389 × 2				
L1700 × 2		L860 × 2 L880 × 2			L196 × 2 × 1/2	
야외 탁자	기본형	L1200 × 12	L1200 × 3	-	-	-
		L539 × 2	L502 × 4			
		L781 × 1	L669×W48 × 2			
	미관형	L1200 × 10				
L1200 × 1		L1800 × 3	-	-	-	
L1800 × 11						
담장	기본형	L490 × 2	L665 × 4			
		L1300 × 1	L670 × 2			
		L1700 × 10				
	미관형	-	L1800 × 1	L1200 × 4	-	L1200 × 2
-		L1800 × 2 × 1/2	L1000 × 7 × 1/2	-	L1200 × 2	
-		L1800 × 1	L1200 × 8	-	L1800 × 1	
		L1800 × 2 × 1/2	L1170 × 15 × 1/2		L900 × 2	
구 분		4면 가공 목재		4면 가공안한 목재		
		Ø70	Ø110	Ø80	Ø100	Ø120
안내 관	중형	L1200 × 16	-	-	L1200 × 2	-
		L900 × 15			L1200 × 2	
		L1110 × 1				
	대형	L1200 × 19	L1800 × 4	-	-	-
L1800 × 5						
L730 × 2						
L900 × 2						
L1200 × 19		L1700 × 4				
	L1450 × 2					
	L1510 × 1					
놀이시설	L1200 × 23	L1200 × 2	-	-	-	
	L1800 × 4	L1800 × 4				
	L780 × 4	L1000 × 2				
	L1000 × 27	L1800 × 4				

註) 각 야외시설물의 점선을 기준으로 상단은 소경목 소요량이고 하단은 야외시설물 축조를 위한 가공 제품의 치수를 의미함.

4. 야외시설물의 시제품 제작

가. 야외시설물 시제품 제작과정

야외시설물의 설계 과정은 표준설계안 제시, 표준설계안에 따른 모형제작, 시설물제작 전문가 의견수렴, 표준설계안 수정, 시제품 제작 등의 과정을 거쳐 이루어졌다. 구체적으로 평의자(기본형, 미관형), 등의자(기본형, 미관형), 야외탁자(기본형, 미관형), 담장(기본형, 미관형), 안내판(대형), 퍼골라, 흔들놀이시설(미관형) 등의 시설물을 시제품으로 제작하였다.

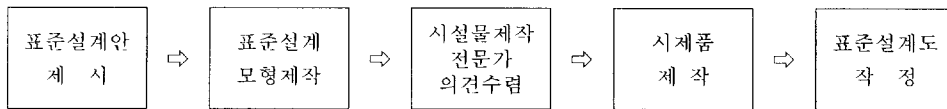


Fig. 2-41. Process of developing standard design for outdoor facilities

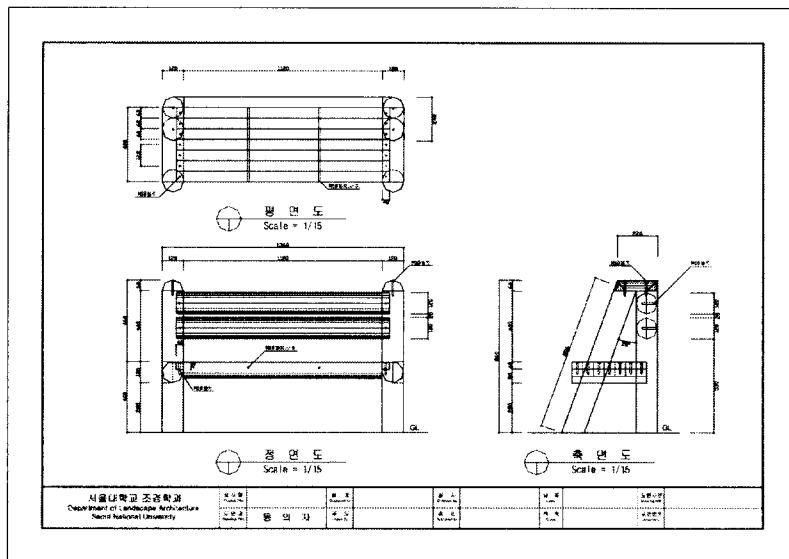


Fig. 2-42. Making a tentative standard design

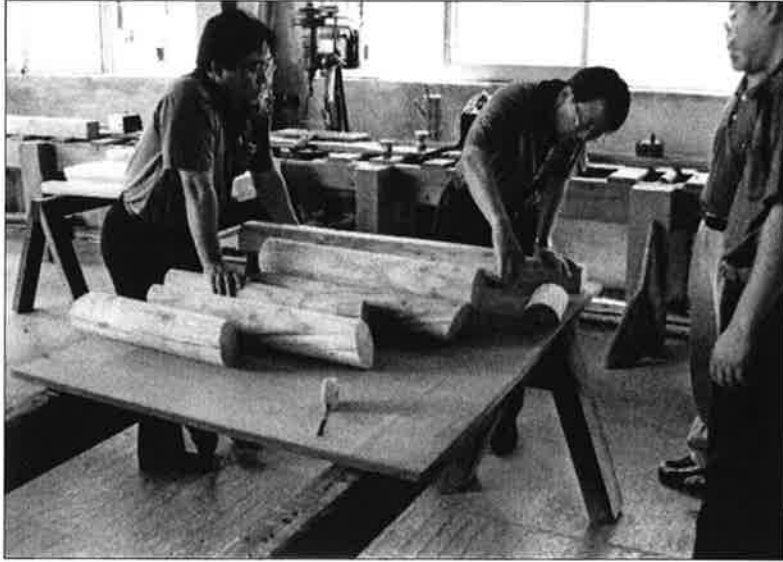


Fig. 2-43. Collection of specialists' opinions



Fig. 2-44. Sample manufacturing : Bench seat

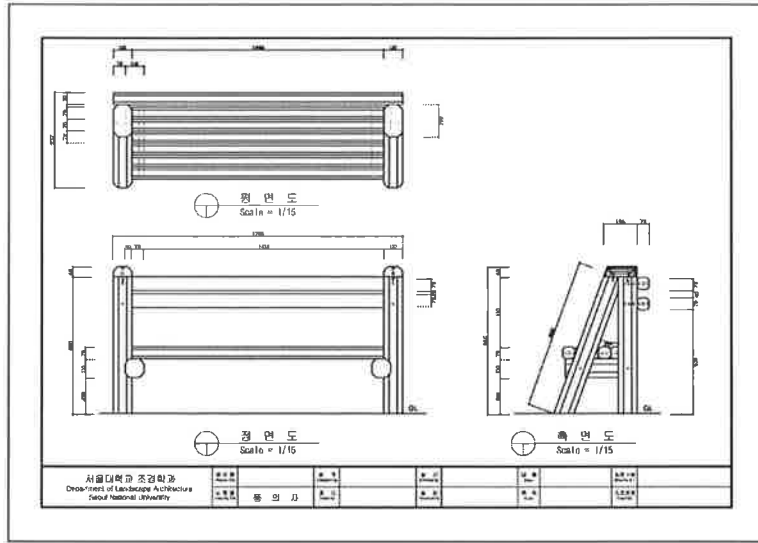


Fig. 2-45. The presentation of standard design

나. 야외시설물 초기 표준설계안의 문제점 보완

시제품을 제작한 이유는 보다 현실적인 설계가 될 수 있도록 실제 시설물 제작시, 재료의 가공, 조립, 시공적인 측면의 문제점을 사전에 점검하기 위해서이다. 이러한 시제품 제작을 통해서 초기 설계안에서 나타난 문제점을 수정 보완하였다. 초기 설계안에서는 소경목을 원주형태로 가공하여 원주형태의 목재를 주 소재로 하여 설계되었다. 그러나 원주형태의 목재는 접합부의 처리나, 목재 가공의 과정에서 제작오차가 발생할 가능성이 크고, 가공성도 좋지 않기 때문에, 제품의 생산단가를 상승시킬 수 있는 요인으로 나타났다. 또한 의자의 앉음판이나, 야외탁자의 탁자면과 같이 평면적으로 처리해야 될 부분에서는 원주형태의 목재는 사용이 용이하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 원주형태의 소경목을 3면 혹은 4면가공을 통해 평면화시켜 각재의 형태를 기본 단위로 하여 설계하였다.

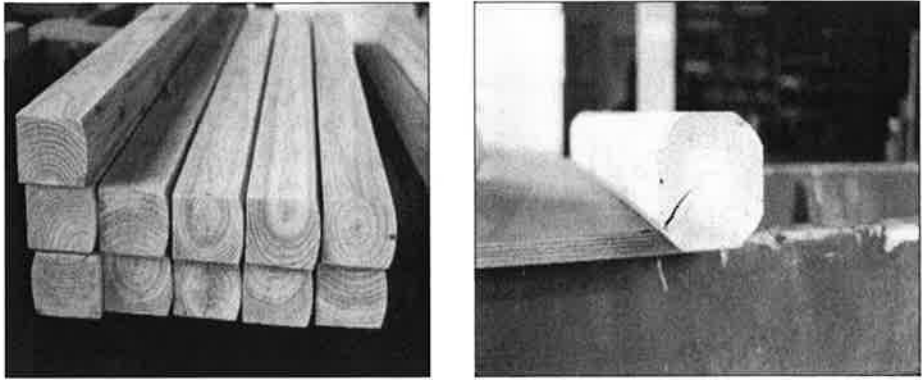
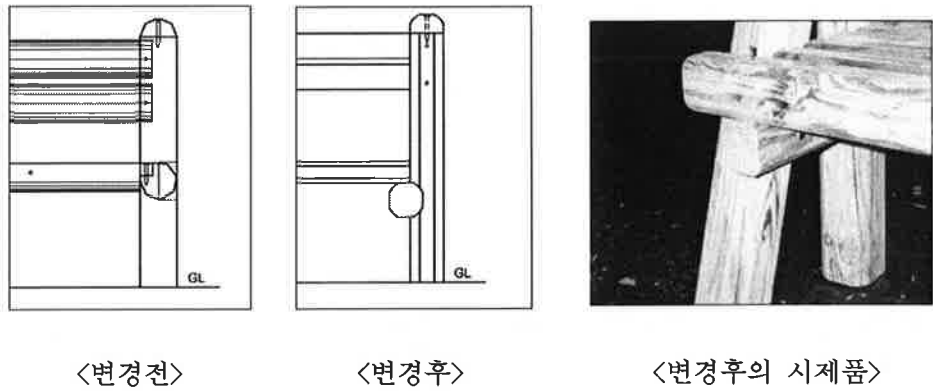


Fig. 2-46. The section shape of timber

또한 초기설계안에서 제시된 연결부처리방식은 목재를 가공하는 과정에서 시간과 노력이 많이 소요되고 구조적인 측면에서도 안정적이지 못하므로 연결 처리방식을 다음과 같이 변경하였다.



<변경전>

<변경후>

<변경후의 시제품>

Fig. 2-47. The improvement connection method

다. 야외시설물 시제품 사례



Fig. 2-48. Sample product of basic backless bench



Fig. 2-49. Sample product of basic backless bench



Fig. 2-50. Sample product of ornamental outdoor table

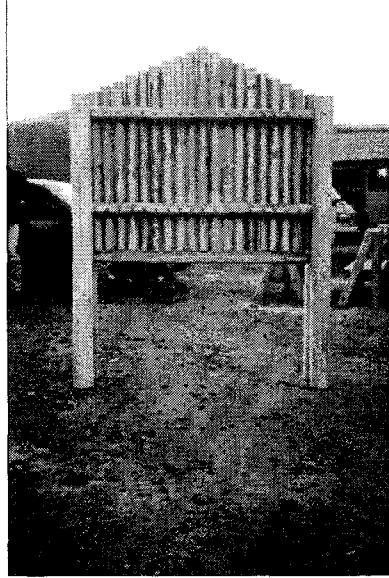
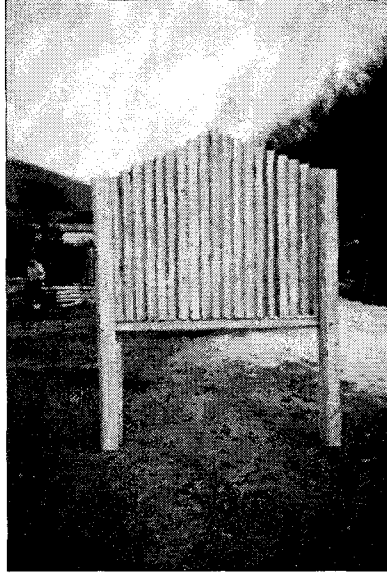


Fig. 2-51. Front & back side of large-sized information board

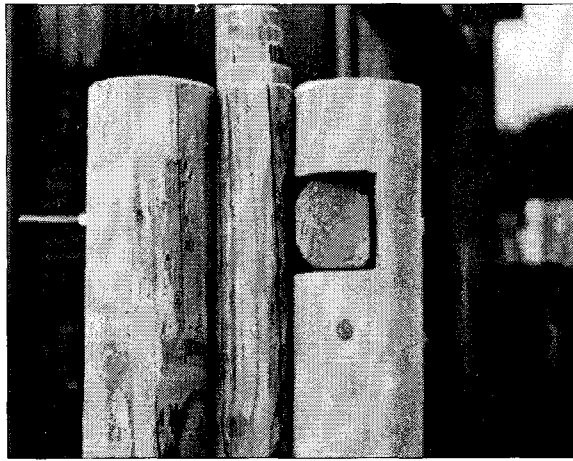
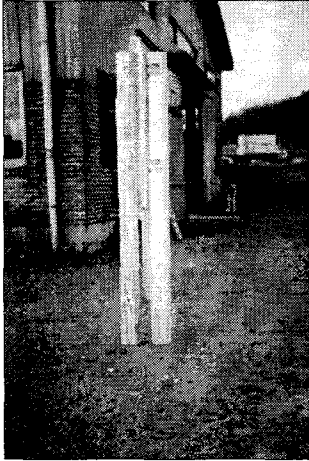


Fig. 2-52. Sample product of Large-sized information board

제 8 절 야외시설물 배치기준 및 기본배치모델

1. 야외시설물 배치 및 설치기준

표준설계모델로서 개발한 의자, 야외탁자, 파고라, 조합놀이시설, 안내판, 통나무집 등의 8개 야외시설물의 배치 및 설치기준을 관련 문헌과 계획도서 등에 기초하여 조사, 분석하였다.

가. 의자의 배치 및 설치기준

1) 자연휴양림, 도시공원 등 프라이버시가 요구되는 곳에서는 2-3인용의 의자가 효율적이며, 긴 의자를 설치할 경우에는 경계를 줄 수 있는 장벽으로 팔걸이를 설치하거나 색채, 재료 등을 통해 분할 시킨다.

2) 산책로, 임간통로, 보행자전용도로, 도시공원가로 등과 같이 프라이버시가 별로 요구되지 않고 일시적으로 머무르는 기능을 수행하는 곳의 의자는 선형적으로 연속적인 배치를 하는 것이 바람직하다. 그러나 정적이며 대화, 개인적 프라이버시가 요구되는 곳의 의자배열은 대화를 유도할 수 있도록 유기적인 배치가 바람직하다.

3) 협소한 통행로에 설치할 경우에는 통과동선과 마찰이 일어나지 않도록 배치한다. 또한 협소한 공간에 설치할 경우에는 의자 앞에서 충분히 서 있을 정도의 공간을 확보하는 것이 바람직하다.

4) 의자가 설치되는 곳의 주위에는 표면배수를 고려하여 물이 고이지 않도록 한다.

5) 급경사지나, 바람받이, 습지나 지반이 불량한 곳은 피한다.

6) 양호한 식생이 있으며 녹음이 제공되는 곳에 설치한다.

7) 초봄이나 늦가을, 겨울에는 햇빛이 잘 들고 여름에는 그늘이 지는 곳에 설치하는 것이 바람직하다.

8) 전망이 좋은 곳에 설치하며 주요 전망 방향에 대해서 수직으로 배치될

때는 의자 간격을 3m 이상 떨어뜨려 인접 이용자의 조망에 피해를 주지 않도록 해야 한다.

9) 화장실, 쓰레기소각장 등의 악취나 혐오시설 주변에는 설치하지 않는다.

10) 범죄에 대한 불안감을 느낄 수 있는 장소는 피하는 것이 바람직하며, 어린이놀이터 등에 설치할 경우에는 어린이 놀이를 감시할 수 있는 장소에 설치한다.

나. 야외탁자의 배치 및 설치기준

1) 평탄지에 배치하며, 여름에 녹음을 제공하도록 한다.

2) 탁자가 놓이는 자리는 지표면에 물이 고이지 않도록 배수처리를 고려하며, 저습지나 먼지가 일기 쉬운 장소는 피하는 것이 바람직하다.

3) 붕괴나 기타 위험요소가 없는 곳에 배치한다.

4) 숙소주변에 배치하는 것이 바람직하며, 주위에 혐오경관이나 악취가 가는 곳을 피해야 한다.

다. 파고라의 배치 및 설치기준

1) 자연휴양림이나 공원의 한 구석으로 조망이 좋고 조용한 곳에 설치한다.

2) 비스타가 끝나는 부분에 설치한다.

3) 광장, 피크닉장, 임간산책로, 보행자 전용도로의 일부에 설치한다.

4) 급경사지는 피하고 가능한 평탄지에 설치한다.

5) 여름에 그늘이 제공되어야 하며 초봄이나 늦가을에는 햇볕이 잘 드는 곳에 설치한다.

6) 건물에 붙여 건물의 일부로서 효과를 줄 수 있는 곳에 배치한다.

7) 습지와 지반이 불량한 곳을 피하고 붕괴나 기타 위험요소가 없는 곳에

배치한다.

라. 안내판의 배치 및 설치기준

- 1) 자연휴양림이나 공원 등의 입구나 주요 도로, 또는 각 주요활동공간에 체계적인 정보를 제공할 수 있는 곳에 눈에 띄게 배치한다.
- 2) 사람들이 정체할 수 있는 공간에 설치한다.
- 3) 통행에 지장을 주지 않는 장소에 배치하되, 주변 식생에 의해 그늘이 지거나 차폐되지 않는 곳에 설치한다.
- 4) 조망을 방해하는 곳은 피한다.
- 5) 지반이 불량한 곳을 피한다.

마. 담장의 배치 및 설치기준

- 1) 사람들의 접근을 금지하는 곳이나 시각적 차폐를 위한 곳, 혹은 부지 경계를 표시하고자 하는 곳에 그 용도에 맞는 높이로서 설치한다.
- 2) 지형상태에 따라 지형에 맞게 배치한다.
- 3) 지반이 불량한 곳은 피한다.

바. 조합놀이시설의 배치 및 설치기준

- 1) 놀이는 단순히 그네, 미끄럼틀, 시이소오의 배치에 의해 구분되거나 연결되는 것이 아니라 미끄러져 내리기, 뛰기, 들기 등과 같은 행동에 의한 것이므로 빈번히 행해지는 행동의 연결체계를 이루도록 유기적으로 배치한다.
- 2) 미끄럼대는 가급적 북향으로 배치하며 그네도 태양을 마주보지 않도록 북향으로 배치한다. 그네, 회전목마 등의 요동시설은 중앙부나 통행이 많은 출입구 주변은 피해 외주부에 배치하는 것이 바람직하다.
- 3) 어린이에게 위험성이 없는 곳에 설치하되, 사방으로 노출된 곳과 소음

이 심한 곳은 피한다. 기능간의 상충이 없는 곳에 설치한다.

4) 가족단위의 숙박기능과 연결이 용이한 곳이거나 가족단위 활동이 이루어질 수 있고 성인들의 시야에 어린이들이 쉽게 들어올 수 있는 곳에 설치한다.

5) 어린이들의 접근이 용이한 곳에 설치한다.

6) 평탄지나 경사 10% 미만의 완경사지에 설치한다.

7) 아늑하고 햇빛이 많이 들며, 통풍이 잘 되는 곳에 설치한다.

8) 바람맞이나 먼지가 날리는 곳은 피하고, 습지와 지반이 불량한 곳, 붕괴 기타 위험요소가 없는 곳에 설치한다.

사. 통나무집의 배치 및 설치기준

1) 가족단위 야영장과 야영장 주변에 위치하여 긴급시 접근이 용이한 곳에 설치한다.

2) 통나무집 주변에는 운동, 전시공간을 설치하며, 전체 시설의 관리 및 이용의 편의성을 고려하여 배치한다.

3) 지붕 등을 통해 시설의 존재여부나 위치를 확인할 수 있는 곳에 설치한다.

4) 남동, 남서향 면의 개활지로서 비교적 넓고 완만한 경사지에 배치하되 지형에 순응하는 배치를 고려한다.

5) 전망이 좋은 곳에 배치한다.

6) 주위에 악취나 혐오시설이 없는 곳에 배치한다.

아. 전체적인 야외시설물의 배치기준 비교분석

야외시설물(의자, 야외탁자, 방음벽, 통나무집, 담장 등)의 배치 및 설치기준을 경사, 식생, 향 등의 물리적 조건과 접근성, 안전성의 사회적 조건 등으로 구분하여 전체적으로 비교, 분석하였다.

Table 2-46. Comparison of criteria for disposition of outdoor facilities

구분	물리적조건				사회적조건		
	경사	식생	향/바람	조망	토양(지반)	접근성	안전
의자	급경사는 피함① ②⑤	녹지는 되도록 ⑥	초봄, 늦가을에는 바람이 잘 들리는 곳에 피함① ②⑤	선망이 좋은 곳 주요 방향에 대해 3m이 넘는 벽을 설치할 경우 피함①	습지와 지반이 불안정한 곳은 피함①②⑤	차장 근처에 설치되는 휴게장소는 가능한 한 이용객들이 자신들의 자동차를 보며 면서 감시할 수 있는 정도의 거리내에서 떨어져서 배치① 협소한 가로에 설치할 경우 통과동선과 협소한 일어난지 않도록 배치② 협소한 공간의 경우 벤치 앞에서 충분히 있을 정도의 공간이 확보되어야 함 ① 주위에 악취 및 혐오시설이 있는 곳은 피함	보안상 문이 제되는 피함 은
야의 타자	평탄지②	어둡지 않게 ②	-	-	습지, 번지가 쉬운 장소는 피함②⑤	숙소주변에 배치⑥ 주위에 혐오경관 혹은 악취가 나는 곳은 피함	붕괴, 기타 위험요소 가 없는 곳에 배치②⑤
파고라	급경사는 피함② ⑤ 가능한 평탄지	어둡지 않게 ②	초봄, 늦가을에는 바람이 잘 들리는 곳에 피함① ②⑤	조망이 좋은 곳②⑤	습지와 지반이 불안정한 곳은 피함②⑤	유원지, 각종 공원의 휴게공간 및 산책로의 결절점에 배치② 건물에 붙여 건물 일부로서 효과를 낼 수 있는 곳⑤ 이용자의 행태와 동선을 고려하여 적절한 장소에 배치②⑤ 주위에 악취 및 혐오시설이 있는 곳은 피함	붕괴, 기타 위험요소 가 없는 곳에 배치
조형시설	평탄지 ⑤	-	아늑하고 햇빛이 드는 곳 ④ 바람이 날지 않는 곳 ④	-	습지와 지반이 불안정한 곳은 피함⑤	각 기능의 마찰로 위험성이 있는 곳은 유의하여 배치⑦ 가족단위의 숙박기능과 연결이 용이한 곳⑥ 단위 활동이 이루어질 수 있고 성인들의 시야에 쉽게 들어올 수 있는 곳	어린이에게 위험성이 없는 방식으로 출된 과 곳이 있는 곳 ④
안내판	-	부근의 생태 영양 상태 를 알 수 있 는 곳 ⑥	-	조망이 좋은 곳 ⑥	지반이 불안정한 곳은 피함	입구 시설지 및 도로상 또는 각 주요 활동공간에 체계적인 정보를 제공할 수 있는 곳에 눈에 띄게 배치②⑥ 통행에 지장을 주지 않는 장소⑥ 기능이 다른 공간으로 분기되는 지점이나 활동의 유도 또는 제한하고자 하는 곳 사람들이 정제할 수 있는 공간이 있는 곳	-
통나무집	비교적 완만한 경사에 배치⑥	-	남동, 남서 방향의 활지⑥	전망 좋은 곳	-	가족단위 야영장과 야영장 주변에 위치하여 긴급시 접근이 용이한 곳 주위에 악취 및 혐오시설이 있는 곳은 피함 숙박을 위한 적당한 공간이 있는 곳	약간이나 시시 분분의 위험 이 있 는 곳 ⑥
담장	지형상에 따라 배치	-	-	-	지반이 불안정한 곳은 피함	사람들의 접근을 금지하는 곳, 시각적 차폐를 위한 곳, 혹은 부지경계를 표시하고자 하는 곳에 배치	-
방음벽	경사에 맞추어 설치	-	강풍이 있는 곳은 피함	-	지반이 불안정한 곳은 피함	기존 도로 및 인접 주거시설로부터 음벽 높이의 2-4배 되는 일정거리를 지하여 배치	방음 상태 등에 안전한 위치

註) 참고문헌은 다음과 같다. ①자연휴양림설계기준, ②조경시설물설계, ③조경설계기준, ④어린이놀이공간 및 시설물배치에 관한 연구, ⑤도시공원녹지설계노트북, ⑥자연휴양림조성기본계획, ⑦조경공사표준시방서

2. 야외시설물 기본배치모델 작성

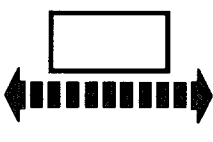
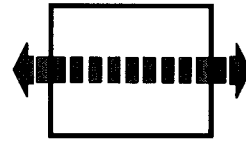
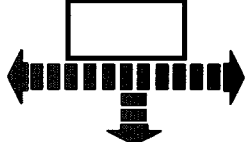
표준설계도 개발대상인 8개 야외시설물이 포함된 안내공간, 휴게공간, 놀이공간, 숙박공간의 공간유형을 구분하고 공간유형별 기본모델을 작성하였다. 이러한 안내공간, 휴게공간, 놀이공간, 숙박공간의 공간유형은 자연휴양림의 기본계획도서와 현장조사 등을 통해 분석하였다. 구체적으로 대운산 자연휴양림, 남해 자연휴양림, 영인산 자연휴양림, 중미산 자연휴양림 등의 12개 자연휴양림을 조사 분석하였다.

가. 야외시설물 공간유형 구분

1) 안내공간

안내공간의 경우 일자형과 통과형, 교차형으로 구분하였으며, 도입시설물은 종합안내판을 중심으로 벤치, 매표소, 관리사무소, 정자, 주차장 등이 존재하였다. 안내공간의 경우 종합안내판만 있는 경우에는 22-30㎡로 나타났으나, 주차장, 관리사무소가 모두 같이 배치된 경우에는 최대 900㎡까지의 면적을 지니고 있었다. 안내공간의 경우 주출입구, 주요동선을 따라 배치되거나 결정점에 위치하는 특성을 보인다.

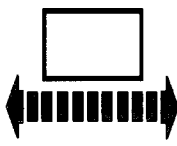
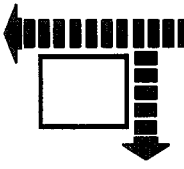
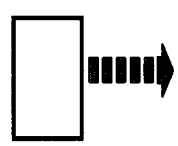
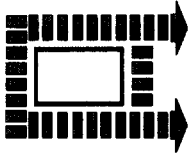
Table 2-47. The analysis of spatial type and facilities in information space

공간 유형	일자형	통과형	교차형
			
안내 공간	<ul style="list-style-type: none"> • 259㎡ (대운산 휴양림) • 22㎡ (남해 휴양림) • 190㎡ (영인산 휴양림) • 900㎡ (유명산 휴양림) • 30㎡ (미천콜 휴양림) • 60㎡ (방태산 휴양림) 	<ul style="list-style-type: none"> • 600㎡ (중미산 휴양림) 	<ul style="list-style-type: none"> • 225㎡ (영인산 휴양림) • 207㎡ (대운산 휴양림)
고려 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 주동선의 한 부분이나 자연휴양림 입구부분에 위치함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 자연휴양림 입구에 위치하며 주차장과 결합됨. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주동선의 결정점에 위치함.
도입 시설물	종합안내판, 벤치, 매표소, 관리사무소, 정자, 주차장		

2) 휴게공간

휴게공간은 크게 일자형과 모서리형, 고립형, 순환형의 4개 유형으로 구분하였고, 도입시설물은 평상, 의자, 정자, 잔디광장, 야외무대, 야외탁자, 취사장 등이 포함되었다. 면적은 66㎡에서 2300㎡까지 분포하였고, 야외무대나 잔디광장 등과 결합되는 경우에는 2000㎡이상의 대규모 면적을 보였다(예 : 영인산자연휴양림과 대운산 자연휴양림). 휴게공간은 안내공간, 놀이공간, 숙박공간 등과 결합하여 위치하거나, 임간산로 등의 주동선을 따라 일렬로 배치되는 경우가 많이 나타났다.

Table 2-48. The analysis of spatial type and facilities in rest space

	일자형	모서리형	고립형	순환형
공간 유형				
휴게 공간 면적	<ul style="list-style-type: none"> • 66㎡ (중미산) • 70㎡ (방태산) • 90㎡ (방태산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100㎡ (중미산) • 250㎡ (봉화산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,300㎡ (영인산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,140㎡ (대운산)
고려 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 주동선을 따라 휴게공간이 배치된 형태임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요동선의 결절점에 휴게공간이 배치된 형태임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 의자 등의 휴게시설과 야외무대와 정자가 존재하는 경우임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 잔디광장이 존재하고 그 주변으로 휴게공간이 배치된 형태임.
도입 시설물	평상, 벤치, 정자, 잔디광장, 야외무대, 야외탁자, 취사장			

3) 놀이공간

놀이공간은 크게 일자형과 통과형, 모서리형, 순환형의 4개 유형으로 구분하였고, 도입시설물은 어린이놀이터, 종합놀이기구, 체력단련시설, 벤치, 민속놀이터, 극기훈련시설 등이 포함되었다. 면적은 225㎡에서 1870㎡까지 분포하였다. 주요동선의 결절점에 놀이공간이 위치하는 경우와 주요동선을 따라 일렬로 배치되거나 관통하는 경우가 많이 나타났다.

Table 2-49. The analysis of spatial type and facilities in play space


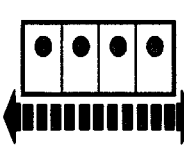
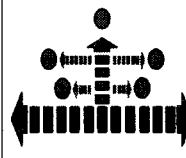
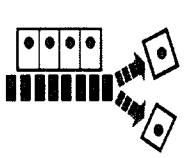
		일자형	통과형	모서리형	순환형
놀이공간	공간 유형				
	면적	<ul style="list-style-type: none"> • 650㎡ (대운산) • 1,300㎡ (유명산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,300㎡ (성주봉) • 1,800㎡ (성주봉) 	<ul style="list-style-type: none"> • 225㎡ (영인산) • 800㎡ (봉화산) • 250㎡ (추산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,800㎡ (영인산) • 1,870㎡ (추산)
	고려 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 주요동선을 따라 놀이공간이 위치한 경우임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 놀이공간을 주요 동선이 관통하는 경우임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요동선의 결절점에 놀이공간이 위치하는 경우임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 입간도로 등을 따라 체력단련시설이 배치된 경우임.
	도입 시설물	어린이놀이기구, 종합놀이기구, 체력단련시설, 벤치, 민속놀이터, 극기훈련시설			

4) 숙박공간

숙박공간은 클러스터형과 선형, 가지형, 혼합형으로 구분할 수 있었으며, 통나무집을 중심으로 주차장, 휴게공간(평상, 위자, 잔디밭), 조망시설(정자 등), 놀이기구 등이 포함되어졌다. 클러스터형은 공동광장을 중심으로 통나무집이 배치되는 경우이며, 주동선을 따라 선형으로 통나무집이 배치되는 경우이다. 가지형은 통나무집의 프라이버시가 강조되어 한채씩 숲속에 위치하는

경우이다. 혼합형은 일자형과 가지형이 결합된 형태이다. 특히, 통나무집의 공간구성을 살펴보면 숙박시설인 통나무집을 중심으로 휴게공간(의자, 탁자, 평상 등)과 주차공간을 기본적으로 가지며, 잔디광장이나 정자, 어린이놀이시설 등과 연계되고 있다.

Table 2-50. The analysis of spatial type and facilities in accommodation space

숙박 공간	공간 유형	Cluster형	일자형	가지형	혼합형
					
면적	<ul style="list-style-type: none"> • 750m² (대운산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,600m² (성주봉) • 450m² (증미산) • 660m² (유명산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,060m² (추산) • 1,600m² (유명산) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,000m² (증미산) 	
고려 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 공동광장을 중심으로 통나무집이 배치되는 형태임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주동선을 따라 일렬로 통나무집이 배치되는 경우임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 통나무집의 프라이버시가 강조되는 형태임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 일자형과 가지형이 결합된 형태임. 	
도입 시설물	통나무집, 주차장, 평상, 벤치, 잔디밭, 놀이시설, 정자, 야외무대				

나. 야외시설물의 상호관련성 분석

1) 야외시설물의 상호관련성 분석

통나무집, 의자, 벤치 등의 야외시설물에 대해서 기능적 측면에서 상호관련성을 3단계로 구분하여 분석하였으며, 이는 한 공간단위에 기능적인 충돌이나 상충이 없이 결합시킬 수 있는 야외시설물을 파악하기 위한 것이다. 이를 위

해서 8개 야외시설물(안내판, 담장, 퍼골라, 어린이놀이기구, 통나무집 등)외에도 이들 야외시설물과 결합되어 배치될 수 있는 야외시설물에 대한 상호관련성을 분석하였다.

Table 2-51. The correlation analysis of outdoor facilities

구분	숙박공간		휴게공간					놀이공간		관리공간				위생공간				
	통나무집	야영테크	의자	야외탁자	퍼골라	정자	전망대	놀이시설	체력단련시설	관리사무소	안내판	담장	방음벽	매점	취사장	화장실	휴지통	
숙박공간	통나무집	--																
	야영테크	●	--															
휴게공간	의자	●	●	--														
	야외탁자	●	●	●	--													
	퍼골라	●	●	●	●	--												
	정자	●	●	●	●	●	--											
놀이공간	전망대	○	○	○	○	○	○	--										
	놀이시설	●	●	●	●	●	○	--										
관리공간	체력단련시설	○	○	○	○	○	○	○	●	--								
	관리사무소	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--							
위생공간	안내판	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--						
	담장	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--					
	방음벽	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--				
판매	매점	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--	
위생공간	취사장	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--
	화장실	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--
	휴지통	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	--

註) 야외시설물간의 상호관련성을 ① ● : 높다. ② ○ : 보통이다. ③ ○ : 낮다 등의 3단계로 구분하였음.

전체적으로 숙박공간은 휴게공간과 놀이공간, 위생공간과 상호관련성이 높게 나타나고 있으나 관리공간과는 상대적으로 낮은 상호관련성을 보인다. 따라서

통나무집은 그 주변에 휴게공간과 놀이공간 등을 설치할 수 있고 관리공간은 선택적으로 도입할 수 있을 것으로 판단된다. 휴게공간은 숙박공간, 놀이공간, 휴지통 등과의 관련성도 높게 나타나므로 숙박공간, 놀이공간 등과 같이 설치되거나 휴게공간 주변에 휴지통 등을 설치할 수 있을 것으로 판단된다. 놀이공간은 숙박공간이나 휴게공간과 같이 결합되어 설치되어질 수 있으나 취사장, 매점 등과는 관련성이 상대적으로 낮게 나타났다.

2) 야외시설물의 상호관련성에 기초한 시설구성

이러한 안내공간, 휴게공간, 놀이공간, 숙박공간의 시설구성은 필수적인 안내판, 의자(야외탁자), 놀이시설, 통나무집이 중심이 되는 기본형을 토대로 상호관련성이 높은 시설을 추가하여 공간규모와 기능 등이 확장되는 형태로 이루어진다. 안내공간의 경우, 안내판만 설치되는 '기본형'에서 안내판과 관리사무소(매표소)가 결합되는 '확장형-1'이 되거나, 안내판에 의자, 퍼골라 등의 휴게시설이 덧붙는 '확장형-2', 안내판에 관리사무소와 휴게시설이 모두 결합하는 '확장형-3'으로 전개된다. 휴게공간의 경우 의자와 그늘제공식재가 있는 '기본형'과 의자에 퍼골라, 정자 등의 조망시설이 결합되는 '확장형'이 가능하다. 야외탁자의 경우 삼림욕장과 같은 공적 공간에 등간격으로 배치하는 정형적 형태와 피크닉장 등에서 이용자들의 프라이버시를 존중하도록 각 공간을 위요시키는 비정형적 배치로 구분할 수 있다. 놀이공간은 조합놀이시설과 휴게공간이 존재하는 '기본형'을 토대로 유아놀이시설이 결합하는 '확장형-1', 운동시설(체력단련시설)이 결합하는 '확장형-2', 유아놀이시설과 운동시설(체력단련시설)이 모두 결합하는 '확장형-3'으로 구분할 수 있다. 숙박공간의 경우 통나무집과 주차장이 있는 기본형에 의자(야외탁자, 평상, 퍼골라 등)의 휴게시설이 결합한 '확장형-2', '확장형-1'에 다시 놀이시설이나 잔디광장이 결합하는 '확장형-3' 등이 가능하다.

Table 2-52. Facilities composition based on correlation among outdoor facilities

구분	유형	야외시설물구성
안내공간	• 기본형	안내판(+배경식재)
	• 확장형-1	안내판+관리사무소(매표소)
	• 확장형-2	안내판+휴게시설(의자, 평상 등)
	• 확장형-3	안내판+관리사무소(매표소)+휴게시설(의자, 평상 등)
휴게공간	• 기본형	의자(평상, 야외탁자)(+그늘제공식재)
	• 확장형	의자(평상, 야외탁자)+조망시설(퍼골라, 정자 등)
	• 야외탁자-1 (등간격배치)	야외탁자(산림욕장 등의 배치)
	• 야외탁자-2 (위요배치)	야외탁자(피크닉장 등의 배치)
놀이공간	• 기본형	조합놀이시설+휴게시설
	• 확장형-1	조합놀이시설+휴게시설+유아놀이시설
	• 확장형-2	조합놀이시설+휴게시설+운동시설(체력단련시설)
	• 확장형-3	조합놀이시설+휴게시설+운동시설(체력단련시설)+유아놀이시설
숙박공간	• 기본형	통나무집+주차장
	• 확장형-1	통나무집+주차장+의자(야외탁자, 평상, 퍼골라)
	• 확장형-2	통나무집+주차장+의자(야외탁자, 평상, 퍼골라)+놀이시설(잔디광장)
	• 확장형-3	통나무집+주차장+의자(야외탁자, 평상, 퍼골라)+놀이시설(잔디광장)+취사장+휴지통

다. 야외시설물 배치기본모델 작성

야외시설물 기본모델 작성하기 위해 안내공간, 휴게공간, 놀이공간의 경우 자연휴양림에서 비교적 많이 나타나는 일자형을 중심으로 야외시설물의 시설 구성을 적용하여 각 공간에 대한 공간구성개념도를 작성하였다. 숙박시설의 경우에는 클러스터형과 일자형, 가지형을 대상으로 각 공간구성개념도를 작성하였다. 이를 토대로 본 연구에서 개발한 야외시설물을 활용하여 야외시설물 배치기본모델을 작성하였다.

1) 안내공간

안내공간은 주출입구, 주요 동선을 따라 배치되거나 결절점에 위치하는 특성을 보인다. 안내공간을 구성하는 시설물의 구성에 따라 기본형 [안내판(+배경식재)], 확장형-1 [안내판+관리사무소(매표소)], 확장형-2 [안내판+휴게공간(의자, 평상 등)] 으로 구분하여 공간구성개념을 제시하고 안내공간 조성예시도를 작성하였다.

가) 안내공간의 공간구성개념

기본형은 배경식재를 중심으로 안내판이 배치된 형태로서 주이동통로에 많이 나타나는 형태이다. 확장형-1은 안내시설과 관리사무소(매표소)가 배치된 경우이며, 주로 자연휴양림의 입구부분에 많이 나타나고, 확장형-2는 안내시설과 휴게시설이 결합된 형태이며, 주이동통로에 인접하여 많이 나타난다.

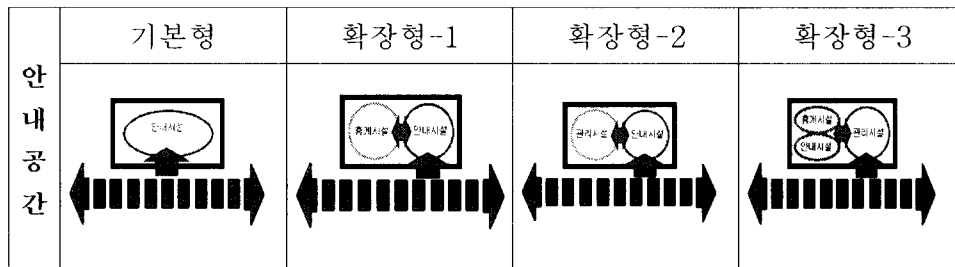
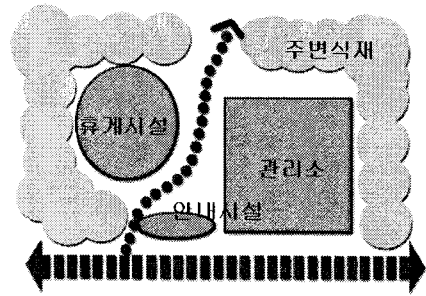


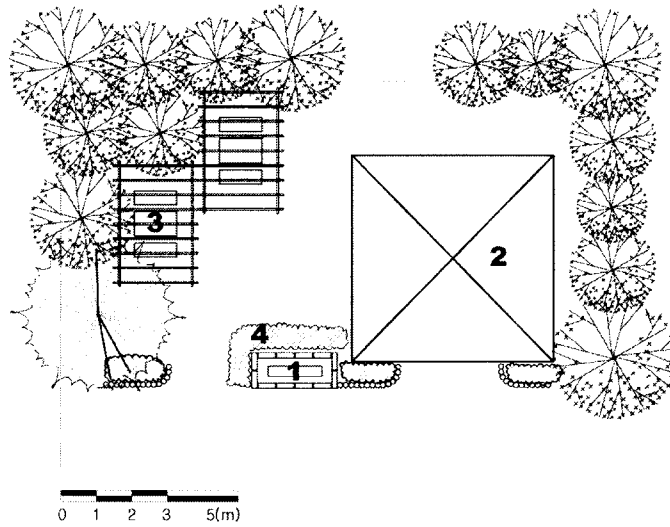
Fig.2-53. Spatial composition diagram of information space(row type)

나) 안내공간 조성예시도



▼안내공간 유형중 확장형-3에 대한 조성예시도

▲기본 개념도(Concept Diagram)



- 범례 1. 대형안내판
- 2. 관리소(매표소)
- 3. 파골라
- 4. 배경식재(관목)

2) 휴게공간

휴게공간은 안내공간, 놀이공간, 숙박공간 등과 결합하여 위치하거나 임간 산로 등의 주동선을 따라 일렬로 배치되는 경우가 많이 나타났다. 휴게공간을 구성하는 시설물의 구성에 따라 기본형 [의자(평상, 야외탁자)+(그늘제공식재)] 과 확장형 [의자(평상, 야외탁자)+쉼터(퍼골라, 정자 등)] 으로 구분하여 공간구성개념을 제시하고 휴게공간 조성예시도를 작성하였다.

가) 휴게공간의 공간구성개념

기본형은 의자와 평상 등을 중심으로 그늘제공식재가 위치한 경우이고, 확장형은 의자(평상, 야외탁자)와 쉼터(퍼골라, 평상 등)가 결합된 경우이다.

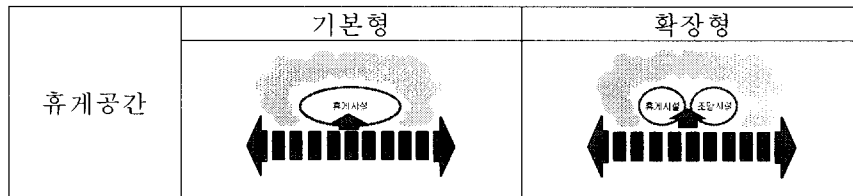


Fig. 2-54. Spatial composition diagram of rest space(row type)

야외탁자의 배치개념은 일반적으로 바닥이 포장된 지역에 배치될 수 있는 정형적 배치형태와 자연지형에 순응하여 적절한 장소에 배치될 수 있는 비정형적 배치형태로 구분할 수 있다.

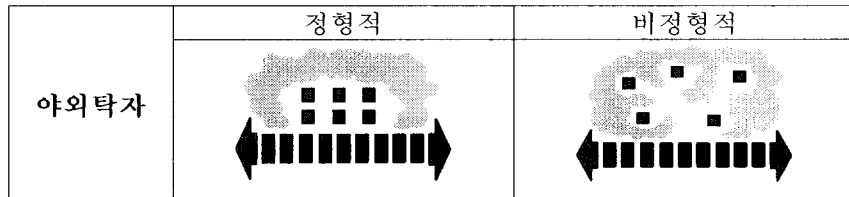
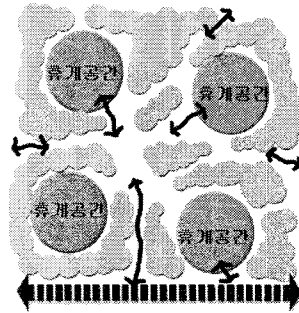


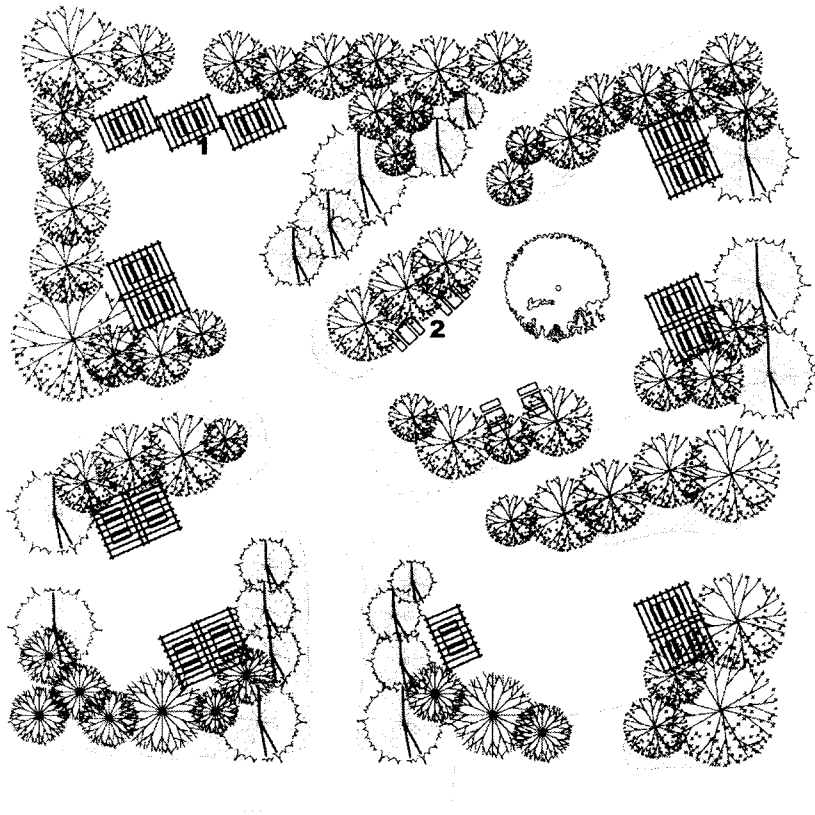
Fig. 2-55. Concept of outdoor table disposition

나) 휴게공간 조성예시도



▼휴게공간 유형중 확장형, 위
요배치형 조성예시도

▲기본개념도(Concept Diagram)



0 12 5 10 20(m)

- 범례 1. 파골라
- 2. 야외탁자

3) 놀이공간

놀이공간은 주요동선의 결절점에 위치하는 경우와 주요동선을 따라 일렬로 배치되거나 관통하는 경우가 많이 나타났다. 놀이공간 시설 유형은 휴게시설(보호자 등), 유아놀이조합시설(유년), 운동시설로 크게 나누어볼 수 있다. 놀이공간을 구성하는 시설물의 구성에 따라 기본형 [조합놀이시설+휴게공간], 확장형-1 [조합놀이시설+휴게공간+유아놀이시설], 확장형-2 [조합놀이시설+휴게공간+운동시설(체력단련시설)], 확장형-3 [조합놀이시설+휴게공간+운동시설(체력단련시설)+유아놀이시설] 로 구분하여 공간구성개념을 제시하고 놀이공간 조성예시도를 작성하였다.

가) 놀이공간의 공간구성개념

기본형은 조합놀이시설과 휴게공간이 결합된 형태이며, 확장형-1은 기본형에 유아놀이시설이 추가된 형태이다. 확장형-2는 기본형에 운동시설(체력단련시설)이 추가된 형태이고, 확장형-3은 기본형에 유아놀이시설과 운동시설(체력단련시설)이 추가된 형태이다.

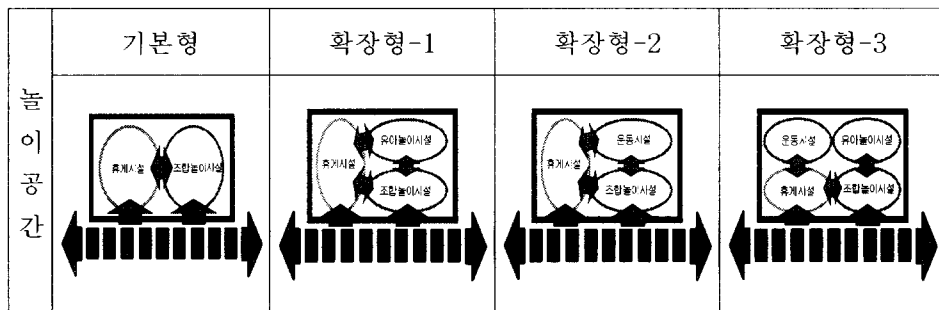
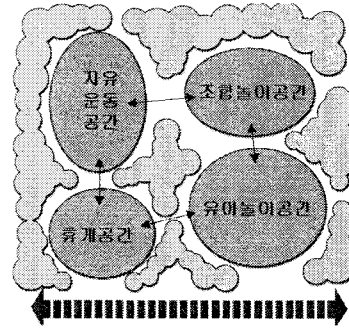


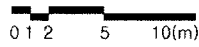
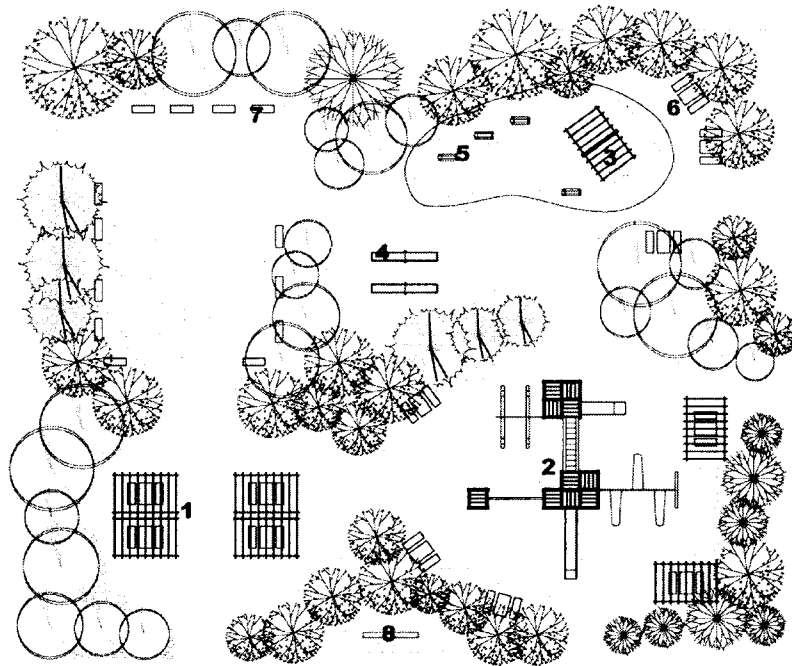
Fig. 2-56. Spatial composition diagram of play space(row type)

나) 놀이공간 조성예시도



▼휴게공간 유형중 확장형-3
에 대한 조성예시도

▲기본 개념도(Concept Diagram)



- 범례
- 1. 파골라
- 2. 조합놀이대
- 3. 놀이기구
- 4. 체력단련시설(윗몸일으키기시설)
- 5. 놀이기구(흔들목마)
- 6. 야외탁자
- 7. 벤치(기본형)
- 8. 대형게시판(2개)

4) 숙박공간

숙박공간은 통나무집을 중심으로 휴게공간(의자, 탁상, 평상 등)과 주차공간을 기본적으로 가지며, 잔디광장이나 정자, 어린이놀이시설 등과 연계되고 있다. 숙박공간을 구성하는 시설물의 구성에 따라 기본형 [통나무집+주차장], 확장형-1 [통나무집+주차장+의자(야외탁자, 평상, 퍼골라)], 확장형-2 [통나무집+주차장+의자(야외탁자, 평상, 퍼골라)+놀이시설(잔디광장)], 확장형-3 [통나무집+주차장+의자(야외탁자, 평상, 퍼골라)+놀이시설(잔디광장)+취사장+휴지통] 으로 구분할 수 있다. 기본형, 확장형-1, 확장형-2, 확장형-3을 조합하여 공간구성형태에 따라서 클러스터형, 일자형, 가지형으로 공간구성개념을 제시하고 숙박공간 조성예시도를 작성하였다.

가) 숙박공간의 공간구성개념

클러스터형은 확장형-2와 확장형-3을 기본으로 숙박공간을 구성하고 중앙광장에는 잔디광장이나 놀이공간을 배치하였다. 일자형은 기본형과 확장형-1을 중심으로 하고, 통나무집의 후면에 잔디광장이나 어린이놀이시설을 배치하는 확장형-3이 가능하다. 가지형은 기본형과 확장형-1을 기본으로 숙박공간을 구성하였다.

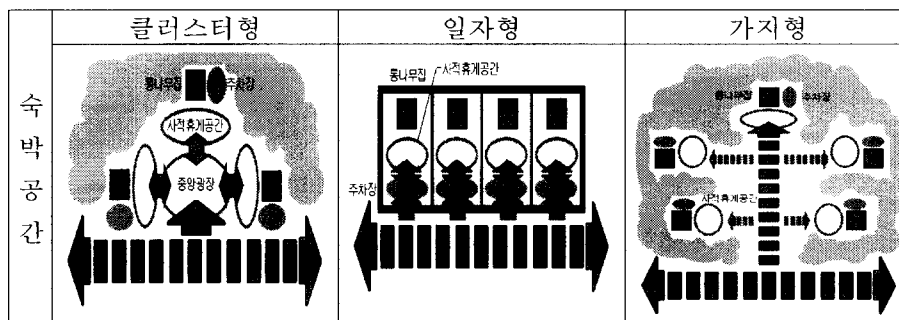
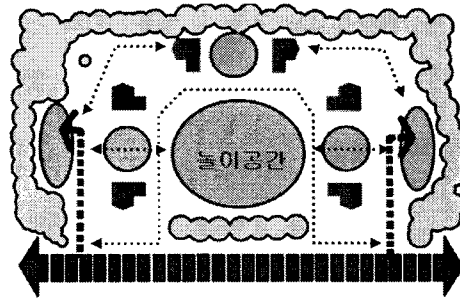


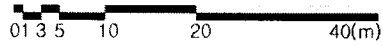
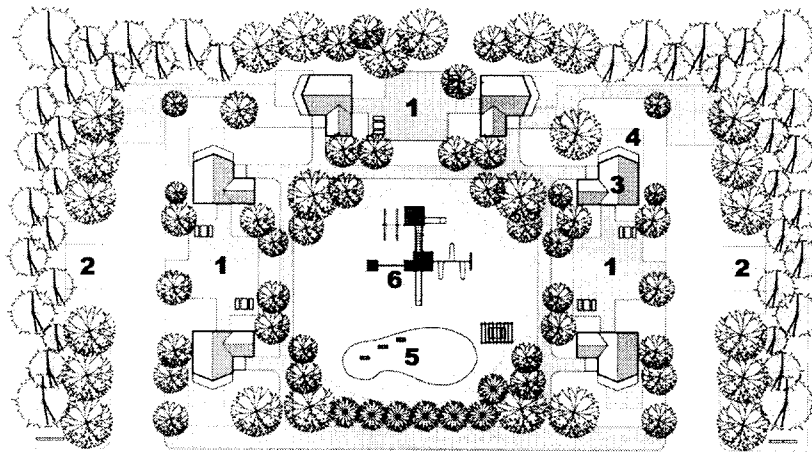
Fig. 2-57. Spatial composition diagram of accommodation space

나) 숙박공간 조성예시도



▼ 숙박공간 유형중 클러스터형에 대한 조성예시도

▲ 기본 개념도(Concept Diagram)



- 범례
- 1. 마당
 - 2. 주차장
 - 3. 통나무집
 - 4. 데크(deck)
 - 5. 모래놀이터
 - 6. 조합놀이대

제 9 절 시범 사례 대상지 선정 및 분석

1. 시범 사례 대상지

시범 사례대상지로 결정된 곳은 '강원도 홍천군 내촌면 물걸리 산85-1'로 토지 이용계획사항으로 보전임지(생산)에 속하는 곳이다. 홍천 중심지에서 30km정도의 거리에 있으며, 408번 지방도와 444번 지방도 사이에 자리잡고 있다(Fig.3-1). 전체면적은 약 16,500㎡(약 5,000평)이고, 계획면적은 약 9,800㎡(약 2970평)이다(Fig. 2-58).

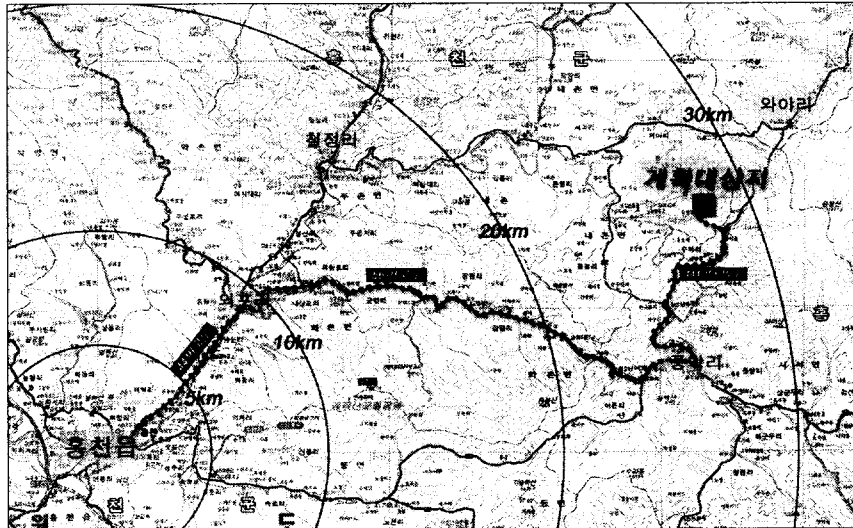


Fig. 2-58. The location of the site

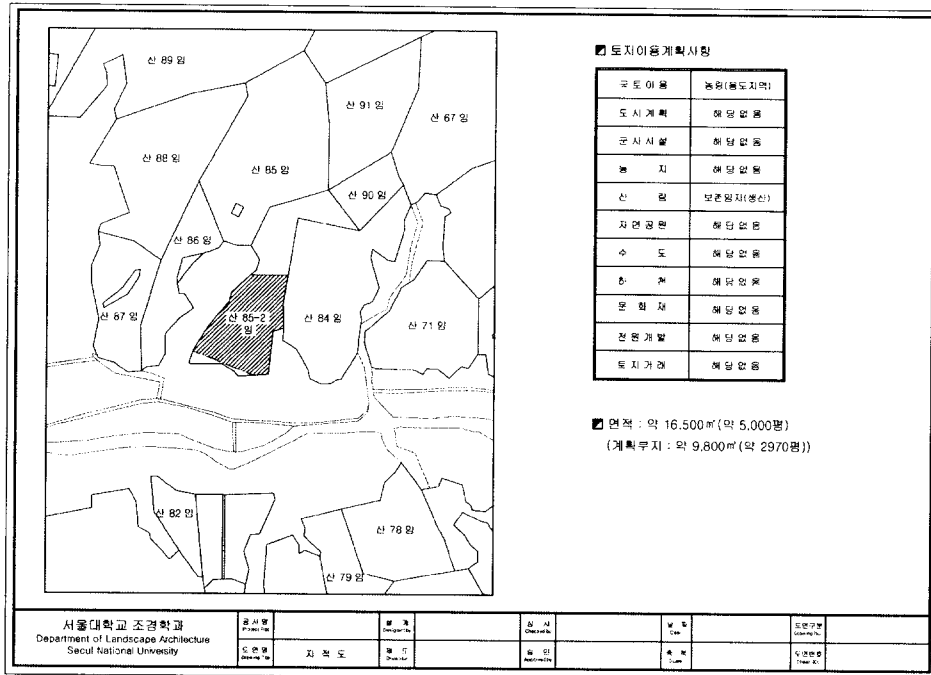


Fig. 2-59. The map of landregister

2. 시범 사례대상지 분석

대상지 분석은 대부분 물리·생태적인 면을 중심으로 크게 고도분석, 경사분석, 향분석, 식생, 경관현황분석을 하였다. 고도분석, 경사분석, 향분석 등은 지형자료를 컴퓨터를 이용하여 분석하였는데, 이를 위해 AutoCAD와 EaglePoint 등의 프로그램이 사용되었다. 식생분석과 경관현황분석은 현장답사를 통하여 분석을 수행하였다.

가. 지형분석(고도분석)

대상지 내에서 가장 높은 곳은 해발고도 +139.4m이며 가장 낮은 곳은 해발고도 +110.0m정도로 약 30m의 고도차가 있다. 대상지 중앙부에 작은 봉우리가 있는 형태로 대상지 전체는 비교적 굴곡이 있는 지형으로 분포되어 있다(Fig. 2-60, 61).

한편, 대상지 내부에 조그만 샘이 존재하고 있어 수경관을 조성할 수 있을 것으로 판단된다.



Fig.2-60. The existing characteristics of the site

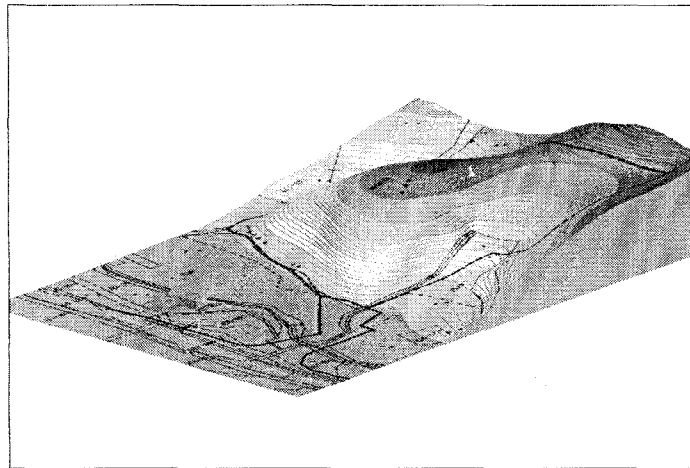


Fig. 2-61. The block diagram of the site

나. 경사분석

대상지는 경사가 상당히 심한 지역으로 25%이상의 경사가 대상지의 약 80%를 차지하고 있다(Table 2-53, Fig. 2-62). 따라서 시설물배치 및 동선계획에 있어서 지형을 최대한 이용한 계획이 필요하다고 판단된다. 비교적 경사가 완만한 지

역은 계곡부분을 따라 형성되어 있어서 대상지 내부의 주요 시설물이 배치될 수 있는 장소로 판단된다.

Table 2-53. The result of slope analysis

경사(%)	대상지에서 차지하는 비율(%)
0~3	0.783
3~8	1.647
8~15	3.542
15~25	14.992
25~	79.036

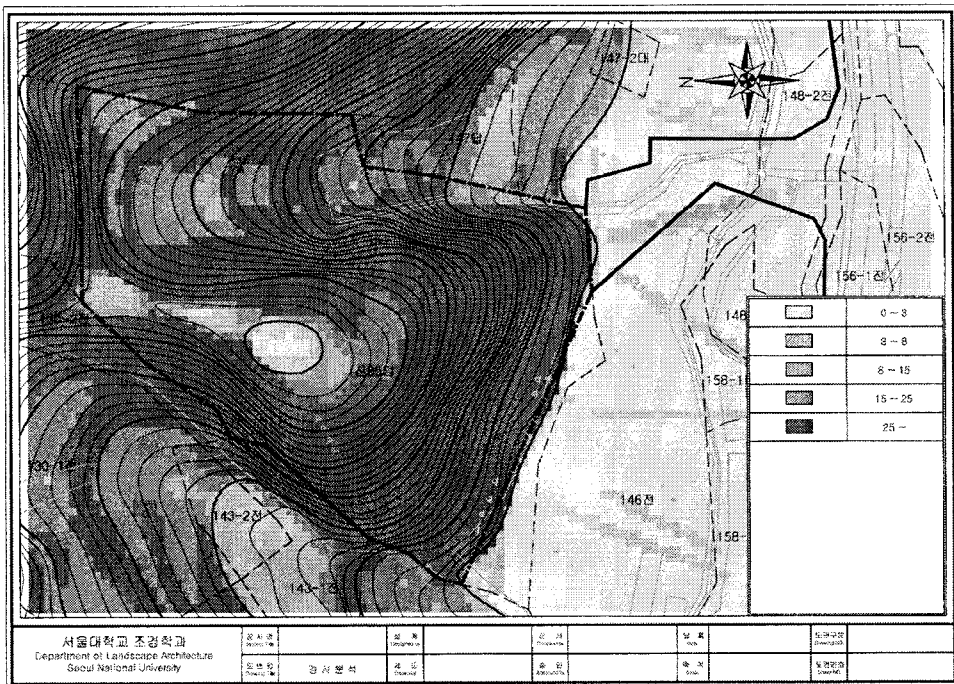


Fig. 2-62. The result of slope analysis

다. 향분석

대상지의 절반 이상이 남향으로 이루어져 있어 태양의 일조량은 매우 좋은 편이다(Table 2-54, Fig. 2-63). 북향이 거의 없는 이유는 대상지가 산의 기슭에 위치하고 있기 때문이며, 경사가 있는 편이기 때문에 내부에 평탄지가 없음을 알 수 있다.

Table 2-54. The result of aspect analysis

향	대상지에서 차지하는 양(%)
북향	1.435
남향	50.390
동향	22.878
서향	25.297
평탄지	0.000

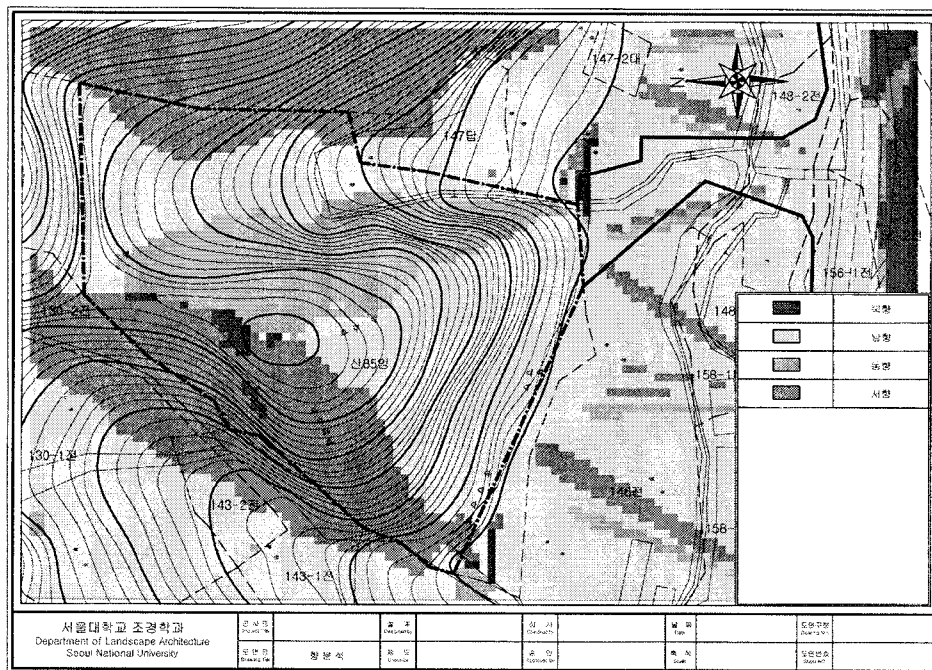


Fig. 2-63. The result of aspect analysis

라. 식생분석

대상지의 대부분은 잣나무와 참나무의 혼효림으로 이루어져 있으며, 이들은 대부분 사면에 위치하고 있다(Fig. 2-64). 경사가 심하지 않은 계곡부분에는 일본 앞갈나무가 많이 분포하고 있으며, 그 외 일부 지역에는 일본앞갈나무와 스트로브잣나무가 혼재되어 있다(Fig. 2-65).

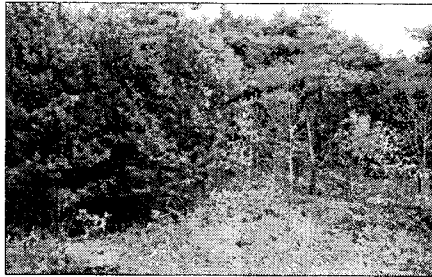


Fig. 2-64. Korean pine & oak



Fig. 2-65. Japanese larch

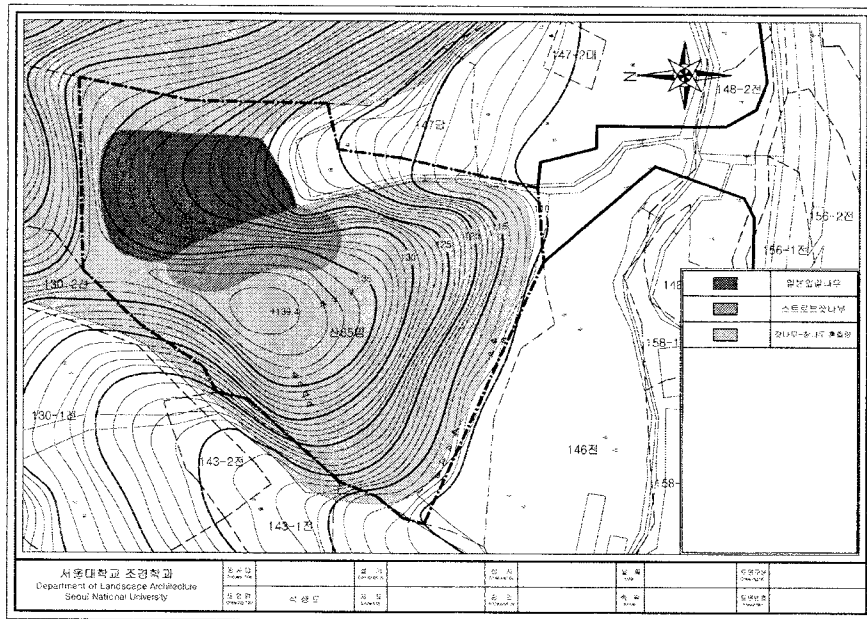


Fig. 2-66. The map of existing vegetations

마. 경관분석

대상지 내부 경관은 일반적인 산림경관의 특성을 지니고 있었으나, 3군데에 3~4기씩 묘지가 산재되어 있다(Fig. 2-68). 묘지의 관리상태는 매우 좋지 않은 상황으로 이장을 하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

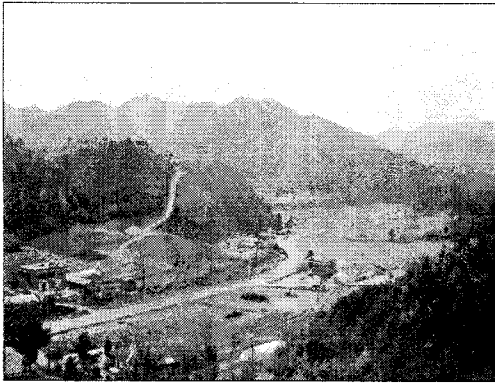


Fig. 2-67. The view to southwest.

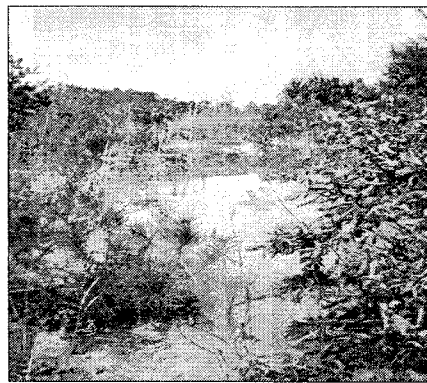


Fig.2-68. The graves in the site

대상지 주변 경관은 매우 양호한 편으로 대상지 중앙에 위치한 봉우리 정상에서 남서측 방향의 경관이 매우 좋은 편이다(Fig. 2-67). 특히 대상지 남측에 위치한 봉우리에는 전통적인 형태의 8각 정자도 위치하고 있어서 일반적인 산림경관과는 다른 경관으로 구성되어 있다(Fig. 2-69). 대상지로 들어가는 곳에는 느티나무가 있는데, 이를 정자목으로 이용할 수 있을 것이다(Fig. 2-70). 다만, 대상지 남측 사면에 공사가 진행 중이어서 경관적으로 좋지 않다.



Fig. 2-69. The view of octagonal pavilion



Fig. 2-70. The zelkova on the entrance area

제 10 절 시범사례대상지 야외 시설물 배치계획 및 시범설계

1. 기본구상 및 계획

시범 사례대상지는 목재관련연구소를 조성할 예정이므로 계획에 포함되어야 할 도입 시설로는 ① 연구동, 사물실과 같은 기본연구시설, ② 작업장, 목재건조대 등과 같은 작업시설, ③ 연구원 숙소 등의 거주시설, ④ 벤치, 파고라, 산책로, 정자 등과 같은 휴게시설, ⑤ 도로시설 등이 있다.

가. 기본연구시설

우선 기본연구시설은 도입 시설 중에서 가장 이용빈도가 높으며 중요한 시설이므로 접근이 용이하고 경사가 완만한 지역에 도입하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 대상지의 지형적인 특성으로 보아 기본연구시설인 연구소와 사무실은 단지 중앙부의 완경사지에 설치하였다. 단지 진입공간에는 게시판과 관리동을 설치하여 진입감을 부여하였다.

나. 작업시설

연구소의 목적과 관련하여 목재를 건조시킬 수 있고 적재할 수 있는 작업공간이 필요하다고 판단하였다. 작업공간은 일정규모의 평지가 조성되어야 하며, 건조대는 목재건조에 유리하도록 통풍이 잘 되는 곳에 배치하는 것이 바람직하므로, 작업장과 건조대 등의 작업시설은 대상지 중앙에 위치한 정상부에 설치하였다.

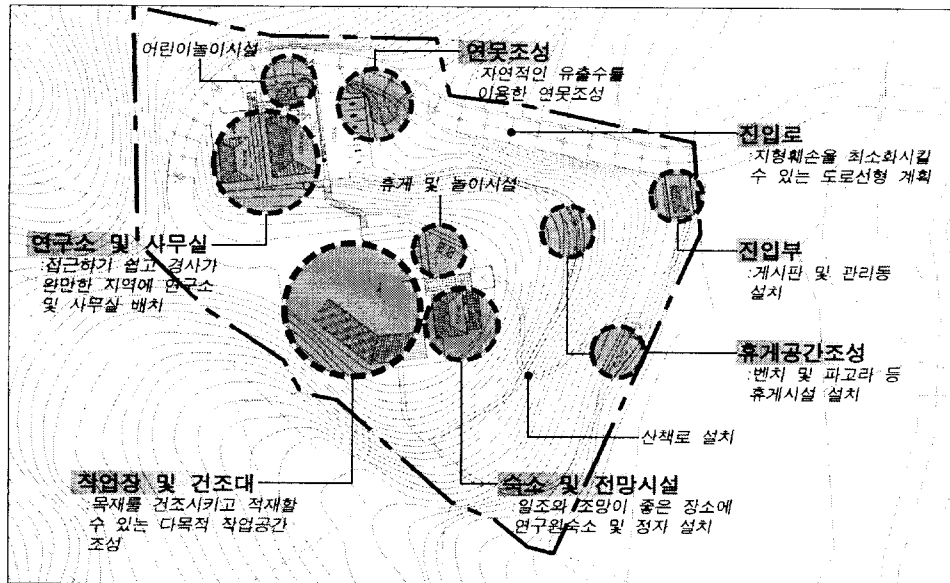


Fig. 2-71. The diagram of basic concept

다. 거주시설

연구원들이 거주할 수 있는 연구원 숙소는 일조와 전망을 고려하여 중앙부 남사면에 배치하였다. 거주시설은 계획과 같이 별도의 건물로 조성할 수도 있으나, 대상지 전체를 동시에 조성하지 못하고 단계적으로 개발할 경우에는 현재의 사무실이나 연구동을 거주시설로 사용할 수도 있다.

라. 휴게시설

휴게시설은 이용자들이 이용편이성을 고려하여 주요 시설들의 주변에 조성하였다. 연구동, 사무실, 숙소 주변에 벤치, 파고라 등의 휴게시설을 설치하도록 구상하였다. 한편 식생상태가 양호하고 경사가 심한 부분은 기본적으로 현상태를 유지·보존하는 것을 원칙으로 하였으나, 부분적으로는 산책로를 조성하여 이용자들에게 자연을 접할 수 있는 기회를 제공할 수 있도록 하였다. 산책로 주변으로 역시 벤치, 파고라 등의 휴게시설을 도입하였다.

제 11 절 결 론

우리는 목조 주택을 비롯한 각종 목재 시설물의 수요증가에도 불구하고, 대부분의 구조용 목재를 북미나 북유럽 등지에서 수입하여 의존하고 있으며, 특히 구조적 문제를 크게 고려하지 않아도 되는 야외시설물 조차도 국산 소경재를 거의 사용하지 않고 있다. 이러한 상황에서 목조주택을 포함하여 다양한 야외시설물에 대한 표준설계도를 개발하여 개발이 국산 소경재의 용도 확대와 더불어 쾌적한 여가환경의 조성에 기여할 목적으로 야외시설물 축조 기술 개발 연구 과제를 수행하였다.

기존 야외시설물의 문제점을 분석하고, 개선방향을 도출하였으며, 이용 가능한 국산 소경재의 강도적 특성을 조사하였으며, 야외시설물의 설계모델 및 기본 단위 모델과 더불어 표준 설계도를 개발하였고, 이를 토대로 시범 사례 대상지에 대한 시범 설계 및 각 야외시설물에 대한 축조 지침을 완성하였다.

이상의 연구의 결과로 주요 구조부의 접합부에 대한 구조 해석을 통한 국산 소경재를 이용하는 야외시설물의 축조 기술을 개발하였다. 이는 앞으로 실제 시공을 통한 검증과정이 필요하겠지만, 국내에서도 국산 소경재에 대한 표준 지침이 완성되었음을 의미한다. 이는 수입에 의존하고 있는 부재의 국산화가 가능함을 기술적으로 입증할 뿐만 아니라 그 가능성을 높여주었으며, 더 나아가서는 국산 소경재의 용도를 확대 시켜 새로운 수요를 창출하게 될 것이다.

제4장. 경제성분석

제1절. 서론

세계적인 산림환경보존운동이 확산되고 산림자원이 감소되어감에 따라 해외 우량목재의 벌채량 감소와 목재가격이 상승하고 있다. 따라서 국내목재자원 육성의 긴급성과 당위성이 한층 높아지고 있다. 한편 국내산 목재가격이 국제원목가 상승에 편승하지 못하고 제자리걸음이며 오히려 노동력 부족과 생산비 상승으로 목재생산의 채산성이 떨어지고 있는 실정이다. 국내산 원목가격이 정체되는 것은 국산재의 형질이 수입재와 경쟁할 수 없는 열등재이기 때문이다.

경제성분석의 주요목적은 간벌소경재 및 미이용저급재의 산지처리개발에 의한 고부가가치화와 용도개발 등을 수행하기 위해 국내 임산물유통구조의 문제점과 원가를 분석하고, 이와 관련하여 보존처리재의 원가분석과 산지처리목재를 활용한 야외시설물의 대체효과분석 등을 분석하고자 한다.

제2절. 유통경로 분석

1. 임산물유통구조의 현안과제

국내임산물의 유통과정상에서 나타난 문제점은 다음과 같이 국내재의 유통마진의 문제, 벌채업자들의 영세성으로 인한 문제, 그리고 생산이 체계적으로 수행되지 않고 있다는 것이다.

가. 국내재 유통마진

질이 낮은 저가의 국내재는 벌채생산비가 증가함에 따라 유통비용 비율이 상대적으로 커지고, 임목가가 하락되면서 수익률 저하로 연결되어 산주가 투자를 기피하고 있

다.

나. 별채업자의 영세성과 국내재 지속공급 가능성

소수의 수요자가 대량소비하는 국내재의 시장구조로 원목가격이 수요자에 의해 결정되고 있는 국내시장에서 별채사업자 주도로 별채재적을 목측에 의해 결정하는 비율이 84%에 이르러 임목가격결정의 투명성이 낮다.

별채사업자는 산림사업이 공공성이 크고 사업결과가 장기적으로 영향을 주기 때문에 생산성과 함께 신뢰할 수 있는 사업적 자질도 갖추어야 할 것이다. 그러나, 현재 사유림 등에서 활동하고 있는 별채사업자의 대부분이 특별한 자격증 소지의무가 없는 영세한 별채사업자가 대부분이다.

또한 별채사업자 별채물량 중 36%를 대량수요자에게 납품권을 가진 중간수집상에 의존하여 유통하고 있는 것도 별채사업자의 영세성에서 오는 구조적 취약성을 말해주고 있다. 이 때문에 기업적 사업운영이 되지 못하여 장비의 현대화나 생산성위주의 기술개발 부진으로 연결되고 있다. 별채사업자의 영세성은 또한 지속적으로 물량을 공급할 수 있는 능력이 떨어져 수요자에 대한 신뢰성이 떨어질 수밖에 없다. 실제로 국내재는 비슷한 용도를 가진 수입원목과 유통시장에서 경쟁할 때 국산재에 주어지는 세제혜택과 구입자에게 유리한 검량마진 등으로 수입재보다 뒤지는 제재수율, 제재능률, 대금지불조건 등을 상쇄하는 것으로 조사되고 있다. 그러나, 실제 거래가격은 수입재 가격의 80%선에서 머물고 있는 것은 소규모의 물량으로 지속적인 공급여부에 대한 불확실성 때문인 것으로 보고 있다.

다. 국내재의 산지일관생산체계 미비

무겁고 부피가 큰 원목 특성상 물류거리 단축이 유통비용 절감에 큰 효과를 준다. 국내재 원목가에서 물류비용 비율이 별채수종에 따라 26~40%로 대단히 높은 편이다. 따라서 물류거리가 짧은 생산·유통·가공의 일관생산체계를 확대하기 위해서는 국내재 가공업체의 입지는 소비지입지보다는 산지입지가 유리할 수밖에 없다. 우리나라의 국내재 가공단지는 산지입지보다는 소비지입지가 많다.

2. 유통구조사업 개선방향

유통구조에서 나타난 문제점들을 개선하기 위해서는 다음과 같은 사업들이 개선되어야만 한다.

가. 기업형 목상의 육성

난립되어 있는 영세한 별채사업자를 정리하고 기업형으로 육성할 필요가 있다. 이렇게 하여 건실한 사업자를 정리하고 육성하여 부실별채 관행을 청산하고 장비의 현대화와 인력 훈련지원으로 기술력을 향상시켜 나가야 할 것이다.

나. 국내재의 체계적 용도개발

국내재의 산주수취가율(山主受取價率)을 높이고 유통마진을 절감시켜 줄 수 있는 방안으로 국내재의 고부가가치 용도를 개발하여 국내재 원목의 시장가격을 높이는 것이다. 소경재는 대재화나 활용방안을 검토하고 또한 결점분산제거로 고급재화할 수 있는 구조용 집성재에 대한 성력화 가공기술연구개발사업도 중점적으로 지원해야 할 것이다.

3. 유통경로 가격분석

목상들의 영세성과 전문적인 지식의 부족으로 인해 비용체계가 비과학적인 방법인 목측과 같은 수단이 관행적으로 이루어지고 있기 때문에 정확한 계산의 산출이 어렵다. 또한 산지의 별채조건이 다양하여 일반적이고 보편타당한 계산법을 추출하기가 거의 불가능하다고 할 수 있다. 본 보고서에서는 보다 정확한 계산을 위해서 다수의 관계전문가(제재소 사장, 관련회사의 간부사원, 임업협동조합 간부 등)와의 면담을 통해 추정원가계산을 실시하였다.

가. 수입재 유통경로 분석

일반적인 외재 목재의 수입경로는 크게 2가지 경로로 구분할 수 있다. 첫째, 수출국→합판수입상(현지 벌채 포함)→합판회사의 경로이다. 둘째, 수출국→일반수입상→제재소→도·소매상→소비자의 유통경로이다.

우리나라에서는 합판수입상에 의해 수입된 원목은 합판 등의 제품을 생산하여 유통되고, 본 보고서에 관련된 원목은 일반수입상이나 방부처리 기업들에 의해 수입되어 상품생산을 위한 방부처리는 가압처리를 하는 전문기업체에서 하고 있다.

우리나라에서 수입하는 목재는 대부분 방부처리 되지 않는 원목이다. 수입목재 가운데 침엽수림은 약 70%정도 방부처리되어 상품화가 되고 있다.

나. 국내원목의 유통경로 분석(가압법)

가압법에 의한 방부처리를 하는 기업체에서는 방부처리되는 원목은 약 80% 직수입에 의하고 20%정도는 수입업자들의 조건 등에 의해서 구입을 결정한다. 위와 같은 방부처리를 하는 기업체에서는 약 98%정도 수입목재를 방부처리 한다. 위의 기업체에서 방부처리되는 나무는 미송이 약 30%, 뉴송이 약 50%, 기타 20%를 차지한다.

수입목재의 수입가격 (1999년 11월 현재 기준)은 미송이 167\$ (1m³ 당) = 623원 (사이 당, 환율 1\$=1120원)이고 뉴송이 62\$ (1m³ 당) = 231원 (사이 당, 환율 1\$=1120원)이다. 미송은 가격이 높아 수입량이 적고(약 10%), 뉴송은 가격이 낮아 수입량이 많다(90%). 따라서, 미송은 대개 특수고급가구생산에 사용되고, 뉴송은 건축자재로 주로 사용된다.

정부고시 방부처리 비용(가압법)은 사이당 174원이다(산림법 제54조 2항 산림청고시, 1999-8).

가압법에 의해 방부처리된 수입목재 비용(사이 당)은 다음과 같다.

- 미송 : 623원(수입가격) + 174원(방부처리 비용) = 797원
- 뉴송 : 231원(수입가격) + 174원(방부처리 비용) = 405원

제3절. 원가분석

1. 원구법 원가계산

방부처리의 새로운 기술인 원구법에 의한 방부처리에 소요되는 비용은 다음과 같이 계산되었다.

가. 추정표준원가 설정

원료와 주요 투입재 분석은 일반적으로 운전자금 추정에 필요한 기초자료를 제공하는 것으로 완제품의 판매수량과 시기에 초점을 맞추어 계산하였다. 본 연구의 원가계산은 소규모의 생산단위를 기준으로 산정하였다.

1) 표준재료비

재료비는 제조원가 중 중요한 부분을 차지하는 것으로 직접재료비에 대한 표준직접재료수량과 재료의 단위당 예상구입가격을 설정하였다.

2) 인건비

직접인건비 원가는 가격표준인 표준임률과 수량표준인 표준노동시간에 의해 설정되었다. 표준임률은 직접적인 임금뿐만 아니라 복리후생비와 노동자의 숙련 및 기술수준도 고려해야 하는데 간편한 산출을 위해 동일한 부서내에 있는 종업원에 대해서는 동일한 하나의 표준임률을 적용·설정하였다.

표준노동시간은 제품 1단위 생산에 소요되는 예상노동시간으로 산업공학적 연구인 시간연구와 동작연구를 기초로 하여 각 기본동작의 표준시간을 측정하여 계산해야 하나 본 경제성 분석에서는 작업단위별 예상투입량을 기준으로 사용하였다.

본 경제성 분석에서는 노무비 기준을 정부단가로 산출하였다.

3) 경비

경비는 제품의 제조를 위하여 소비된 제조원가 중 재료비, 노무비를 제외한 원가를 말하는 것으로서 조업도의 변동과 비례하여 증감하지 않은 것으로 계산을 하였다.

톱은 소모성 경비로 계산하여 감가상각율을 0.8%을 기준으로 계산하였다. 방부제 처리로 인한 환경오염을 예방하기 위한 시설물(가건물, 바닥포장, 받침판)을 설치하는 것을 고려하여 계산하였다

Table 3-1. First Process of Manufacture Cost

(Amount: in Won)

Item	Sub-item	Unit	Unitary Cost	Amount	Amount in Won	Total	Cost/ m ²	Totals	Reference
Manufacturing Cost of the First Process									
Material	Lumber	m ³	18,000	6	108,000	108,000	18,000	18,000	† 1
Labor Cost	Worker	Person	33,750	2	67,500	67,500	11,250	11,250	† 2
Other Expenses	Saw (depreciations)	Piece	600,000	0.0084	5,040		840	0	† 3
	Volatile Oil	ℓ	1,200	5.6	6,720		1,120	0	
	Engine Oil	ℓ	2,000	2.3	4,600		767	0	
	Meal	Meal	5,000	2	10,000		1,667	0	
	Glove	Pair	500	2	1,000	27,360	167	4,560	
Total						202,860		33,810	

Table 3-2. The Cost Sum of Deforesting Process and Antiseptic Injection Process
(Amount: in Won)

Manufacturing Costs of the Second Process									
Item	Sub-item	Unit	Unitary Cost	Standard in Determining Amount	Amount in Won	Total	Cost / m^3		
Previous Manufacturing Costs (Manufacturing Costs of the First Process)					202,860	202,860	33,810	33,810	
Material	Antiseptic	Kg	12,000		18,000	18,000	3,000	3,000	† 1
Labor Cost	Worker	Person	45,000	4	180,000	180,000	30,000	30,000	
Other Expenses	Shaft	m	3,000	100m*0.369 (year)/300	303		51		
	Glove	pair	500	4	2,000		333		
	Meal	meal	5,000	4	20,000		3,333		
	Temporary Building	Pyung	20		7,259		1,210		† 2
	Propping Equipment	m^2			6,760		1,127		† 3
	Rent	Pyung	20		8,000		1,333		† 4
	Funnel	Piece	60		12,960	57,282	2,160	9,547	† 5
Manufacturing Costs of the Second Process					255,282	255,282	42,547	42,547	
Total Costs					458,142	458,142	76,357	76,357	

†1	Antiseptic	kg	12,000	30sai(1log) Antiseptic Needed/0.25kg*10%(원액희석비율) Daily Amount of Work/60logs(6m ³) Amount need for a day/0.25*10%*60logs	18,000
†2	Temporary Building	Pyung	300,000	20(Ball constructions)	6,000,000
	Floor Paving	m ³	45,000	12 m ³ (Width 20cm*20Pyung)	540,000
	Total				6,540,000
	Year of Use		Three Years(Straight Line Depreciation Method/Rate of Depreciation0.333)		
Daily Depreciation		Total Amount Needed*0.333/300 Days			7,259
†3	Propping Plate	Piece(Width 1.2mm)	26,000	28 Pieces(Amount needed for 14 Pyung/2 Pieces for Pyung)	728,000
	Propping Part			Angles for Propping etc.	500,000
	Wage	Day	200,000	4 Days Needed(Welding etc.)	800,000
	Total				2,028,000
	Year of Use		1 Year(300 Days)		
Daily Depreciation		Total Amount Needed/300 Days			6,760
†4	Rent	Pyung	20	120 thousand Won/Yearly Rent per Pyung	2,400,000
	Daily Rent			Yearly Rent/300 Days	8,000
†5	Stainless Pipe	m (External Diameter15.8 cm)	12	12000	144,000
	Processing Cost	Unit (Height 20cm)	60	3000	180,000
	Total				324,000
	Daily Depreciation		Period of Use/1 Month(25 Days)		

2. 가압법 원가계산

정부가 고시한 기존의 방부처리 방법인 가압법에 의해 계산된 방부처리 원가는 다음과 같다(산림법 제54조 2항 산림청 고시(1999-8))

H3 기준에 맞춘 방부처리 원가 :

1m³ = 52,200원(일반관리비+경비+재료비 등 포함)
--

제4절. 가압처리방식과의 경제성 비교분석

1. 원구법과 가압법의 원가비교

기존의 가압법에 의한 방부처리 원가와 새로운 원구법에 의한 방부처리 원가를 비교하여 보면 다음과 같다. 원구법에 의한 방부처리 원가는 Table 3-2에서 계산된 것처럼 42,547원이며, 가압법에 의한 방부처리 원가는 52,200원으로, 산지에서 소규모로 처리할 수 있는 원구법이 가압법에 비해 약 9,653원 정도 저렴한 것으로 밝혀졌다.

가. 국내원목의 유통경로 분석(가압법)

가압법에 의해 방부처리를 하는 기업체에서는 방부처리되는 원목은 약 80% 직수입에 의존하고 20%정도는 수입업자들의 조건 등에 의해서 구입을 결정한다. 위와 같은 방부처리를 하는 기업체에서는 약 98%정도 수입목재를 방부처리 한다. 위의 기업체에서 방부처리되는 나무는 미송이 약 30%, 뉴송이 약 50%, 기타 20% 차지한다.

수입목재의 수입가격 (1999년 11월 현재 기준)은 다음과 같다.

· 미송 : 167\$ (1m³ 당) = 623원 (사이 당, 환율 1\$=1120원)

· 뉴송 : 62\$ (1m³ 당) = 231원 (사이 당, 환율 1\$=1120원)

위에서 본 바와 같이 미송은 가격이 비싸 수입량이 적고(약 10%), 뉴송은 가격이 낮아 수입량이 많다(90%). 따라서, 미송은 대개 특수고급가구생산에 사용되고, 뉴송은 건축자재로 주로 사용된다. 가압법에 의한 방부처리비용은 사이당 174원 (사이당) (산림법 제54조 2항 산림청 고시, 1999-8), 따라서 가압법에 의해서 방부처리된 수입목재 비용 (사이 당)은 다음과 같다.

- 미송 : 623원(수입가격) + 174원(방부처리 비용) = 797원

- 뉴송 : 231원(수입가격) + 174원(방부처리 비용) = 405원

나. 산지에서의 방부처리 비용 (원구법)

산지에서 원구법으로 방부처리된 비용의 결과는 다음과 같다.

산지 목재비용 : 113원 (사이 당 : $202,860 \div 1,800$ 사이 \approx 113원) (표 1 참조)

방부처리 비용 : 142원 (사이 당 : $255,282 \div 1,800$ 사이 \approx 142원) (표 2 참조)

방부처리된 산지목재 비용 (사이 당) = 113원 + 142원 = 255원

2. 경제성 평가

본 사업(원구법에 의한 방부처리기술)은 국내산 목재가 수입목재보다 저렴하고 또한 산지에서 소규모로 생산할 수 있기 때문에 가격경쟁력도 있지만, 身土不二에 대한 우리나라 국민들의 정서가 있기 때문에 국내산에 대한 선호도가 높은 편이어서 사업성이 좋을 것으로 평가된다. 하지만, 국내산 원목가격이 저렴한 이유는 국산재의 형질이 수입재와 경쟁할 수 없는 열 등재이기 때문이다. 이런 열등재의 국내산 원목이 고부가가치를 향상시킬 수 있도록 차별화된 상품화계획이 수립된다면 높은 경제성을 갖출 수 있을 것이다. 현재 우리나라 육림사업에서의 문제점은 국내산의 질적 저하와 채산성 악화이고, 이것을 해결하기 위한 방법이 간벌사업이다. 간벌사업의 경제적 어려움을 극복하고 우량대경재를 육성하려면 간벌재의 고부가가치 이용이 가장 유리한 방안이다. 본 사업에서는 비경제적인 소경목을 활용할 수 있는 방안을 모색하기 위해 원구법에 의한 방부처리기술을 개발하였다. 물론 대경목에 원구법에 의한 방부처리가 가능하여 고급 목재로 활용할 수 있어 고부가가치 제품을 경제적인 생산도 가능하다.

원구법은 소규모로 간편하게 좁은 공간에서도 활용가능하기 때문에 간벌재와 같은 비경제적인 소경목 활용방안에 적합한 기술이다. 간벌재를 고부가가치 상품으로 전환하기 위해서는 간벌이 필요한 곳에 원구법에 의한 방부처리시설을 구비하여 간벌재를 방부처리하고, 방부처리된 목재는 인근 도시에서 제품으로 생산할 수 있는 지속적인 공급체계를 구축할 필요가 있다. 또한 방부처리된 간벌재 가공제품이 경제성 및

경쟁력을 갖추기 위해서는 중대경제와 경합이 적고 목재의 가공도가 낮은 용도개발에 주력해야 한다. 소규모로 산지에서 저렴하고 간편한 시설로 할 수 있는 원구법을 이용한 방부처리기술은 우리 임산물 유통구조의 문제를 해결할 수 있는 방안인 국내재의 산지일관생산체계를 갖출 수 있는 물류거리를 단축하기 위한 생산·유통·가공의 일관생산체계 구축에 필요한 가공업체의 산지입지에 원구법이 안성마춤일 것이다. 따라서 원구법에 의한 방부처리기술은 다양하게 활용될 수 있기 때문에 경제성이 매우 높은 것으로 판단된다.

제5절. 대체효과분석

1. 수입재 대체효과

가. 국내 목재수요 현황

국내 목재수요는 크게 내수용과 수출용으로 나눌 수 있다. '98년 국내 목재의 총 소비량은 내수용으로 총 소비량의 90%를 차지하는 19,548천㎥, 수출용으로 총 소비량의 10%를 차지하는 533천㎥, 합하여 20,081천㎥이었다. 이것은 '97년에 비해 약 24%가 감소한 실적이다. 98년 목재수요에 대한 공급은 주로 수입재에 의존하고 있다. 98년의 목재공급은 수입재가 18,653천㎥로 93%를 점유하고 있으며, 국내재는 1,428천㎥로 총 공급량의 7%를 차지해 전년보다 약 3%가 증가한 실적을 나타내고 있다. 98년의 목재소비 형태를 용도별로 살펴보면, 제재 및 목가공이용이 9,554천㎥로 약 48%를 점하여 가장 높은 점유율을 나타내고 있으며, 다음으로 펄프용 7,355천㎥, 합판용 2,143천㎥, 갱목용 순이었다. 국내재의 총생산(소비)량 1,428천㎥의 용도별 공급형태는 제재 및 가공용으로 495천㎥, 보드용으로 417천㎥, 펄프용으로 406천㎥, 갱목용으로 110천㎥이 제공된 것으로 나타났다. 또한, 98년 수입재의 총 공급량 18,653천㎥의 공급형태는 수입목제품이 14,283천㎥로 수입재의 77%를, 수입원목이 4,370천㎥로 23%를 차지하고 있다. 98년 목재 총공급량 중 원목형태 공급은 5,798천㎥(국내재 1,428천㎥, 수입재 4,370천㎥)로 총 공급(수요)의 29%를 차지하고 있으며, 목제품 형태는

14,283천㎡로 약 71%를 점유하고 있다.

나. 대체효과

목재수급현황을 살펴보면, 국내 목재 자급율이 7% 밖에 되지 않는다. 특히 제재 및 목가공용 자급율은 5%로 아주 미약한 실정이다. 건축용 제재가설재의 수용시장(약 256만 m³)을 50%까지 산지 보존처리 소경재로 대체한다면 약 1000억 이상의 보존처리 비용 절감효과 뿐만 아니라 수입대체효과도 상당히 크다고 할 수 있다. 총 산림휴양 활동은 94년 89,163천명에서 2005년에는 116,256천명으로 연평균 2.13%씩 증가할 것으로 예측되고 있다. 특히 스키, 수렵 등 특정활동도 소득 및 여가시간의 증가와 함께 참여기회가 크게 증가할 것으로 기대된다. 2007년까지 총 363개소의 자연휴양림, 산림욕장, 숲속수련장, 산림박물관, 수목원의 조성 및 시설확충이 이루어질 것으로 계획되고 있다. 이중 산림박물관과 수목원은 각 지방자치단체마다 1개소씩 조성을 목표로 하고 있다. 따라서 앞으로 보존처리 목재의 수요는 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 현재 이러한 용도의 보존처리에 사용되는 목재의 거의 전량을 외국에서 수입하고 있으므로 이를 국산 소경재나 미이용 활엽수재로 대체한다면 수입대체효과에 따른 외화의 절약은 물론 영세 산주와 산촌 주민들의 단기소득 증대 및 간벌을 증대효과를 기대할 수 있다. 1998년 건축분야의 수주액을 살펴보면, 주택이 10조원, 사무실 및 점포가 2조 3천억원, 공장 및 창고가 5천억 정도로 나타나고 있다. 특히 주택 건축에서 최근 전원주택으로 통나무집이나 목조주택의 보급이 급증하고 있어, 수입 대체효과가 높을 것으로 예상되고 있다.

2. 타 재료와의 대체효과분석

자재별 건축허가면적을 살펴보면 철근 및 철골조가 91.6%, 연와 및 석조가 3.7%, 목조가 0.22%, 기타가 4.4%로 나타나고 있다. 철근 및 철골조가 전체 건축허가면적에 90%를 넘어 국내 건축자재에 상당히 많은 부분을 차지하고 있다. 목조 건축자재 활용은 전체의 0.22%로 매우 미약한 수준이다. 1993년도 보존처리 조경시설재의 국내사용

량은 48,640m³으로서, 목재자원이 풍부한 뉴질랜드의 1/250, 미국과 스웨덴의 1/50정도에 불과하다. 그러나 환경친화적 주택(통나무집, 목조주택)에 대한 수요가 증가하고 있고, 자연환경과 어울어진 농가민박마을, 농어촌 휴양단지, 관광농원 등에 대한 조성도 증가하고 있어 보존처리목재에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다. 이러한 수요의 증가로 수입목재에 대한 대체효과가 높을 것으로 전망된다. 국산소경재의 이용도를 극대화하여 통나무집용(어린이 놀이시설) 원주목과 각종건축자재인 루바재, 몰딩재, 사이딩재, 그리고 가구용집성재 등을 대체할 수 있다.

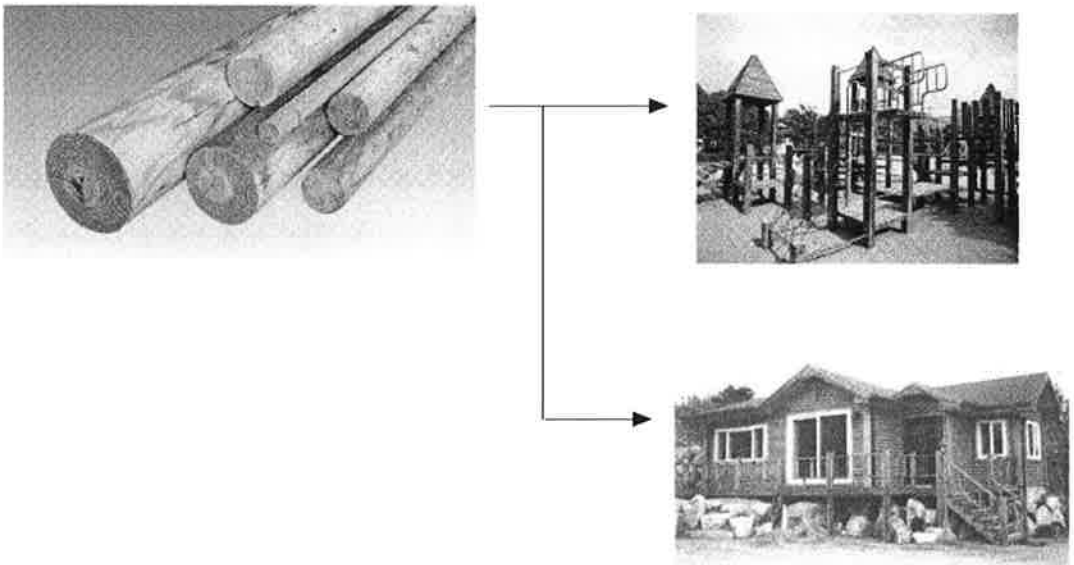


Fig. 3-1. Institution Material Application

21세기는 정보통신 산업의 발달로 재택근무의 형태가 더욱 활성화 될 것이며, 주택의 소유개념이 생활공간으로서의 주택으로 변해갈 것입니다. 이에 21세기 새로운 주거문화가 제시되면서 자연과 인간, 도시와 농촌, 개발과 보존의 조화를 통한 전원주택이 선호되고 있으며 특히 목조주택은 이미 90년대 들어 상당히 일반화 되었고 그 수요 또한 눈에 띄는 정도로 빠르게 늘고 있는 추세임.

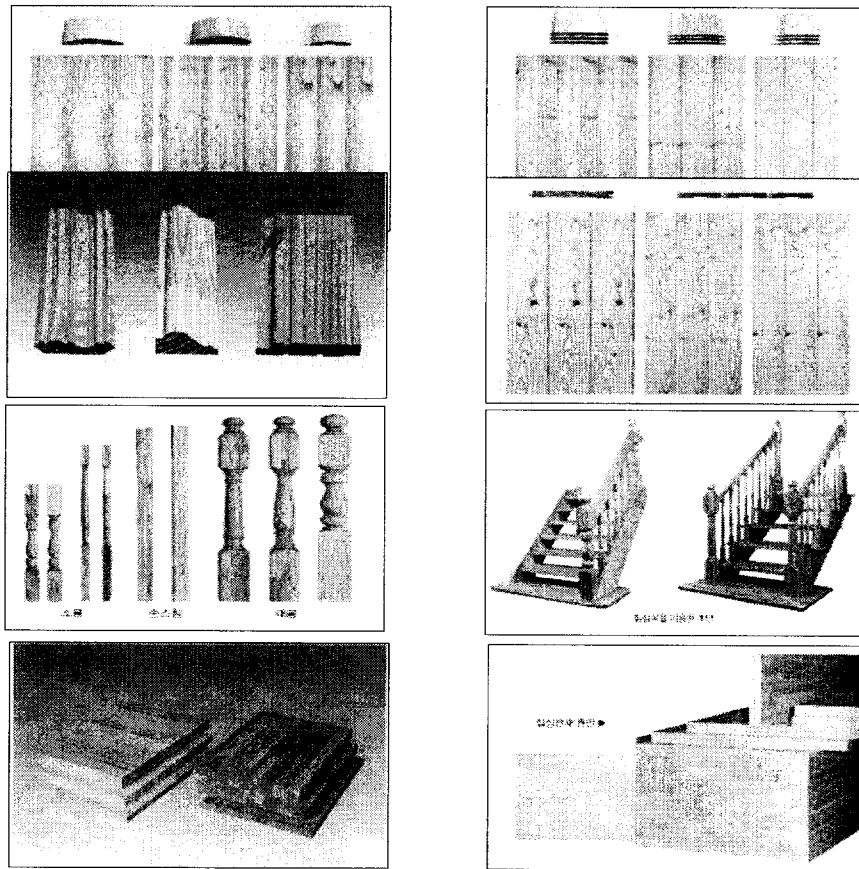


Fig. 3-2. Substitutorial Construction Material

3. 심리적 · 환경적 요인 분석

목재건물 및 목재를 이용한 시설물들은 산업화에 따른 콘크리트건물에서 삭막하게 변하는 인간성 상실을 어느 정도 예방도 가능하기 때문에 이것을 정량적으로 산출을 할 수는 없지만 직·간접적으로 많은 공헌이 있을 것으로 기대된다. 환경친화적 레저 산업단지를 조성하고, 보존처리목재로 자연경관과 어울어진 농가민박마을, 농어촌 휴양단지, 관광농원 등을 조성하면 외국인관광객 유치를 촉진할 수 있어 부가적인 경제 효과를 기대할 수 있다. 또한 산촌민의 삶의 질 향상 및 정착의식 향상, 이농현

상 예방 및 귀농에도 기여에도 도움이 될 것으로 전망된다. 자연 친화적 재료인 목재의 사용으로 인한 심리적 안정감 향상 및 목재문화에 대한 재평가를 기대할 수 있다. 산촌주민 또는 그들의 협업경영체가 직접 간벌 소경재나 미(저)이용 활엽수재를 보존처리하여 고부가로 판매한다면 직접적으로 임업인들의 소득증대가 기대된다. 목공예 생산 등과 같은 소경재 활용분야에 종사할 수 있는 고용창출 효과도 높을 것으로 전망된다. 소비자들이 산업발전과정에서 나타나는 환경변화로 자연친화적인 삶을 지향하고 있어 목재에 대한 수요(예, 목조건물 등)는 급속히 증대되고 있는 실정이다.

제6절. 결론

세계적인 산림환경보존 운동이 확산되고 산림자원이 감소되어감에 따라 목재가격은 상승될 것으로 전망된다. 국내 목재자원 육성의 긴급성과 당위성이 한층 높아지고 있으나, 국내산 목재가격이 노동력 부족과 생산비 상승으로 목재생산의 채산성이 오히려 떨어지고 있는 실정이다.

국내산 원목의 채산성을 개선시키기 위해서는 간벌 등 집중적인 육림사업을 전개해야만 한다. 그러나 간벌사업은 기본적으로 수익사업이 아니라 목재의 질적, 양적 증대를 위한 산림투자사업이기 때문에 확고한 비전과 산림경영목표가 없으면 활성화가 쉽지 않을 것이다.

간벌재를 고부가가치로 이용하기 위해서는 첫째, 간벌재 가공제품의 상품성 제고 둘째, 간벌재 가공제품의 경제성 셋째, 간벌재의 활용방안 모색 등이 이루어져야한다. 이렇게 고부가가치를 증대시키기 위한 방안으로 비경제적 목재를 방부처리하는 것이다.

본 연구의 결과를 보면 방부처리를 위해 대량생산을 기반으로 하는 가압법보다 소규모 생산도 가능한 원구법이 훨씬 원가가 낮아 방부처리 목재의 활용도에 따라 많은 잠재시장을 개척할 수 있을 것이다.

단기적으로는 국민의 생활수준 향상과 레저산업의 발달에 따라 수요가 증가하고 있는 통나무집과 자연휴양림 등의 목재 조경시설물의 원자재를 수입목재에서 국산 목재로 대체함으로써 국제수지를 개선할 수 있을 것이다. 이와 동시에 국산간벌재 및 미(저)이용 목재의 고부가가치 이용방안이 개발되면 산촌의 농외소득 증대와 함께 고용창출 효과도 발생하여 산촌경제가 활성화되고 또한 부수적으로 인구분산정책이 자연스럽게 달성될 수 있을 것이다.

장기적으로 보면 국산재의 가공용 수요가 증대되어 적기 간벌이 촉진됨으로써 국내 산림의 질을 향상시킬 것이다. 그리고 보존처리목재로 자연경관과 어울어진 농가 민박마을, 농어촌 휴양단지, 관광농원 등을 조성하면 국내외 관광객을 유치하는 부수적인 경제효과도 기대할 수 있다.

본 사업이 성공하기 위한 관건은 방부처리된 원목과 그 원목으로 상품화 할 수 있는 기업, 그리고 수요처를 연결할 수 있는 정보네트워크 구축이 필요하고, 또한 이러한 네트워크를 이용하는 네트워크 구성간의 전략적 제휴가 수행되어야 한다.