

**농촌종합개발을 위한 친환경  
소재 · 공법의 품질, 내구성 및  
안정성에 관한 연구(최종)**

**A Study on the Property, Durability and  
Stability of Environmental Materials and  
Construction Methods for Rural Development**

2006. 12.



**농 립 부**



**한국농촌공사**

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “농촌종합개발을 위한 친환경 소재·공법의 품질 내구성 및 안정성에 관한 연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

2006년 12월

연구기관명 : 농업기반공사  
농어촌연구원

책임연구원 김 관 호

연구원 이 강 열

조 영 권

김 영 화

김 명 원

이 준 구

여 백

# 요 약 문

여 백

# 요 약 문

1. 과 제 명 : 농촌종합개발을 위한 친환경 소재·공법의 품질, 내구성 및 안정성에 관한 연구

2. 연구기간 : 2005년 6월 ~ 2006년 12월 (총 2년 중 2년차)

## 3. 연구의 필요성 및 목적

### 3.1 연구의 필요성

- 최근 환경문제가 사회적으로 크게 대두되면서 인간 활동의 편의성과 삶의 질 적인 향상을 요구하게 되었고 “농림어업인 삶의 질 향상 및 농산어촌 지역개발 촉진에 관한 특별법”이 제정되어 그동안 기능위주로 추진되어 오던 생산기반 정비사업을 보다 친환경적으로 전환하여 기반시설로서의 공익적 기능을 살리면서 지역의 특성이 고려된 효율적인 친환경 정비 방안 필요
- 우리나라의 경우 수리시설의 건설 및 관리는 용수 확보 및 이수·치수에 기능이 많이 강조되었지만 21세기부터는 생산기반시설에서 친환경 경제·사회구조로 변모하면서 친환경적 개념을 도입하여 설계 및 시공이 시범적으로 이루어지고 있음. 그러나 체계적이며 이론적인 근거가 부족한 형편에서 시행되고 있으며 지역의 특수성과 목적에 부합되는 소재와 공법의 선택이 합리적으로 적용되지 못하고 있는 실정이어서 친환경 사업종료 후 오히려 주변의 생태환경에 역효과를 가져오거나 시설물의 조기노후화 등 안전성 문제가 발생
- 농촌종합개발을 위한 수리시설물을 친환경적으로 정비하는데 있어서 공학적 안정성을 유지하면서 지역의 생태계 보전과 지역주민들의 농촌다움을 향상 시킬 수 있는 지역특성에 적합한 환경친화적 정비방안 필요
- 공학적 안정성에 대한 검증이 이루어지지 못한 기존의 친환경적 공법들을 대상으로 공학적 거동을 파악하여 친환경적 공법의 적용에 따른 용배수로의 통수능력 저하 및 수로의 안정성 등 기술적 문제점을 해결한 새로운 개보수 기술의 개발이 요구됨.
- 수리시설물을 환경친화적으로 정비하는데 있어서 시공비를 절감할 수 있

는 공법의 개발이 필수적이라고 판단되며, 이를 위하여 공법의 표준화 및 경제성이 있는 시공재료의 개발 등을 통한 비용절감이 절실히 요청되고 있음.

- 기존에 시행된 친환경적 정비사업들은 공법 및 시공재료가 다양하지 못한 이유로 해서 지역적 특성이 무시된 획일적인 공법을 적용함으로써 사업에 대한 지역주민들의 호응을 얻지 못하고 있으므로 지역주민들의 지속적인 참여와 관심을 유도할 수 있는 사업이 되기 위해서는 지역의 문화적, 사회적, 역사적 특성이 충분히 고려됨과 동시에 보다 다양한 공법과 재료를 이용한 설계 필요
- 농촌마을종합개발, 농촌관광개발사업에 필수적인 친환경 소재나 공법이 무수히 많으나 특성·품질 등이 검증되지 않고 사용하고 있어 수명 단기화로 막대한 국고 및 과도한 유지관리비 소요되고 있는 실정임. 이러한 소재들의 국가 공인 기관의 검증 필요

### 3.2 연구의 목적

- 친환경적 정비와 관련된 국내외 설계 및 시공기술 자료의 수집과 현장사례조사, 친환경적인 기술이 적용된 지역에 대한 자료조사 및 분석을 통하여 농촌종합개발의 친환경적 정비기술 구축과 친환경 공법·제품에 대한 품질기준(안) 개발을 목적으로 함.
- 전문성이 부족한 농촌주민이나 농촌개발사업시행자는 농촌(마을)개발계획에 포함된 소재나 공법의 친환경성 여부 및 적합성을 판단할 수 없어 농촌종합(관광)개발사업에 접근이 어려움. 따라서 친환경 소재나 공법에 품질·기술에 많은 전문성이 포함되어 있으므로 국가공인 기관의 검증 결과를 DB 구축
- 친환경 소재나 공법 기술을 보유한 업체가 수도권에 편중되어 있어 지방의 농촌공간에 거주하는 농촌주민이나 계획입안자 또는 설계자의 정보 접근이 곤란하여 제한적인 친환경소재 및 공법만 알고 있을 뿐 다양한 정보(경제성,시공성, 사용수명)등을 취득할 수 없어 농촌개발의 효율성 저하. 이러한 점을 해결하기 위하여 친환경 소재·공법의 특성, 품질, 내구성에 대한 공인기관의 검증 결과를 토대로 구축한 데이터베이스를 인터넷상에서 쉽게 접근할 수 있도록 웹기반 시스템 구축

### 3.3 연차별 연구개발내용 및 범위

#### 1차년도(2005년)

- 농촌개발용 친환경 소재·공법의 현장실태 및 문제점 분석
  - 기존 농촌마을종합(관광)개발에 사용되는 친환경 소재 및 공법 현장 실태 조사 및 분석
  - 친환경소재·공법에 대한 국내외 자료수집 및 분석
  - 소재·공법 종류, 비용, 특성, 품질, 내구성 자료 수집
  - 소재·공법을 적용한 실제 사례조사 등으로 모니터링 분석
  - 선진지에서의 농촌개발 친환경소재·공법의 실태조사 및 분석
  
- 친환경 소재의 주변공간 정비기술 구축
  - 조사·분석한 농촌마을종합(관광)개발용 친환경 소재·공법 품질시험 평가
  - 외관 및 치수, 강도, 동결융해 시험 등
  
- 농촌개발용 친환경 소재·공법의 특성 D/B구축
  - 기존 친환경 소재·공법의 자료 D/B 구축
  - 콘크리트 식생 블록계, 식생기반재계, 목재계, 자연석재계 자료 D/B 구축
  - 품질 및 내구성 평가 결과에 따른 품질기준 D/B 구축 시스템 개발

#### 2차년도(2006년)

- 친환경소재의 평가 및 체계화
  - 조사·분석한 농촌마을종합(관광)개발용 친환경 소재·공법 품질시험 평가
  
- 친환경 소재의 주변공간 정비기술 구축
  - 정비대상지구의 지역적 조건을 고려한 정비 기준(안)제시
  
- 농촌개발용 친환경 소재·공법의 웹 D/B구축
  - 조사·분석한 농촌마을종합(관광)개발용 친환경 소재·공법 품질시험 평가 D/B구축
  - 농촌주민이나 계획입안자 또는 설계자가 친환경 소재 및 공법의 정보를 인터넷 D/B에서 필요한 정보를 공유할수 있도록 D/B구축



□ 농촌개발용 친환경 소재·공법 품질관리 기준안 제정

○ 품질 및 내구성 평가 결과에 따른 품질기준(안) 정립

□ 농촌개발용 친환경 소재·공법의 웹 시스템 개발

○ 친환경 소재·공법의 인터넷 웹기반 검색 및 입력 시스템 개발

### 3.4 연구결과

○ 농촌개발용 친환경 소재 공법을 적용할 경우 내구성 및 구조적 안정성 확보를 원칙으로 하고 이와 함께 제품의 형상에 있어서는 주변 경관과 어울리는 색상과 모양이어야 하고, 시공성이 우수하여야 함. 국내에서 생산·제조·시공되고 있는 친환경소재에 대한 소재 및 공법에 대한 자료 조사 결과를 분석하였다.

○ 일본에서의 농촌환경정비사업의 개념은 생활환경사업과 생산기반정비사업 시 농촌생태계 보전, 경관, 생물 재생을 고려하여 정부에서 계획수립을 실시하고 있었으며 주민과의 동의협의를 제일 중요하게 생각하고 있었다.

○ 친환경 소재 및 공법은 기존의 치수, 이수 중심의 획일적인 정비 관념에서 탈피하여 자연재생 및 수생 식물이 서식할 수 있도록 기능회복, 생태계 보전 및 경관성을 개선하기 위하여 적용된다. 또한 유속, 수심 등 유수의 특성, 하상경사, 하상토의 재료 등을 고려하여 공법의 종류, 사용재료 및 조합 방식 등이 결정되어야 할 것으로 분석되었다.

○ 친환경소재의 품질, 안정성 및 내구성을 평가하여 체계화 하기 위하여 콘크리트 식생블럭계, 식생기반재계, 목재계, 자연석계로 크게 나누어 품질시험과 내구성 및 안정성에 관하여 평가하였으며 평가방법으로는 친환경 소재를 객관적으로 평가하기 위하여 KS 기준을 사용하였다.

○ 친환경 제품의 합격제품은 본 연구에서 제시한 친환경소재에 대한 품질기준(안)에 따라 납품시 검사시험성적서와 합격제품을 함께 발주자에 납품하고 발주자는 검사시험성적서, 합격표시, 외관상 결함 유무, 제품표면의 제조식별문 등을 확인 후 현장에 반입을 허용하는 방안으로 하여야 할 것이다.

○ 콘크리트 식생블럭계의 제품은 재료 및 제조에 관한 품질기준안을 정립하였다. 양생은 제품 출하시에 소요 강도를 얻을 수 있도록 하기 위하여 1차 실내 양생은 500도시<sup>(8)</sup>를 표준으로 하였으며 물-시멘트비는 20 ~ 30 %의

범위를 제시하였다. 그리고 흡수율은 10 %이내이고 내구성에 관하여는 동결 용해 시험후 동결용해시험 전 중량의 30 % 이내의 범위가 적정하다고 판단 된다.

○ 식생기반재의 품질관리는 친환경성을 확보하기 위해서는 pH가 5 ~ 8 이 내의 범위에 들어야하며 검사는 겉모양과 식생의 활착기간을 제시하였다.

○ 목재계의 품질기준은 특히 물과 많이 접하는 곳에 사용할 경우 흡수율은 25 % 이내에 들어야 하며 목재의 섬유방향으로 구조물을 시공설치 해야 할 것으로 나타났다. 또한 KS 기준에 제시된 목재의 사용 환경 범주와 목재의 방부처리 과정 등을 시험성적서를 통하여 현장에 반입 되기 전에 확인해야 할 것으로 판단된다.

○ 친환경 소재 및 공법을 적용한 지구에 친환경 공법별 유지관리 상태를 점검하는 것을 목적으로 모니터링을 실시하여 문제점 및 개선방안을 검토하고 친수공간 형성, 홍수방지 역할, 생태계복원 등의 기능을 분석하였다.

○ 환경과의 조화를 배려한 농업생산기반 시설물의 수리설계는 계획최대수량을 안전하게 송수할 수 있는지의 기능 발휘 문제와 최대빈도유량, 최소유량 즉 비관개시기의 수량 등의 유량에 대하여 생물의 생식·생육에 적당한 수심, 유속을 확보할 수 있는가 라는 관점에서부터 수로의 종단면 및 횡단면의 규모·형상·구조에 관하여 검토하여야 할 것으로 조사되었다.

○ 식생의 관리에 있어서는 관행적으로 행하여지는 자연발달의 천이과정에 맡겨두는 것도 한 방법이지만 대부분 경작지에 인접한 용배수로의 위치와 그 기능을 고려하여 일년에 최소한 1 ~ 2회 정도의 벌채를 통한 관리가 필요한 것으로 조사되었다.

○ 시공시 식재하였던 수종들의 대부분이 토착수종들에 의하여 피압된 점은 시공 후 최소한 1 ~ 2년 동안은 목적수종의 활착을 위한 인위적인 관리가 필요할 것으로 나타났다.

○ 식생이 복원된 수로를 장기적으로 방치하게 되면 수로 둑 주위에 수목이 유입되어 성장하게 되어 홍수시 유수의 소통에 지장을 초래하기 때문에 주기적인 벌채나 간벌이 필요하다고 분석되었다.

○ 수로 둑에 식재된 나무류는 근원부에서 잘라도 맹아가 발생하여 3년정도에 원상을 회복할 수 있지만 일시에 모든 수목을 제거하면 야생동물 서식지 및 경관의 측면에서 부작용이 크기 때문에 3년 주기로 윤벌 계획을 수립하여 매년 1/3을 벌채하는 방법을 이용하거나 솎아내기와 같은 간벌 형식의 관리가 필요하다고 조사되었다.

○ 설계, 시공시 친환경성과 아울러 유지관리의 편의성을 고려한 공법의 도입이 필요하고 사후관리의 주체선정과 적절한 관리방안의 정립이 시급하며 가능하다면 수혜자인 주민의 자발적 참여가 필요하고 친수시설의 위치 선정시 이용객의 접근성과 주 거주지에서의 거리를 고려하여야 시설의 활용도와 관리상의 편의성을 높여야 할 것으로 조사되었다.

○ 친환경 소재공법 사례분석을 통하여 기본적인 인자를 조사 분석하였으며 자료구축을 위한 데이터베이스와 기본 사용자 환경을 설계하였다.

○ 친환경시공 공법자료로부터 데이터베이스 시스템의 개발을 위하여 자료분석을 실시하였다. 농촌종합개발의 친환경적 개발의 방법론으로 도입되고 있는 방법들에 관하여 체계적 관리와 운영을 목적으로 관계형 데이터베이스 기반의 자료구축 기반을 제공하였다.

○ 각 공법들의 소재에 대한 품질시험 결과의 표준화와 신규 도입공법의 타당성을 결정과정 지원을 위한 평가 기법으로 다중검색 결과를 토대로 하는 최적검색 모델개발을 위하여 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 및 품질관리평가결과와 설계기준과의 관계를 정립하여 소재-구조물의 조합에 대한 설계기준을 활용하였다.

○ 사용자가 해당구조물의 설치를 위하여 구축된 사진 DB 및 공법 자료의 신뢰도 평가를 통하여 향후 실무자가 적절한 수준의 공법과 소재를 선정할 수 있도록 하여야 할 것이다. 웹기반의 환경에 친숙한 사용자가 데이터베이스를 쉽게 사용할 수 있도록 매뉴얼과 품질기준과 설계기준 항목 개선에 따른 유지관리를 편리하게 하였다.(<http://rri.ekr.or.kr>)

# SUMMARY

여 백

# SUMMARY

## 1. Title

A Study on the Property, Durability and Stability of Environmental Materials and Construction Methods for Rural Development

## 2. Research Period

2005. 6. ~ 2006. 12. ( Last year in total research period(2 years) )

## 3. Backgrounds and Objectives

### 3.1 Backgrounds

Recently, the environment problems are risen to social problems. People have requested the convenience of a human activity and the enhancement of a human quality. The facility was, however, emphasized on the acquisition and treatment of water with the construction and maintenance of a irrigation and drainage structure. The concept of an environmental friendship has been introduced to change our society structure to an environment friendship at 21th century. But the concept lacks theoretical and systematic foundation.

The materials and construction methods are not suitable at the purpose and the characteristics of the development. The opposite effects have been brought at the ecosystem when the environment friendship business are terminated. For example, the infrastructure are deteriorated by the durability problem at the early stage in use. The irrigation and drainage structure are put for the environment friendship to maintain an engineering stability and to preserve the ecosystem of the rural circumstance. The environment friendship maintenance plan has to be made for people who want to have amenity. There is no verification

about an engineering stability to understand the engineering conduct with current environment friendship methods. We will make effort to apply those methods for improving the capability of irrigation and drainage canal and solving the stability technical problem.

Irrigation and drainage structure will be put to environment friendship. It would be essential to develop the construction methods to reduce the construction expenses. Standardization has to be set up for environment friendship construction methods. New materials for construction should be developed with the economical efficiency.

Construction methods and materials for environment friendship could not be various up to recently. Uniform methods and materials for construction were carried out in public works. So the inhabitant would not have given the hailing to the works. The inhabitant must be induced to be interested in the works. A planner must consider the historical, social and cultural characteristic of environment friendship works sufficiently. A designer has to used various construction methods and new materials in the works.

There are so many materials and construction methods, recently. But all the materials and methods could not be verified in an official test center. Great national expenditure and maintenance cost have been wasted due to a short-term life cycle. The materials and construction methods for environment friendship should be sure to be verified by a licensed test center.

### **3.2 Objectives**

○ The maintenance technique, concrete products and construction methods will be made to be an environment friendship. The standards for environment friendship will be presented.

○ The professional skill is included much with an environment friendship materials and construction methods. DB would be constructed with the verified result from a licensed test center.

- Web Sever System should be constructed in world wide web so that anybody who want to know the materials and construction methods can access the data base easily.

### **3.3 Contents and Conclusions**

Analysis of the materials and construction methods for the environment friendship

- To investigate and analyze the existing materials and construction methods for environment friendship.
- To collect and analyze the internal and external data and information.
- To gather the data for materials, construction methods, cost, characteristics, qualities and durabilities.
- To analyze the problem from the construction field that apply the materials and construction methods for environment friendship.

Establishment for the technique to put the waterside space with the materials for environment friendship.

- To evaluate the characteristics of materials for environment friendship; the external appearance, the size, the strength and the durability qualities, etc.

Settlement of the DB for the materials and construction methods for environment friendship.

- To construct the DB of the existing materials and construction methods for environment friendship
- To settle the DB from the test results for the characteristics of materials for environment friendship.



여 백

# 목 차

1. 서 론 .....	3
1.1 연구의 필요성 .....	3
1.2 연구의 목적 .....	4
1.3 연구개발 내용 및 범위 .....	4
2. 농촌개발용 친환경 소재·공법의 자료조사 .....	9
2.1 친환경 소재·공법 및 특성, 품질, 내구성 자료 분석 .....	9
2.2 친환경 소재·공법지구 생태복원 모니터링 분석 .....	29
2.3 선진국에서의 친환경 소재·공법의 실태조사 및 분석 .....	36
3. 친환경 소재의 품질, 안정성, 내구성 평가 및 체계화 .....	57
3.1 친환경소재의 평가관련 KS 규정 .....	57
3.2 친환경 소재의 품질 기준 .....	60
3.3 품질, 내구성 및 안정성 평가 및 체계화 .....	68
3.4 친환경 소재·공법 설계 기준(안) 정립 .....	133
4. 친환경 소재의 주변 공간 정비기술 구축 .....	149
4.1 목 적 .....	149
4.2 용·배수로의 특성 .....	150
4.3 용·배수로 식생 복원의 기본 개념 .....	151
4.4 용·배수로 정비에 적용 가능한 친환경소재 .....	154
4.5 정비 지구의 지역적 조건을 고려한 정비 기준(안) .....	155
4.6 농촌종합개발사업 정비지구의 친환경소재 및 공법에 대한 경관성 및 생태성 등의 평가지표 개발 .....	166
5. 친환경 소재·공법의 유지관리 .....	183
5.1 유지관리 방안 .....	183
5.2 친환경 용·배수로 시설의 안전성 및 생태복원 모니터링 .....	188

6. 농촌개발용 친환경 소재 · 공법의 특성 D/B구축 .....	203
6.1 편의시스템 개발 .....	203
6.2 시스템의 개발 .....	206
6.3 시스템의 개발 .....	224
6.4 요약 및 결론 .....	241
7. 종합결론 .....	245
8. 기대효과 및 실용화 추진계획 .....	251
참고문헌 .....	255
부    록 .....	261

친환경 소재 및 공법 선정지원 사용자 매뉴얼

## 〈표 목 차〉

(표 2-1) 기존 친환경 소재 및 공법(1) .....	13
(표 2-2) 기존 친환경 소재 및 공법(2) .....	14
(표 2-3) 기존 친환경 소재 및 공법(3) .....	15
(표 2-4) 식생기반재의 특성, 품질 및 내구성(1) .....	18
(표 2-5) 식생기반재의 특성, 품질 및 내구성(2) .....	19
(표 2-6) 목재계 특성, 품질 및 내구성 자료 .....	21
(표 2-7) 콘크리트 식생블럭계 특성, 품질 및 내구성(1) .....	23
(표 2-8) 콘크리트 식생블럭계 특성, 품질 및 내구성(2) .....	24
(표 2-9) 콘크리트 식생블럭계 특성, 품질 및 내구성(3) .....	25
(표 2-10) 석재계 특성, 품질 및 내구성 자료 .....	28
(표 2-11) 피도계급을 판정하는 기준 .....	31
(표 2-12) 일본의 친환경 소재·공법 자료(1) .....	50
(표 2-13) 일본의 친환경 소재·공법 자료(2) .....	51
(표 2-14) 일본의 친환경 소재·공법 자료(3) .....	52
(표 2-15) 일본의 친환경 소재·공법 자료(4) .....	53
(표 2-16) 일본의 친환경 소재·공법 자료(5) .....	54
(표 3-1) 조립식 암거 블록의 휨강도 하중 .....	61
(표 3-2) 치장 블록의 성능 규격 .....	62
(표 3-3) 인터로킹 블록의 품질 .....	62
(표 3-4) 인조 석판의 성능 규격 .....	63
(표 3-5) 토대용 가압식 방부처리 목재의 흡수량 규정 .....	64
(표 3-6) 목재의 사용 환경 범주 .....	65
(표 3-7) 야외시설용 가압식 방부처리 목재의 흡수량과 침윤도 규정 .....	66
(표 3-8) 품질관리 등급 .....	67
(표 3-9) 압축강도에 의한 석재의 구분 .....	67
(표 3-10) 인조 석재의 성능 .....	68
(표 3-11) 콘크리트 식생블럭계 시험체 .....	70
(표 3-12) 식생기반재계 시험체 .....	71
(표 3-13) 목재계 시험체 .....	73
(표 3-14) pH 측정실험결과 .....	76

(표 3-15) 목재계 충격 힘 에너지 비교표 .....	79
(표 3-16) 목재계 휨강도 시험결과 .....	83
(표 3-17) 목재계 압축강도 시험결과 .....	86
(표 3-18) 압축강도 시험결과표 .....	91
(표 3-19) 비파괴 강도 시험결과표 .....	95
(표 3-20) 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 흡수율 .....	98
(표 3-21) 콘크리트 식생블럭계에 따른 비중 결과표 .....	99
(표 3-22) 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 투수계수 .....	102
(표 3-23) 공칭저항 휨강도 산정 프로그램 .....	113
(표 3-24) 성토 재료의 개략적인 단위중량 및 전단강도 .....	120
(표 3-25) 성토지반의 개략적인 지반정수 .....	120
(표 3-26) 자연지반의 토질계수 .....	121
(표 3-27) 적용 토질의 강도정수 .....	122
(표 3-28) 절토 비탈면의 안정해석 결과 .....	123
(표 3-29) 식물재료의 조달방법 .....	134
(표 3-30) 기존 나무의 유효이용의 예 .....	135
(표 3-31) 자연재생에 활용 가능한 신소재의 예 .....	136
(표 3-32) 수로의 단면의 규모·형상·구조, 유량·단면평균유속, 생태계 배려에 주는 영향과의 관계 검토 예 .....	139
(표 3-33) 라이닝, 옹벽수로의 조도계수 .....	140
(표 3-34) 굴착 또는 준설된 수로의 조도계수 .....	140
(표 3-35) 자연 유로의 조도계수 .....	141
(표 4-1) 생물의 서식환경 측면에서의 용·배수로의 일반적 특징 .....	151
(표 4-2) 농업시설의 환경친화적인 정비방안 .....	156
(표 4-3) 구조상 안전에 침식 방지하는 경우의 공법 예 .....	163
(표 4-4) 시설 호안이 있는 경우의 공법 예 .....	164
(표 4-5) 호안이 되어 있지 않은 법면의 공법 예 .....	165
(표 4-6) 설문조사 응답자의 직업별 현황 .....	170
(표 4-7) 설문조사 응답자의 연령별 현황 .....	171
(표 4-8) 친환경 소재 및 공법의 적용시 우선 고려사항 .....	173
(표 4-9) 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법적용과 관련하여 가장 중요하게 고려되어야 할 사항에 대한 시범지역 주민의 의견 .....	174
(표 4-10) 직업별 친환경 소재 및 공법의 적용효과 .....	175

(표4-11) 시범지역에서의 친환경소재 및 공법의 적용 효과 .....	175
(표 4-12) 친환경소재 및 공법적용에 따른 문제점 .....	176
(표 4-13) 친환경 소재의 선호도 .....	179
(표 5-1) 친환경 복원 사업의 모니터링 계획 .....	192
(표 5-2) 수로생태계의 식물상 및 식생 모니터링 .....	198
(표 6-1) 계층모형 모델의 장단점 .....	210
(표 6-2) 친환경 소재·공법 레코드 .....	218
(표 6-3) 소재-구조물별 적용등급별 설계기준 (1) .....	225
(표 6-4) 소재-구조물별 적용등급별 설계기준 (2) .....	226
(표 6-5) 소재-구조물별 적용등급별 설계기준 (3) .....	226
(표 6-6) 구조물 분류 .....	227
(표 6-7) 소재별 분류 .....	227
(표 6-8) 독립환경 프로그램과 Web 기반의 C/S 환경 프로그램 비교 ·	229

## 〈그림 목 차〉

<그림 2-1> 상류부사면의 식생(죽제비싸리의 생육) .....	31
<그림 2-2> 상류부의 마름군락 .....	32
<그림 2-3> 중류부 사면의 식생 .....	32
<그림 2-4> 중류부의 수생식물(검정말) .....	33
<그림 2-5> 중류부 곤충서식블록의 식생 .....	33
<그림 2-6> 하류부 사면의 갈대군락과 수중식물 .....	34
<그림 2-7> 일본의 자연소재를 이용한 친환경 개발 .....	38
<그림 2-8> 환경소재를 이용한 배수로 정비 .....	38
<그림 2-9> 인공섬을 이용한 수질정화 .....	39
<그림 2-10> 친환경 농촌개발공법 .....	40
<그림 2-11> 목재계를 이용한 친환경개발 .....	41
<그림 2-12> 석재계를 이용한 어도개발 .....	42
<그림 2-13> 콘크리트계와 석재계를 혼용한 친환경 어도개발 .....	42
<그림 2-14> 친환경 소재를 이용한 사면 안정 공법 .....	43
<그림 2-15> 일본의 친환경 콘크리트 제품 .....	46
<그림 2-16> 친환경 공장제품 .....	47
<그림 2-17> 어류용 친환경 제품 .....	47
<그림 2-18> 일본의 친환경 콘크리트 제품 증기양생 과정 .....	48
<그림 2-19> 증기양생을 위한 온도 컨트롤러 .....	48
<그림 3-1> 콘크리트 식생블럭계 .....	74
<그림 3-2> 식생기반재계 .....	74
<그림 3-3> pH 측정 시험장치 .....	75
<그림 3-4> pH 측정 .....	75
<그림 3-5> 콘크리트식생블럭계와 식생기반재계의 pH농도 비교 .....	77
<그림 3-6> 목재계 충격 시험 장치 .....	78
<그림 3-7> 목재계 충격 파괴시 높이 .....	78
<그림 3-8> 낙하높이에 따른 충격 힘 흡수에너지 .....	80
<그림 3-9> 목재계 파괴형태 .....	80
<그림 3-10> 목재의 흡수율 측정장치 .....	81
<그림 3-11> 목재 힘 시험 장치 .....	82

<그림 3-12> 목재계 휨 시험 파괴 후 전경	84
<그림 3-13> 하중재하 전(섬유방향)	85
<그림 3-14> 하중재하 전(섬유직각방향)	85
<그림 3-15> 하중재하 후(섬유방향)	87
<그림 3-16> 하중재하후(섬유직각방향)	87
<그림 3-17> 섬유계 섬유방향에 따른 강도 비교표	86
<그림 3-18> 콘크리트 코어 채취 준비	89
<그림 3-19> 콘크리트 코어 채취 광경	89
<그림 3-20> 콘크리트 식생블럭계 파괴사진	90
<그림 3-21> 압축강도 시험 후 A시험체 파괴양상	91
<그림 3-22> 압축강도 시험 후 B시험체 파괴양상	92
<그림 3-23> 압축강도 시험 후 C시험체 파괴양상	92
<그림 3-24> 압축강도 시험 후 D시험체 파괴양상	93
<그림 3-25> 압축강도 시험 후 E시험체 파괴양상	93
<그림 3-26> 비파괴 강도 측정	95
<그림 3-27> 코어강도와 비파괴 강도 비교	96
<그림 3-28> 증류수 수침	97
<그림 3-29> 건조로에서 양생	97
<그림 3-30> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 흡수율비교표	98
<그림 3-31> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 비중 비교분석	100
<그림 3-32> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 공극율 비교	101
<그림 3-33> 투수계수 측정	102
<그림 3-34> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 투수계수 비교	103
<그림 3-35> 공극율과 투수계수 상관관계	104
<그림 3-36> 콘크리트 식생블럭계 A시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계	106
<그림 3-37> 콘크리트 식생블럭계 B시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계	107
<그림 3-38> 콘크리트 식생블럭계 C시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계	107
<그림 3-39> 콘크리트 식생블럭계 D시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계	108
<그림 3-40> 콘크리트 식생블럭계 E시험체의 동결융해사이클수와	



중량감소율 관계 .....	108
<그림 3-41> 콘크리트 식생블럭계 F시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계 .....	109
<그림 3-42> 동결융해 전후 압축강도 비교 .....	110
<그림 3-43> 공칭저항 휨강도 산정 .....	111
<그림 3-44> 콘크리트의 등가직사각형 응력블럭 .....	112
<그림 3-45> 양생온도 이력검사장치 .....	116
<그림 3-46> 식생블럭 표준도 .....	119
<그림 3-47> 건기시 TALREN 4 해석 결과 .....	123
<그림 3-48> 우기시 TALREN 4 해석 결과 .....	124
<그림 3-49> 건기시 TALREN 4 해석 결과 .....	124
<그림 3-50> 건기시 TALREN 4 해석 결과 .....	125
<그림 4-1> 계획단계에서의 창의고안 과정 .....	157
<그림 4-2> 환경과 조화를 배려한 농도의 설계 예 .....	159
<그림 4-3> 수리시설물의 연속성 확보를 배려한 설계관점 .....	160
<그림 4-4> 설문조사 응답자 현황 .....	171
<그림 4-5> 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법 적용의 필요도 성향(농업인) ..	172
<그림 4-6> 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법 적용의 필요도 성향(농업인) ...	172
<그림 4-7> 친환경 소재 및 공법의 적용시 우선 고려사항 .....	173
<그림 4-8> 친환경 소재와 공법의 기능에 대한 만족도(농업인) .....	177
<그림 4-9> 친환경 소재와 공법의 기능에 대한 만족도(종사자) .....	177
<그림 4-10> 친환경소재 및 공법적용에 따른 문제점(농업인) .....	177
<그림 4-11> 친환경소재 및 공법적용에 따른 문제점(관련기관종사자) ..	178
<그림 4-12> 친환경 소재의 선호도 (농업인) .....	179
<그림 4-1> 친환경 소재의 선호도 (관련기관종사자) .....	179
<그림 5-1> 유지관리의 미비로 인한 아카시나무와 수로내 식물의 과다번식 ...	186
<그림 5-2> 침사지에 퇴적된 토사위에 형성된 식생 .....	187
<그림 5-3> 친수시설의 부실한 관리 .....	187
<그림 6-1> 데이터베이스와 파일구조의 전개과정 .....	208
<그림 6-2> 망(네트워크)형 데이터 모델의 예 .....	211
<그림 6-3> 관계형 모델로 표현된 현실세계의 자료관계 .....	212
<그림 6-4> 광의의 데이터베이스 .....	215
<그림 6-5> 데이터베이스의 설계 및 DBMS 역할 .....	216

<그림 6-6> 데이터모델링 과정 .....	221
<그림 6-7> 데이터베이스 모델링과 설계과정 .....	222
<그림 6-8> 친환경 소재-공법정보의 관리를 위한 정보시스템의 E-R 분석관계도 ....	225
<그림 6-9> 공법정보 및 검색기준 지표관리 테이블 ER .....	228
<그림 6-10> Web 환경과 데이터베이스의 3-tier 연결 .....	231
<그림 6-11> 공법의 등록조건으로 시공정보와 시공 전·후의결과를 제시 ....	233
<그림 6-12> 공법관리 회사등록 정보 .....	235
<그림 6-13> 공법 등록화면 .....	235
<그림 6-14> 소재-구조물 선정단계를 이용한 공법검색 .....	236
<그림 6-15> 공법검색 결과 .....	237
<그림 6-16> 검색된 친환경-소재 공법의 표준단면도 예 .....	237
<그림 6-17> 공법검색결과에서 선택한 공법의 상세화면 .....	238
<그림 6-18> 공법 등록을 위한 소재-구조물의 등록 .....	239
<그림 6-19> 소재-구조물의 등급에 따른 설계기준 정보 .....	239
<그림 6-20> 나의공법 기록 만들기 .....	240
<그림 6-21> 사용자별 공법검색 결과 시나리오 저장 및 검색 .....	240

# 1. 서 론

여 백

# 1. 서론

## 1.1 연구의 필요성

최근 환경문제가 사회적으로 크게 대두되면서 인간 활동의 편의성과 삶의 질 적인 향상을 요구하게 되었고 “농림어업인 삶의 질 향상 및 농산어촌지역 개발 촉진에 관한 특별법”이 제정되어 그동안 기능위주로 추진되어 오던 생산기반 정비사업을 보다 친환경적으로 전환하여 기반시설로서의 공익적 기능을 살리면서 지역의 특성이 고려된 효율적인 친환경 정비 방안이 필요한 실정이다. 현재 우리나라의 경우 수리시설의 건설 및 관리는 용수확보 및 이수·치수에 기능이 많이 강조되었지만 21세기부터는 생산기반시설에서 친환경 경제·사회구조로 변모하면서 친환경적 개념을 도입하여 설계 및 시공이 시범적으로 이루어지고 있다. 그러나 체계적이며 이론적인 근거가 부족한 형편에서 시행되고 있으며 지역의 특수성과 목적에 부합되는 소재와 공법의 선택이 합리적으로 적용되지 못하고 있는 실정이라서 친환경 사업종료 후 오히려 주변의 생태환경에 역효과를 가져오거나 시설물의 조기노후화 등 안전성 문제가 발생되고 있다. 따라서 농촌종합개발을 위한 수리시설물을 친환경적으로 정비하는데 있어서 공학적 안정성을 유지하면서 지역의 생태계 보전과 지역주민들의 농촌다움을 향상 시킬 수 있는 지역특성에 적합한 환경친화적 정비방안이 필요한 실정이다. 그러나 공학적 안정성에 대한 검증이 이루어지지 못한 기존의 친환경적 공법들을 대상으로 공학적 안정성을 파악하여 친환경적 공법의 적용에 따른 농업생산기반시설물의 안정성 등 기술적 문제점을 해결한 새로운 개보수 기술의 개발이 절실히 요구 되고 있다.

수리시설물을 환경친화적으로 정비하는데 있어서 경제성을 고려한 공법의 개발이 필수적이라고 판단되며 이를 위하여 친환경적 재료의 개발 등을 통하여 비용절감을 할 수 있을 것이다. 기존에 시행된 친환경적 정비사업들은 공법 및 재료가 다양하지 못한 이유로 해서 지역적 특성이 무시된 획일적인 공법을 적용함으로써 사업에 대한 지역주민들의 호응을 얻지 못하고 있는 실정이고 또한 지역주민들의 지속적인 참여와 관심을 유도할 수 있는 사업이 되기 위해서는 지역의 문화적, 사회적, 역사적 특성이 충분히 고려됨과 동시에 보다 다양한 공법과 재료를 이용한 설계가 필요하다.

농촌마을종합개발 또는 농촌관광개발사업에 필수적인 친환경 소재나 공법

이 무수히 많으나 특성·품질 등이 검증되지 않고 사용하고 있어 수명 단기화로 과도한 비용이 소요되고 있는 실정이므로 이러한 소재들의 품질에 관한 품질전문기관의 검증 필요한 실정이다.

## 1.2 연구의 목적

본 연구에서는 친환경적 정비와 관련된 국내외 설계 및 시공기술 자료의 수집과 현장사례조사, 친환경 기술이 적용된 지역에 대한 자료조사 및 분석을 통하여 농촌종합개발의 친환경적 정비기술 구축과 친환경 공법·제품에 대한 품질기준(안) 개발을 목적으로 하고 있다. 대부분 전문성이 부족한 농촌주민이나 농촌개발사업시행자는 농촌(마을)개발계획에 포함된 소재나 공법의 친환경성 여부 및 적합성을 판단할 수 없어 농촌종합(관광)개발사업에 접근이 어려운 실정이다. 따라서 친환경 소재나 공법에 품질·기술에 많은 전문성이 포함되어 있으므로 국가공인 기관의 검증 결과를 DB화하여 구축할 필요가 있다. 또한 친환경 소재나 공법 기술을 보유한 업체가 수도권에 편중되어 있어 지방의 농촌공간에 거주하는 농촌주민이나 계획입안자 또는 설계자의 정보 접근이 곤란하여 제한적인 친환경소재 및 공법만 알고 있을 뿐 다양한 정보인 경제성, 시공성, 사용수명 등을 취득할 수 없어 농촌개발의 효율성 저하되고 있다. 이러한 점을 해결하기 위하여 친환경 소재·공법의 특성, 품질, 내구성에 대한 공인기관의 검증 결과를 토대로 구축한 데이터베이스를 인터넷상에서 쉽게 접근할 수 있도록 웹기반 시스템 구축을 목적으로 하고 있는 것이다.

## 1.3 연구개발 내용 및 범위

- 본 연구에서는 농촌개발용 친환경 소재·공법의 현장실태 및 문제점 분석.
- 기존 농촌마을종합(관광)개발에 사용되는 친환경 소재 및 공법 현장 실태 조사 및 분석
  - 친환경소재·공법에 대한 국내외 자료수집 및 분석
  - 친환경소재·공법 종류, 비용, 특성, 품질, 내구성 자료 수집
  - 친환경소재·공법을 적용한 실제 사례조사 등으로 문제점 분석
  - 선진지에서의 농촌개발 친환경소재·공법의 실태조사 및 분석

농촌개발용 친환경 소재를 사용하여 주변공간을 정비하였을 경우 소재의 품질 및 내구성 등에 대한 자료 분석

- 조사·분석한 농촌마을종합(관광)개발용 친환경 소재·공법 품질시험 평가
- 외관 및 치수, 강도, 동결융해 시험 등

농촌개발용 친환경 소재·공법의 특성에 관한 자료를 D/B화 시스템 구축

- 기존 친환경 소재·공법의 자료 D/B 구축
- 콘크리트 식생 블록계, 식생기반재계, 목재계, 자연석재계 자료 D/B 구축
- 품질 및 내구성 평가 결과에 따른 품질기준 D/B 구축 및 시스템 개발

여 백



## 2. 농촌개발용 친환경 소재 · 공법의 국내외 자료수집

여 백

## 2. 농촌개발용 친환경 소재·공법의 자료조사

### 2.1 친환경 소재·공법 및 특성, 품질, 내구성 자료 분석

농촌개발용 친환경 소재 공법의 수로의 구조적 안정성 확보를 원칙으로 하고 부가적으로 흐름의 방해요소로 작용하고 있는 수초의 적절한 억제와 기존 방식과 유사한 세굴 방지효과를 달성할 수 있는 재료가 우선 검토 대상이 될 수 있을 것이다. 이와 함께 제품의 형상에 있어서는 주변 경관과 어울리는 색상과 모양이어야 하고, 시공성이 양호할 뿐만 아니라 구조적 안정성의 확보가 선행되어야 할 것이다. 본 장에서는 국내에서 생산·제조·시공되고 있는 친환경소재에 대한 소재 및 공법에 대한 자료 조사 결과를 분석하였다. <표 2-1>에서 부터 <표 2-3>은 기존 친환경 소재 및 공법에 대한 일반적인 자료를 나타낸 것이다.

친환경공법에 주로 사용되는 재료로는 식생, 목재, 석재, 콘크리트 2차 제품 등이 주류를 이루고 있으며, 이를 무생물재료와 생물재료로 대별할 수 있다.

#### 2.1.1 무생물 재료

무생물 재료란 생명력이 없는 재료로서 광물 또는 합성 원료로 만든 재료와 목재를 말한다. 용·배수로에서의 무생물 재료의 사용은 식물 재료만으로 치수 안정성이 보장되어지지 않는다고 판단되는 경우에 이용할 수 있으며, 수로에 이용될 수 있는 공법적용 상의 주요 무생물 재료의 종류는 다음과 같다.

- 나무: 널빤지, 통나무, 말뚝, 잔가지
- 자연석: 돌, 자갈, 사석, 가공한 자연석, 판석
- 인공석: 콘크리트나 유사제품을 이용해 제조한 블록형태의 재료
- 철: 파이프, 철근, 철망, 철사, 못, 나사 등
- 견고한 섬유: 천연섬유 제품의 망, 자루, 롤, 또는 화학섬유 제품 등
- 기타: 멀칭(나무 덮개) 재료

## 2.1.2 식물 재료

식물 재료란 교목, 관목, 갈대류 및 다년생 초본류 등을 가리킨다. 아울러 생명력이 있는 식물체의 일부, 즉 뿌리, 맹아가 있는 가지 또는 줄기 등도 포함된다. 식물 재료들은 수로의 안전을 도모함은 물론 자연 상태에 가까운 생물 서식처를 형성하는데 매우 중요하며, 수로의 자연경관을 이루는 주요 요소가 된다. 식물 재료는 토목 재료로서의 가치, 유지관리, 동식물의 서식처로서의 가치성 및 수로의 기능적 특성으로 인하여 수종 선택 시 다음과 같은 다양한 고려사항이 있다.

식물 재료 선정시 고려 사항으로는 식물재료에는 대상지역과 그 주변지역에서 채취한 토착재래종을 이용하는 것이 원칙이며, 그 지역의 자연과 생태계를 구성하는 것으로 외래종의 침입으로 인한 생태계의 유전적 교란을 일으키지 않는 토착재래종을 이용하는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 재료는 시장성이 부족하고, 생산되고 있는 것으로는 필요한 수량이 적시에 공급되지 않는 경우가 많다. 그렇기 때문에 미리 종자로부터 육묘 등의 계획이 선행되어야 한다. 또한 계획과 설계에 있어서 한가지의 종(種)에 대한 치수규격이 아니라 다양한 종류와 다양한 규격의 식물재료를 취급한 디자인 기술을 도입할 필요가 있을 것이다. 토착재래 식물을 활용하는 방법으로는 개체를 각각 이식하는 방법으로부터 종자를 채취하여 파종하거나 토양내의 종자은행에 의존하여 종자의 발아를 유도하기 위하여 표토를 만드는 등의 다양한 방법이 있다. 일반적으로 식재식물의 선정시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

우선 첫 번째로 용·배수로의 기능적 특성 감안한 생태계의 재생 목적에 적합한 식물이어야 한다. 특히, 수로의 구조적 안정성의 확보를 원칙으로 하고 부가적으로 통수능의 저해요소가 될 수 있는 수생식물의 적절한 억제와 세굴 방지효과를 달성할 수 있는 재료가 바람직하기 때문에 식생공법은 수로의 수문적 특성과 토양조건에 부합되는 식생구조를 형성할 수 있도록 기반환경에 부합되는 식물종의 도입이 이뤄져야 한다. 두 번째는 대상지의 환경조건에 잘 적응하는 식물로서 자생종을 선정하는 것을 원칙으로 한다. 외래식물은 현지의 식생과 조화를 이루지 못할 뿐만 아니라 생태계의 교란을 유발할 가능성이 있기 때문이다. 세 번째로는 환경에의 적응 뿐만 아니라 환경형성 작용이 뛰어난 수종으로, 토양내 유기물 형성을 촉진하는 식물, 근계가 치밀하여 토양의 안정 효과가 높은 수종을 선택한다. 네 번째는 번식이 용이하며, 종자나 유묘의 대량생산과 공급이 용이한 수종이어야 한다. 다섯 번째는 수변공간의 미적효과를 높일 수 있어 경관 형성효과가 높고, 생태적 특성

에 대한 교육적 가치가 높은 수종이 바람직하며, 수로생태계를 구성하는 다양한 구성요소의 발생을 촉진할 수 있는 수종이어야 한다.

용·배수로 변에 식재 가능한 수종은 정수식물 지역으로 수로 사면의 침수조건에서도 생육이 가능하고 왕성한 뿌리발달로 세굴을 방지할 수 있는 다년생 초본으로 갈대, 물억새, 부들, 애기부들, 달뿌리풀, 기장대풀, 나도겨풀, 쯤겨풀, 줄, 진들피, 왕미꾸리광이, 포아풀, 갈풀, 물잔디, 실새풀 등을 들 수 있으며, 사초과의 매자기, 세모고랭이, 큰고랭이, 왕골, 골풀 등과 창포와 같은 친수식물도 이 범주에 포함시킬 수 있다.

그리고 제방부로는 사면 상부의 홍수시 이외에는 침수되지 않는 지역으로 주변의 논두렁에서 발견되는 수종으로 수크령, 강아지풀, 쯤물뚝새, 바랭이 돌피, 드렁새, 왕바랭이, 각시그령, 개피, 잔디, 새포아풀, 뚝새풀 등과 쭉과 같은 각종 국화과 식물들이 식재될 수 있겠다. 이들은 파종 또는 뗏장으로 상품화되어 있어서 시공이 쉽고 값이 비교적 싸다. 아울러 유지관리비가 적게 드는 방법 중의 하나이며, 잔디류는 짧은 기간의 침수에  $20\sim 30\text{N/m}^2$ 의 소류력을 가지므로 생물 공학적으로 효과가 전혀 없다고 할 수 없다.

식재방법으로는 갈대류와 코코넛을 롤을 이용한 공법으로 코코넛 롤을 이용하는 관계로 시공 직후부터 사면보호 효과가 있다. 그리고 다년생 초본류의 파종에 의한 경우 적어도 4주에서 8주가량 소요되기 때문에 효과가 느릴 수 있으나, 미리 재배한 뗏장을 이용하면 비용은 높으나 효율적이다. 시공이 비교적 간편한 장점이 있으나, 효과가 느리고 식물종의 선택에 있어서 지역적 식생대가 왜곡될 수 있으며, 지역적 특성에 부적합한 식물류가 우세할 수 있다.

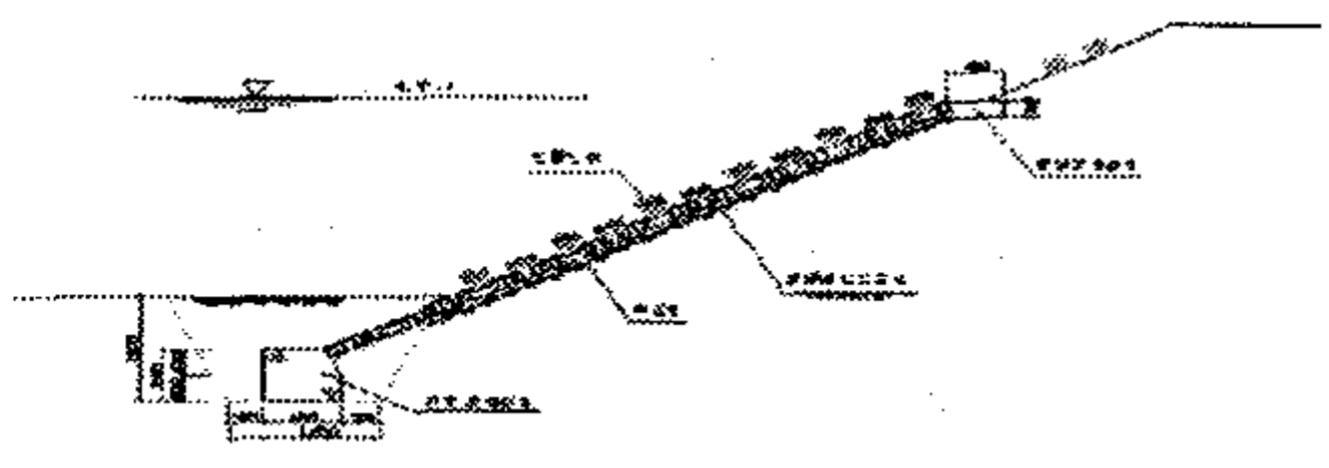
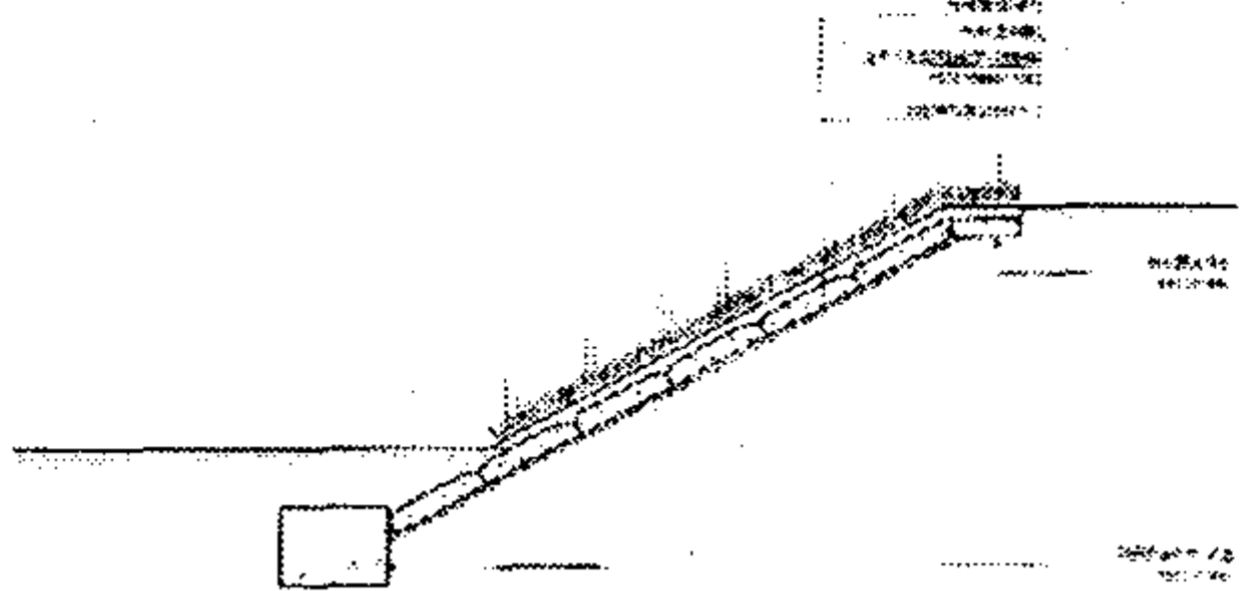
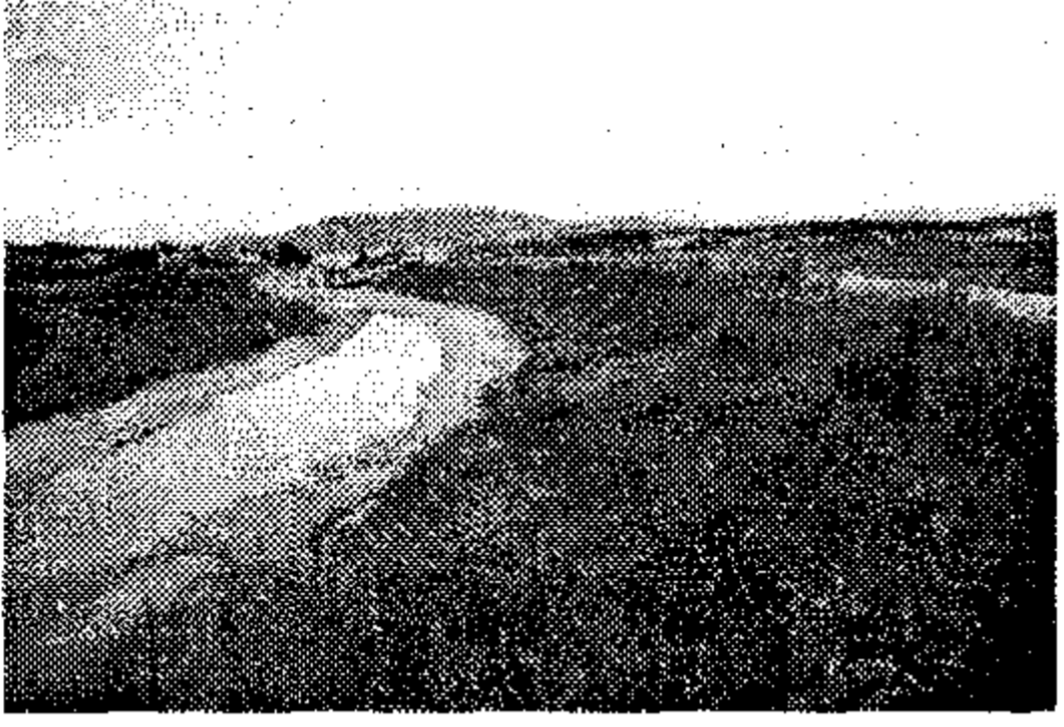


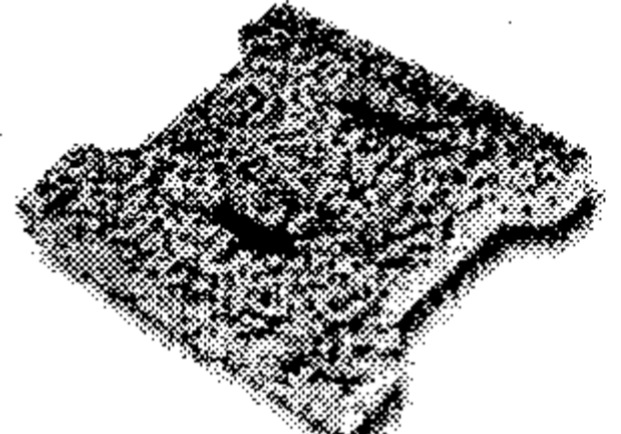
이상의 식물재료를 이용한 공법의 선택은 무엇보다 수로의 특성에 따라 결정하고, 공법에 이용되는 소재는 그 지역의 것을 택한다. 특히 식물 소재의 결정은 미래의 식생대를 고려한 선구 식물을 도입하도록 한다. 모든 공법은 침수 안정성을 보장하고, 대상 수로와 그 지역에 적합하여야 한다. 그리고 식물재료에 의한 공법은 특히 시공 초기에는 토목용 재료에 의한 공법보다 안정성 면에서 떨어진다. 따라서 용·배수로의 기능성을 위해 무생물재료와의 적절한 혼합에 의한 복합공법을 이용하는 것이 바람직 할 것이다.

친환경 소재를 이용한 공법으로는 식생계 호안공법으로 식생의 자생력을 이용하여 사면을 안정화 시키는 공법으로 자연성과 친수성을 지니기 때문에 무생물재료에 의한 다른 공법들과 병행하여 시공되고 있다. 대표적인 식생계 호안 공법으로는 떼심기와 식재표면에 지오텍스타일, 매트 등으로 보강하는

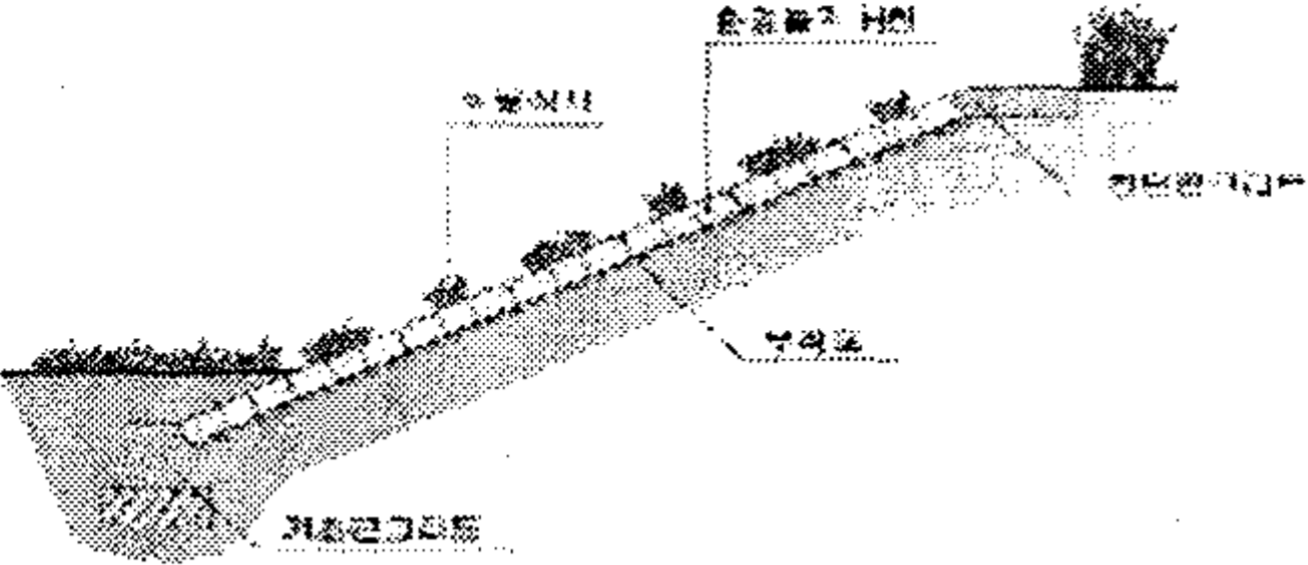
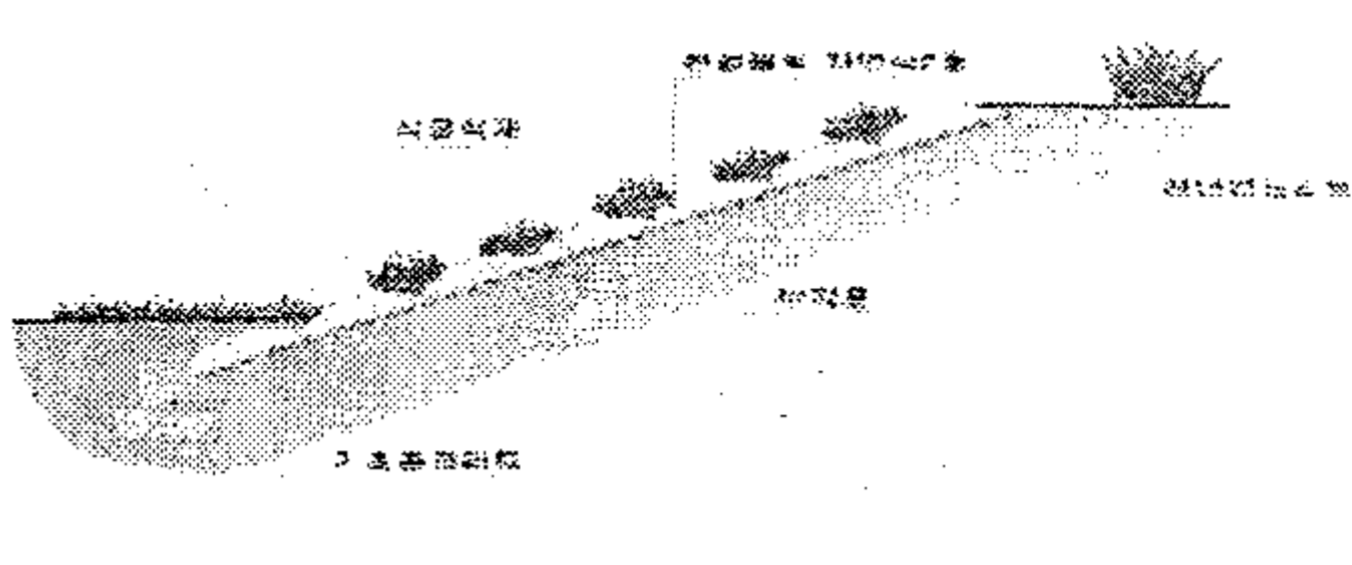
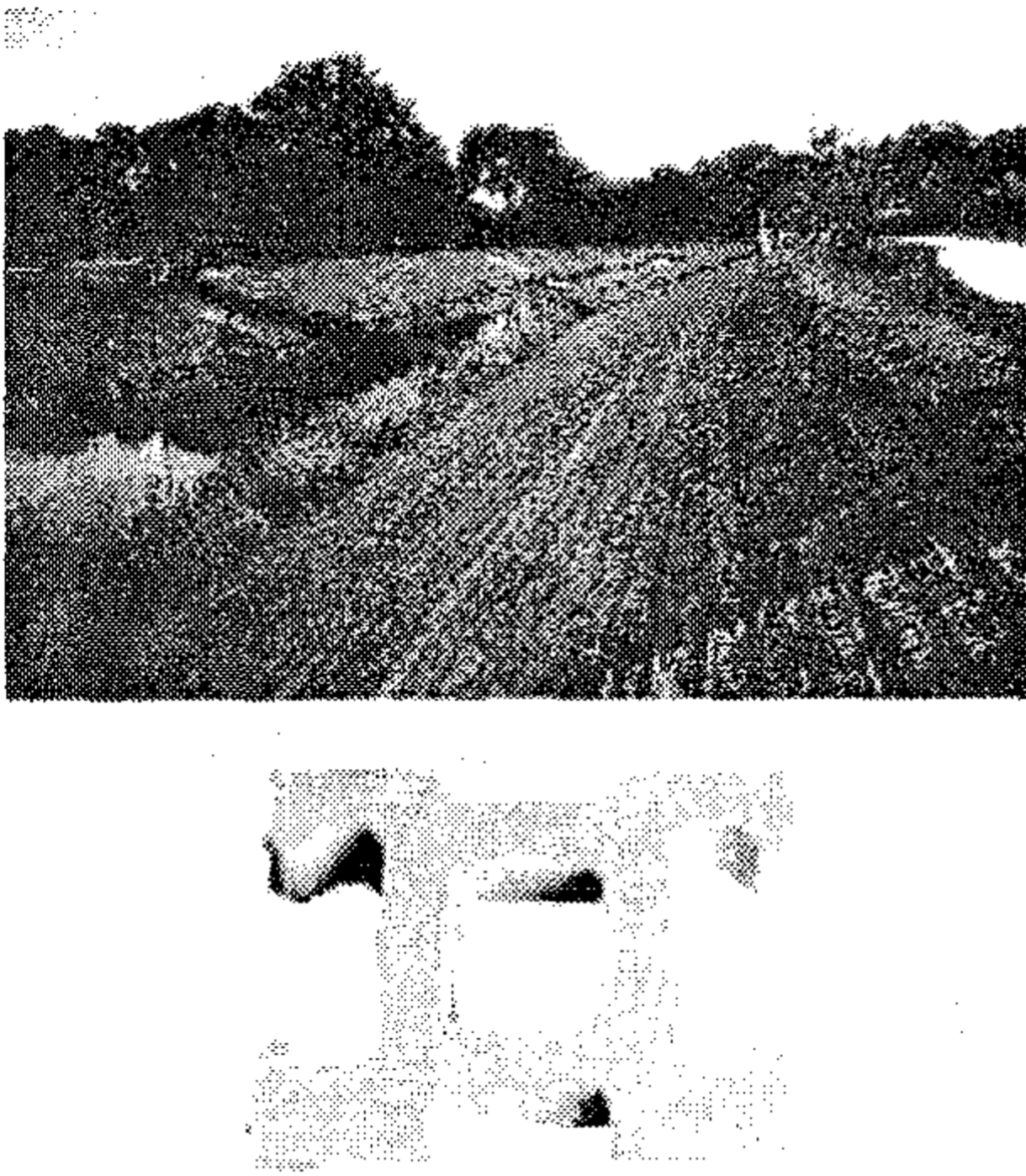
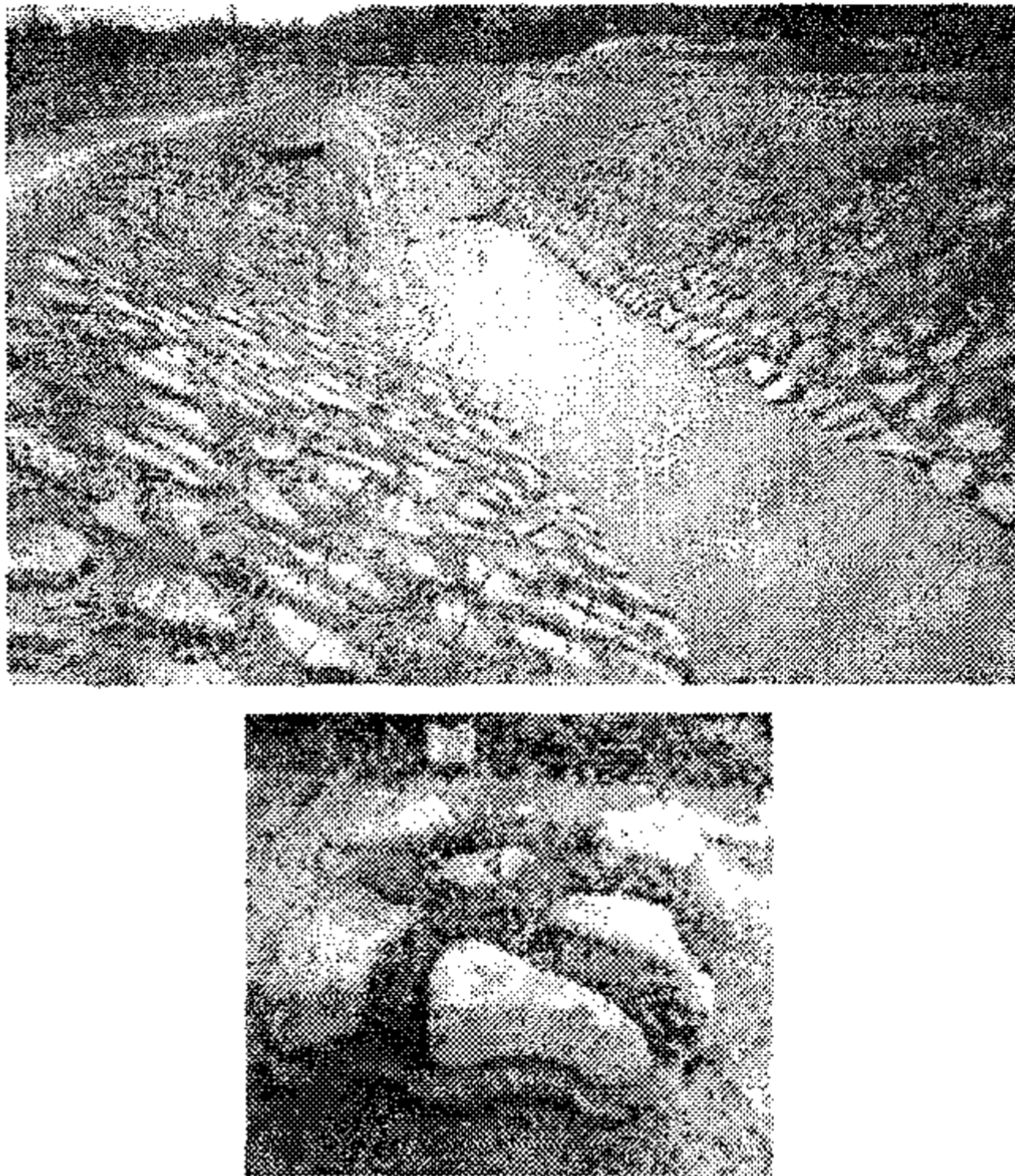
방법 등이 있다. 사면에 식생을 도입하여 피복시키는 공법이기에 때문에 생육 기반이 되는 사면의 토양조건과 시공시기, 환경조건 등의 인자를 고려해야 한다. 용배수로에서의 식생 호안공법의 적용은 통수능과 유지관리를 고려하여 식생기반재나 콘크리트 바구니 또는 식생 블록계 호안공법과의 적절한 조화가 요구되기도 한다. 식생기반재 혼용 공법은 식생기반재란 유수의 영향으로 식물이 서식하기에 어려운 하안에 시공하여 식생의 조기 활착과 지속적인 식물성장기반을 형성하고 초기 세굴을 방지하는데 도움을 주는 자연소재들을 말한다. 식생기반재에는 야자섬유망, 쥘트 넷트 등의 다양한 제품이 시공되고 있다.

그리고 콘크리트 2차 제품으로 공장에서 제작한 콘크리트 바구니와 식생블록 공법으로 유속이 빠르거나 사면의 경사가 심하여 세굴이 우려되는 수로에 적용하여 공간에 토양을 채워 식생의 활착을 유도하는 공법이다. 용배수의 수중부에 적용할 수 있어 식생계 호안공법의 취약점을 보완할 수 있다고 판단된다.

(표 2-1) 기존 친환경 소재 및 공법(1)

구분	친환경식생블록	지오그린 셀
단면도		
시공 사례	 	 
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식생홀 구조로 인위적 입식가능 및 자생적 식생활착(생태계 복원, 경관조성)</li> <li>• 기존형태의 호안블록을 보완 식생면적을 최대한 확보하여 단기간에 치수와 환경적 기능을 동시에 형성.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식생이 가능한 다공성 식생 콘크리트를 이용하여 치수적 안정성을 확보.</li> <li>• 생태성 복원을 위한 식물을 도입 활착시켜 치수와 환경적 기능을 동시에 가짐.</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 맞물림과 엇갈림 조립(인터로킹)구조로 블록간 결합력과 내구력이 우수하며 시공이 간편하여 공사기간 단축.</li> <li>• 유속감소턱 구조설계로 조도계수 증가로 유속감소 및 소류력에 대한 세굴방지</li> <li>• 타식생블록 대비 저렴한 공사비로 경제성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식생 뿌리가 제방사면과 일체화되어 견고성이 뛰어남.</li> <li>• 단기간 내 자연형 하천을 형성시킴.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곡선부에 정밀 시공이 요구됨.</li> <li>• 기초 콘크리트 및 천단 콘크리트 타설.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초 콘크리트 및 천단 콘크리트 타설</li> <li>• SEED SPRAY로 녹화시 공사기간의 제약을 받으며 식재 초기 복토 유실 우려.</li> <li>• 다공성 식생 콘크리트 파손 발생 우려</li> </ul>

(표 2-2) 기존 친환경 소재 및 공법(2)

구분	환경블록 H형	자연석형블록
단면도		
시공 사례		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 블록끼리 서로 맞물려 있어 홍수시에 발생할 수 있는 블록이탈 현상을 방지.</li> <li>• 블록내 식재공간이 있어 단기간 내에 자연형 호안을 형성시킴.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연석 형태의 블록으로 하천호안, 인공 호수 등의 법면에 다양하게 적용하여 블록간의 공간에 동·식물의 서식처로 생태공간을 조성할 수 있는 자연친화적 공법.</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공이 간편하고 재보수가 용이함.</li> <li>• 가격이 저렴하고 시공이 간편하며 블록간의 완벽한 맞물림으로 치수적으로 안정됨.</li> <li>• 블록 공간내 식재를 함으로써 단기간 내 자연형 하천을 형성시킴.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 블록 상호간의 연결시공이 용이하고 견고함.</li> <li>• 블록 사이에 식생이 활착되어 생태적 하천환경 조성.</li> <li>• 블록의 형태가 자연석 형태를 띠어 식물과 더불어 아름다운 하천환경 창출.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곡선부에 정밀 시공이 요구됨.</li> <li>• 공사시 블록 파손 발생 우려.</li> <li>• SEED SPRAY로 녹화시 공사기간의 제약을 받음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사비가 고가임.</li> <li>• 자생종이 열악한 경우 별도의 식생 필요.</li> <li>• 식생활착 후에는 블록이 수목으로 덮이므로 겉모양은 주요 고려 대상이 아님.</li> </ul>



(표 2-3) 기존 친환경 소재 및 공법(3)

구분	친환경돌망태	거적 쌓기
단면도		
시공 사례		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철선을 일체형(매트)방식으로 조립하여 쇄석을 담아 고정시켜 일정규격으로 엮는 방법.</li> <li>• 세굴이 우려되거나 긴급공사시 비교적 적합한 공법.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 친환경적인 자연소재 사용.</li> <li>• 자연석 돌틈 사이로 식재.</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOX형으로 조립설치가 비교적 쉽고 적량 시공이 용이.</li> <li>• 굴요성이 좋아 응급 복구에 용이.</li> <li>• 식생과중으로 식생환경 조성.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유속 및 유수력에 대한 저항력 우수</li> <li>• 재료 취득 용이.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철망의 훼손으로 인한 쇄석이탈 및 사면 붕괴 우려.</li> <li>• 철선 부위에 이물질이 걸림으로 인해 미관 불량.</li> <li>• 토사의 세굴 우려.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초 콘크리트 타설.</li> <li>• 기초 토양의 중력에 의한 강도의 약화.</li> <li>• 표층과 기초 토양의 경계면에서 발생하는 한계류 흐름으로 기초 토양 유실 및 흡출에 의한 기초부 유실</li> <li>• 지나친 미관 위주로 인공색이 강함.</li> <li>• 공사비가 비싸다</li> </ul>

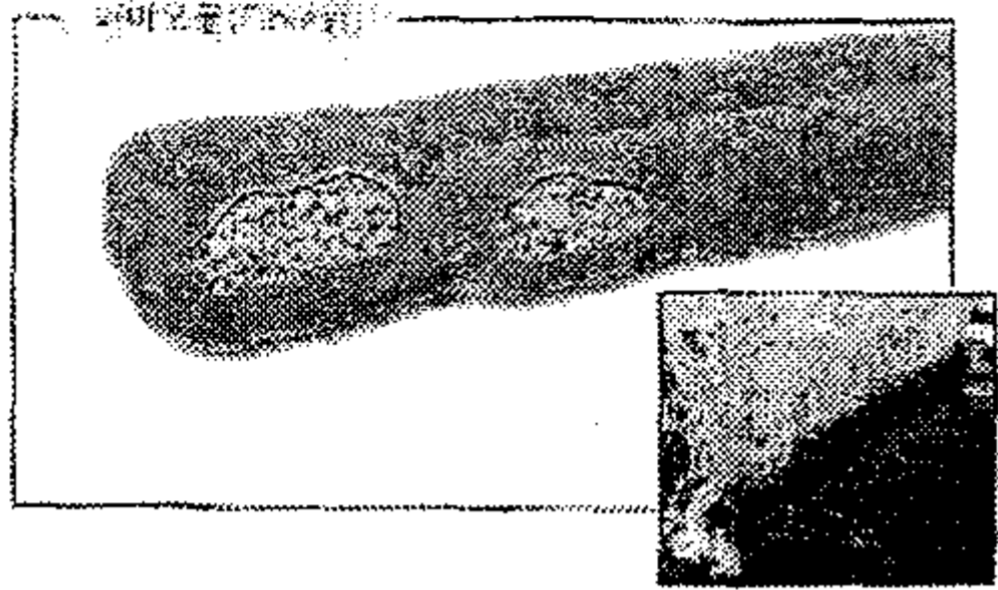
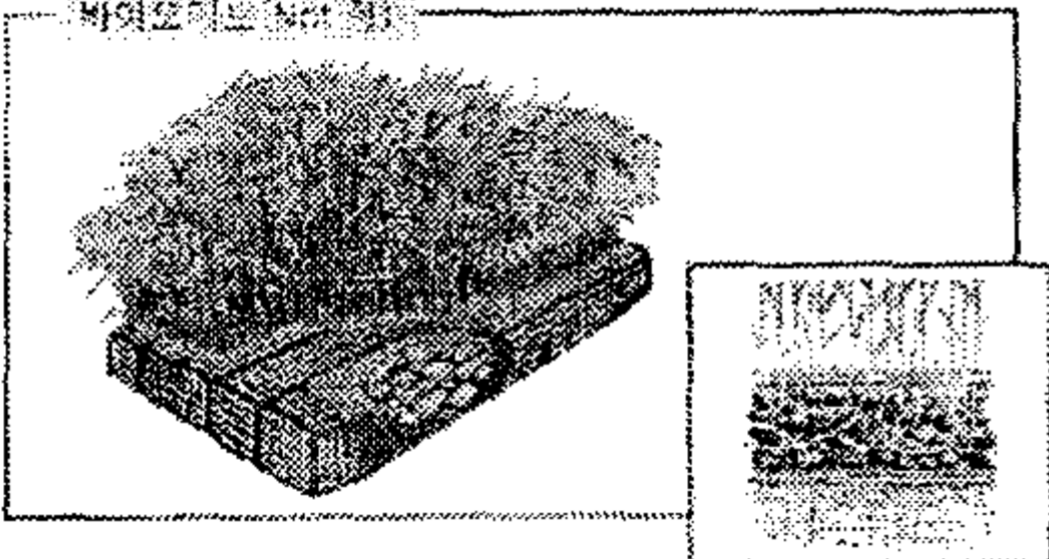
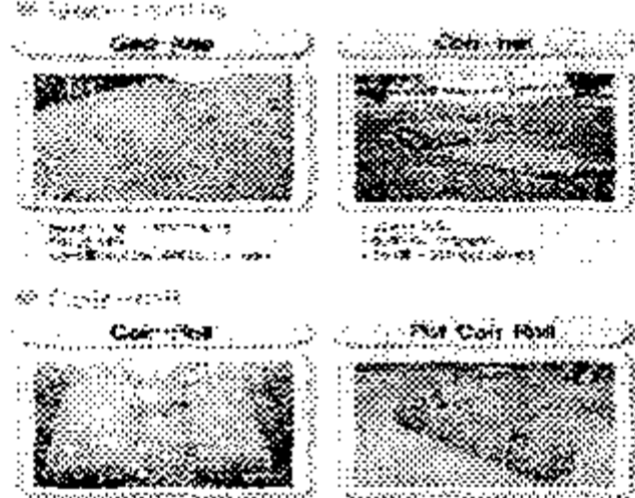
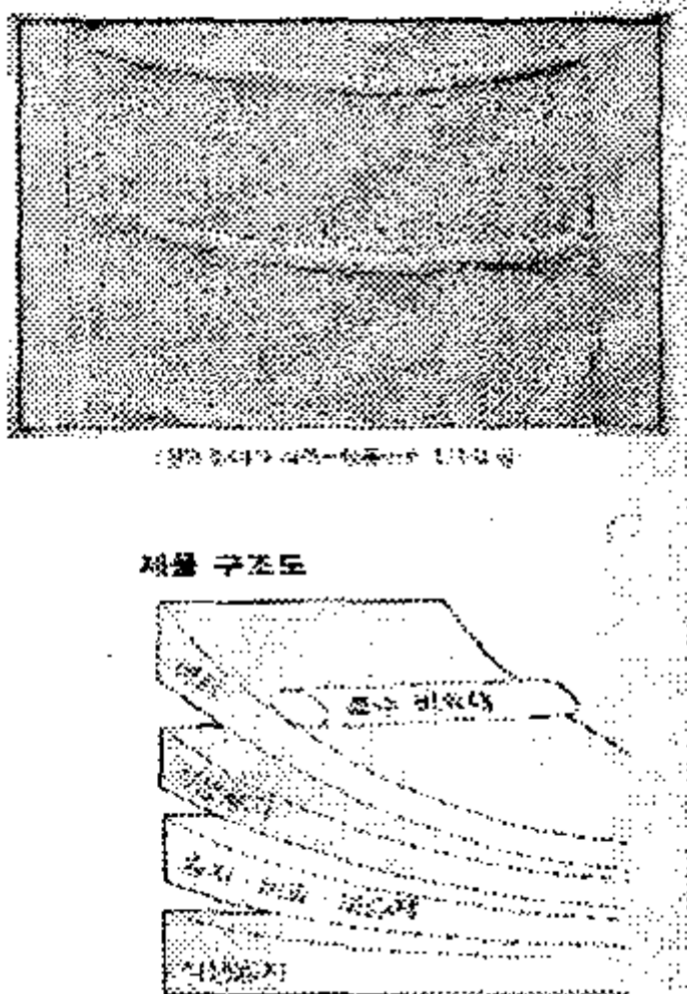
## 1) 식생기반재

농촌종합개발용 식생기반재 소재 및 공법은 스스로를 보호하는 식생의 자생력을 이용하는 것으로 일단 식생의 안정화가 구축되면 자기 유지가 가능한 공법으로 살아있는 식생은 외력(홍수나 유사퇴적에 의한 상태변화 등)에 의해 충격을 받았을 때, 재생과 적응력이 있기 때문에 오랜 옛날부터 식생의 안정화 특성을 이용한 보호공법들이 사용되어 왔다. 또한 살아있는 식생재료는 다른 토목재료나 천연재료와는 달리 시간의 경과에 따라 내구성이 증가하고 자연성과 친수성을 겸비하고 있기 때문에 다른 친환경 하천공법이 적용된 경우에도 병행하여야 할 공법으로 인정되고 있다. 대표적인 식생계 호안공법으로는 떼심기와 식재표면에 지오텍스타일, 매트 등으로 보강하는 방법 등이 있다. 식생 녹화공법은 사면에 식생을 도입하여 녹화시키는 공법이므로 식물의 생육기반이 되는 사면의 토양조건과 시공시기, 환경조건(경사형, 경사도, 강우특성 등) 등의 인자를 고려할 필요가 있다. 또한 파종할 식물의 배합, 사용할 공법의 종류 등을 충분히 검토한 후에 목적에 알맞은 공사방법을 결정하여야 한다. 그리고 떼심기는 뿌리가 활착하게 되면 비탈면의 안정을 도모할 수 있으나 큰 유속에는 견디기 어렵다. 따라서 비탈면 경사가 완만한 곳에 적용되고 있으며, 지오텍스타일 시트나 블록매트 등으로 식생의 뿌리를 보강하고 표토의 유실을 방지하는 공법이 병행되고 있다. 최근에는 야자섬유 등 천연섬유를 이용한 식생공법들이 많이 개발되어 사용되고 있으며, 매트형 식 뿐만 아니라 롤형태의 제품을 이용하기도 한다.

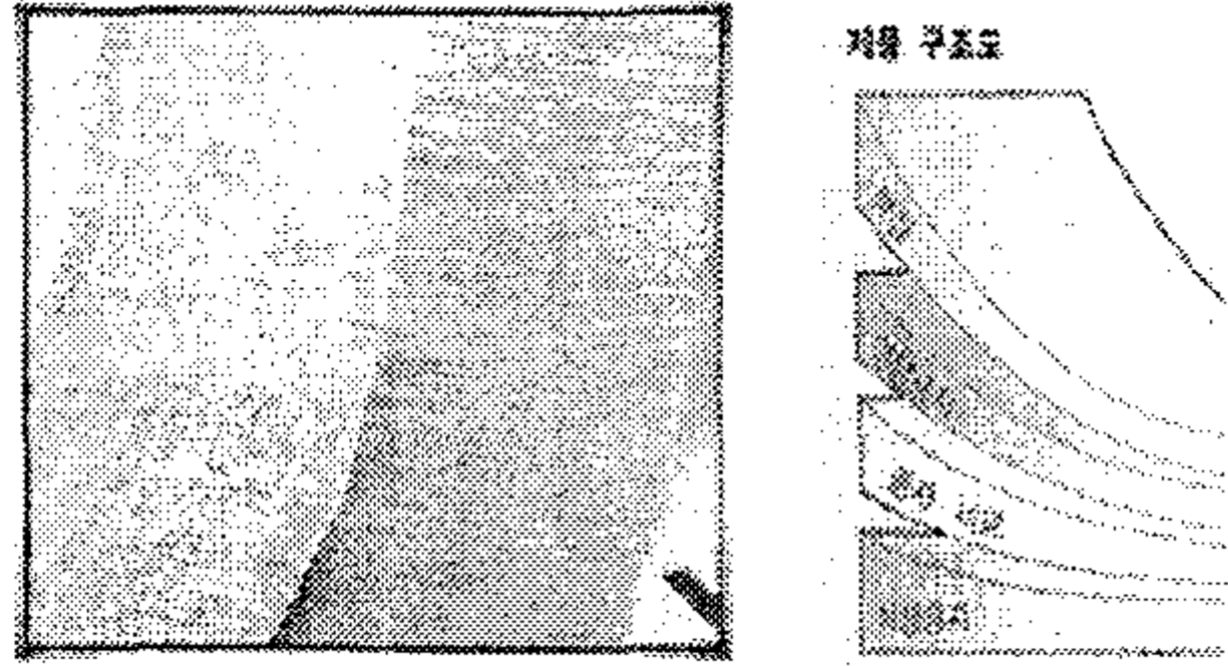

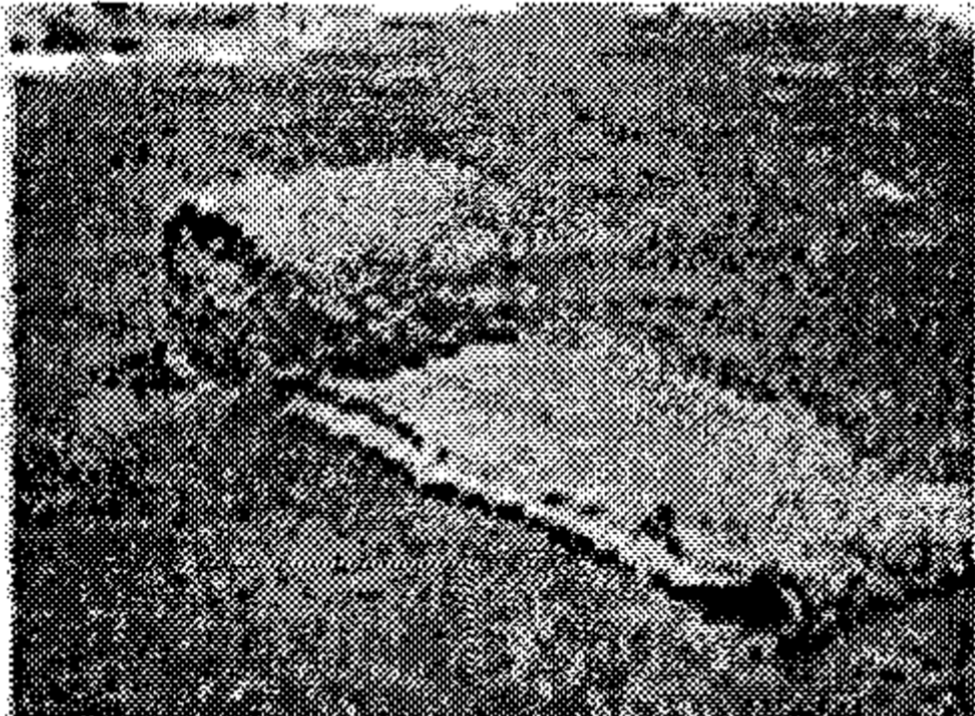
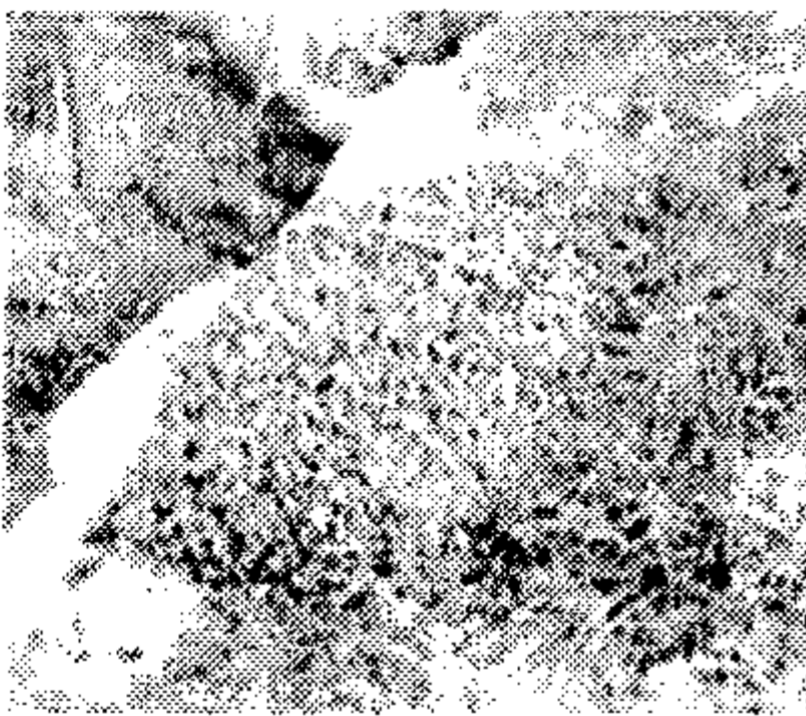

식생기반재 공법은 기존의 치수, 이수 중심의 획일적인 하천정비 관념에서 탈피하여 맑은 물이 흐르고 옛 정취가 깃들인 자연에 가까운 하천으로의 재생 및 수생 식물이 서식할 수 있는 건강한 하천환경의 회복을 통해 자연생태계로의 기능회복과 하천 경관을 개선하기 위하여 적용된다. 유속, 수심 등 유수의 특성, 하상경사, 하상토의 재료 등을 고려하여 공법의 종류, 사용재료 및 조합방식 등이 결정되어야 한다. 식생기반재의 다른 모든 공법도 궁극적으로는 수변식물과 동물의 서식처 및 생육환경 개선을 목적으로 하고 있고, 식생계 공법과 조합하여 시공되는 사례가 많으므로 국내외의 적용사례를 보면 그 종류가 아주 다양하다. 국내 식생계 호안이 적용된 하천으로는 양재천, 안양천, 여의천, 오수천, 임실천, 우이천, 당월천, 중랑천, 내회암천 등이 있으며, 사용되는 재료로는 나무말뚝, 자연석, 천연섬유 롤, 천연섬유 네트, 고정핀, 갯버들, 갈대, 부들, 창포, 달뿌리풀, 키버들 등 각종 수변식물 등 다양한 재료가 이용된다. 식생기반재 재료를 사용한 공법은 식생 및 가공된 자연재

료를 사용한 식생호안공법과 자연재료를 그대로 사용한 공법으로 분류할 수 있다. 식생계 공법은 대체적으로 자연도가 높은 수로를 조성할 수 있다는 장점이 있는 반면 수로의 침식이나 세굴에 취약하다는 단점이 있다. <표 2-4>와 <표 2-5>는 식생기반재의 특성, 품질 및 내구성을 나타낸 것으로 식생기반재공법의 경우에는 돌망태나 황마망, 나무말뚝 등을 보강재로 사용하여 단점을 보완하고 있다. 자연재료를 그대로 사용한 공법은 버드나무가지나 갈대 줄기를 그대로 수로에 식재함으로써 시공시기가 매우 제한적이며 뿌리 활착이 느리므로 단기간 내에 사면의 보호가 어렵고 응달진 곳에 적용이 되지 않는 단점이 있다. 그러나 호안녹화를 위하여 원지반에 직접 식재하는 녹화공법과 코아네트, 쥘트네트 등과 같이 식생의 활착을 돕고 초기 침식을 방지하기 위해 자연적으로 분해가 될 수 있는 천연소재의 기반재를 식생녹화공법과 병행하여 시공하는 식생기반재 혼용 공법으로 구분하였다.

(표 2-4) 식생기반재의 특성, 품질 및 내구성(1)

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성
<p>● Products</p> <p>▶ 바이오롤 (Bio Roll)</p> 	<p>바이오 롤</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 코코넛의 장섬유와 다공질 세라믹 경량체인 바이오소일로 이루어진 원통형의 식생기반재</li> <li>○ 주로 수변부에 설치함으로써 물의 흐름이나 파장에 의한 침식을 방지</li> <li>○ 보수력이 뛰어난 다공질 입자의 바이오소일이 식물이 필요로 하는 유효수분을 충분히 확보</li> <li>○ 수생식물에 의한 녹화를 가능</li> <li>○ 다공질 입자인 바이오소일 내부에 부착, 서식하는 미생물은 수질정화 효과 촉진</li> <li>○ 식재된 식물의 뿌리가 본체를 통과하여 토양을 견고히 하고 세굴방지 및 유속감소</li> <li>○ 호안의 자연환경복원 기능을 극대화</li> </ul>
<p>▶ 바이오매트 (Bio Mat)</p> 	<p>바이오 매트</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 두께가 있는 식생기반매트이기 때문에 보수력이 뛰어나 시공직후 식물의 뿌리를 건조와 침식으로부터 보호</li> <li>○ 보수력이 뛰어난 다공질입자의 바이오소일이 식물이 필요로 하는 유효수분을 충분히 확보</li> <li>○ 다공질 입자인 바이오소일 내부에 부착, 서식하는 미생물은 수질정화효과 촉진</li> <li>○ 수생, 습생식물 군락형성을 위한 하천생태계 복원</li> <li>○ 호안 자연환경 복원의 기능을 극대화</li> </ul>
	<p>Pot Coir Roll</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연형 하천조성.</li> <li>○ 수변부 식물식재.</li> </ul>
	<p>론펜리핑네트</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 절개면을 흐르는 물을 흡수하여 유속을 완화시키고 침식을 방지</li> <li>○ 특수비료대는 보수력을 유지하여 건조하기 쉬운 법면에서의 생육에 효과</li> <li>○ 완효성 비료를 사용하여 장기간 유기질을 공급함으로써 식물의 지속적인 성장을 도모</li> <li>○ 네트, 특수 식생용지등의 복합적 효과로 종자의 유실이 억제</li> <li>○ 경량으로 시공성이 우수하며 현장에서의 운반성도 양호.</li> </ul>

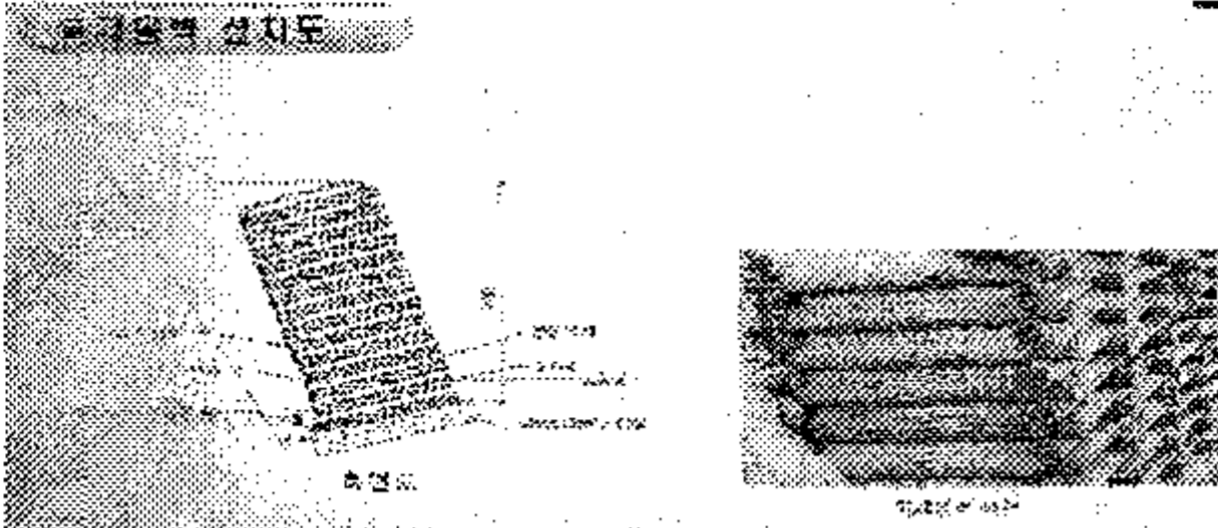
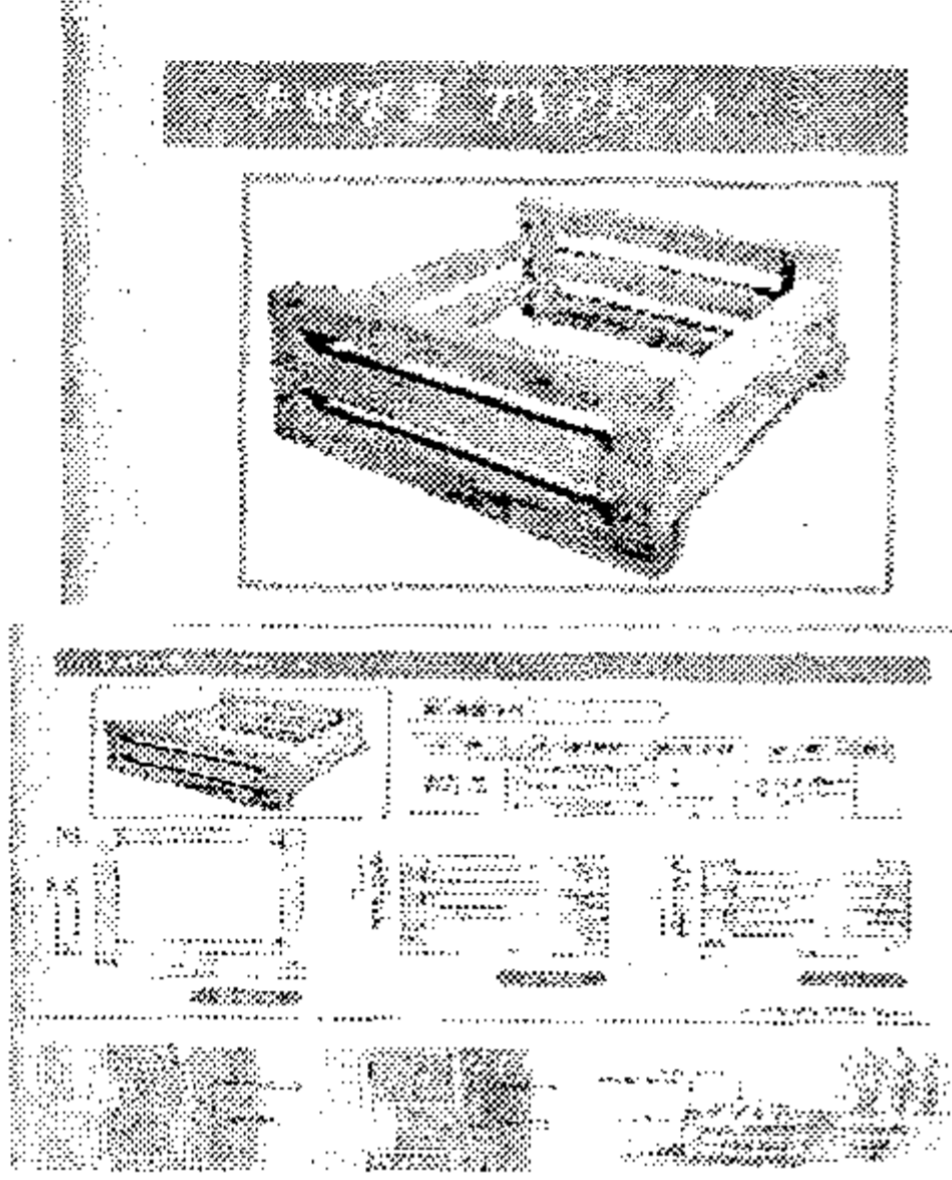
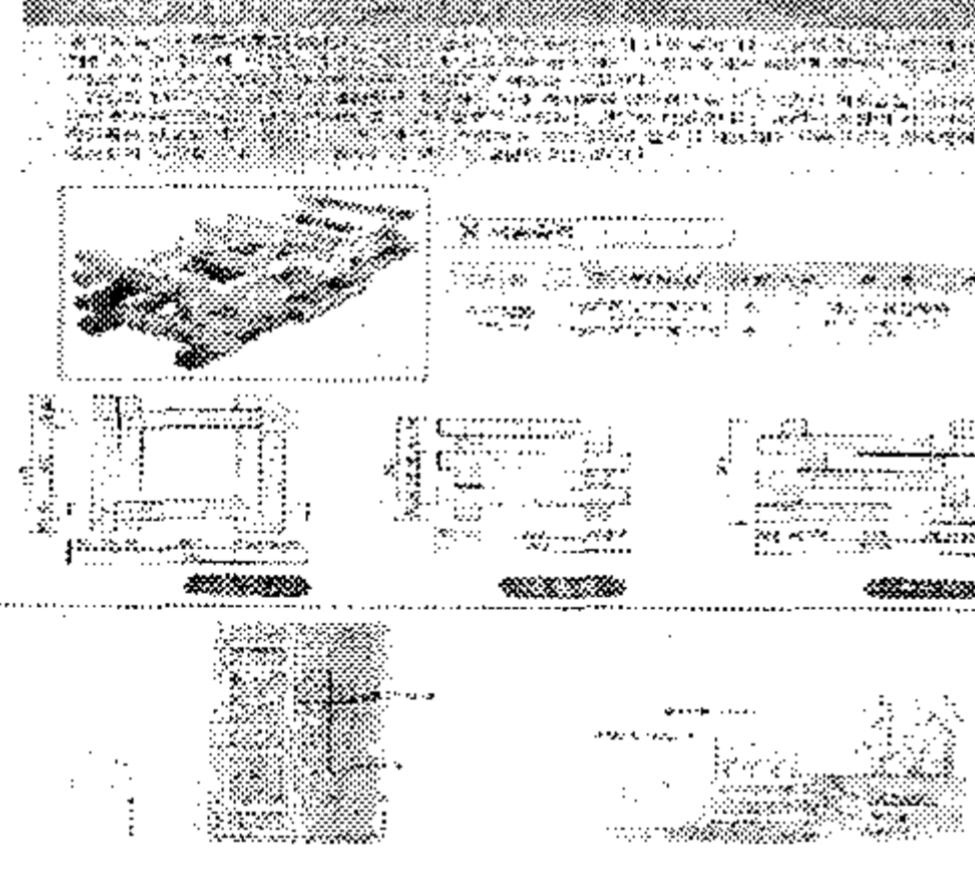
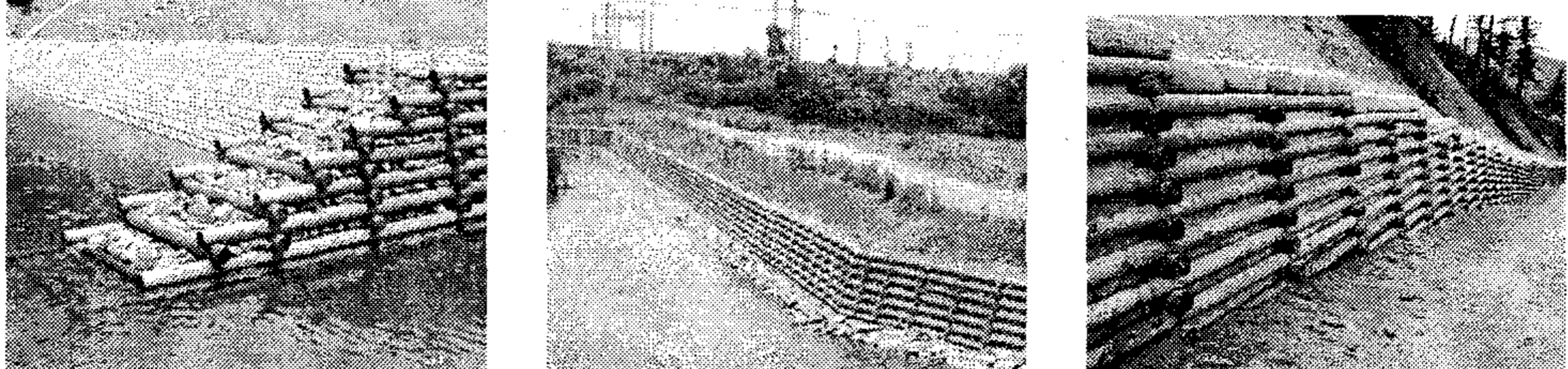
(표 2-5) 식생기반재의 특성, 품질 및 내구성(2)

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성 자료
	<p>론생벚짚</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단열효과에 의하여 고온과 한냉으로부터 종자의 보호와 발육 촉진</li> <li>2. 벚짚은 토양의 개량을 가져다준다.</li> <li>3. 특유의 보습성으로 토양의 수분을 유지한다.</li> <li>4. 벚짚으로 짠 거적은 시공직후부터 녹화가 이루어지기전이라도 폭우시의 토사유실, 토양침식을 방지한다.</li> </ul>
	<p>정화용 Coir Roll 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 자연형 하천조성.</li> <li>2. 하천 자정능력 강화.</li> </ul>
	<p>Coir-net</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 경사면 녹화.</li> <li>2. 모래언덕 유실방지.</li> </ul>
	<p>NGR mat란</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· NGR mat는 포복형의 지상경을 가진 한국 자생식물을 주요 소재로 사용하여 특수 제작된 용기에 생육에 알맞게 배합된 토양과 지효성 유기질 비료 및 특수처리과정을 거친 종자 또는 영양체를 넣어 발아, 발근 및 육성시켜서 (약 2개월~3개월)매트화한 자생식물 식생매트이다.</li> </ul>
	<p>원지반식생정착공법</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 공법은 절, 성토 사면 보호 및 조기 녹화는 물론 자연 천이의 촉진을 통해 훼손 생태계의 복구를 위하여 개발된 공법으로 자연이 지닌 복원력을 이용, 원지반에 직접 식물을 정착시키는 공법입니다.</li> </ul>

## 2) 목재계

목재계 소재 및 공법은 자연석, 사석 등 석재, 식생 등과 조합한 호안을 보호하는 공법이다. 이 공법은 완만한 비탈경사와 유속이 크지 않은 곳에 일반적으로 많이 사용되며, 전석이 적은 하천에 적용하도록 해야 한다. 목재계 공법은 나무틀 또는 상자에 돌을 채우는 방법과 섯다발, 나무말뚝, 나무널 울타리공 등 다양하게 적용되고 있으며, 중완류하천의 세굴이 우려되지 않은 직선호안부 등에는 비탈면에 윗가지를 깔고 식생을 병행하는 방법이 있다. 이러한 목재계 호안은 경관성이 있고 생물의 서식처 제공 등 생태학적으로도 양호한 특성을 가지고 있으므로 일반 하천에 많이 적용되고 있는 공법이다. 목재계 공법은 석재와 식생재료를 조합하여 많이 적용되고 있으며, 특히 식생계 호안의 기초부의 세굴방지 공법으로 널리 이용되고 있다. 또한 바닥 다짐공으로도 그 적용사례가 많으며, 일본의 경우 목재재료의 공장제품화에 의해 경제성도 갖추고 있고, 기계 시공에 의해 대폭적인 공사기간도 단축되고 있다. 우리나라의 경우에도 수요가 많이 발생하고 간벌재 등을 유용하게 활용하면 충분히 경제성이 있는 공법이 될 수 있다. 시공에 있어서도 특수한 기술을 요구하지 않으며 여러 종류의 경관형상을 조성할 수 있다. <표 2-6>은 목재계 특성, 품질 및 내구성 자료를 나타낸 것으로 목재계 공법을 적용하는 경우 호안 비탈경사를 가능한 완만하게(1:0.6이상)하고 계단은 가능한 작게 하는 것이 좋다. 수제부는 말뚝 울타리, 바구니계 등의 호안으로 보호하고, 채움돌이 아래로 흡출하는 것을 방지하도록 한다. 목재는 가능한 간벌재 및 그 지역의 것을 사용하고 방부제는 유해한 것을 사용하지 않도록 하여야 한다.

(표 2-6) 목재계 특성, 품질 및 내구성 자료

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성 자료
	<p>목재틀 옹벽</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연소재 이용하고 안정성이 높음.</li> <li>○ 내구성이 높고 공사기간이 짧음.</li> </ul>
	<p>수변방틀 TYPE-A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수변생태계의 보존과 수생식물의 생육환경을 제공하여 수변생태기능 유지</li> <li>○ 수중부에 작용하는 소류력을 채움석의 통수성으로 완화 기능</li> <li>○ 채움석의 다공질 공극은 어소(魚巢)의 기능과 수질의 자연정화 기능 촉진</li> <li>○ 친수공간 조성 및 미려한 도시 하천경관 창출</li> <li>○ 하천구조물의 인접 부분의 세굴을 방지</li> <li>○ 현장설치 및 조립을 최소화하고, 독립형으로 설치될 수 있으므로 경제적인 공법</li> <li>○ 독립형으로 사용할 수 있으므로 다양한 수변경관을 연출</li> <li>○ 부분손상시 손상부위만을 보수 또는 교환이 가능하여 유지관리 용이</li> </ul>
	<p>수변방틀 TYPE-B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 격자 틀을 단독형으로 독립시켜서 이것들을 나란히 하여 전체를 구성하는 점과 부재를 짧은 양카볼트로 고정하는 것으로 하여서 조립이 간단</li> <li>○ 어디에서나 조립하여 크레인으로 설치가 가능하며 시공기간이 단축되어 공사비가 절감</li> <li>○ 손상부분의 보수 및 교환 가능</li> </ul>
	

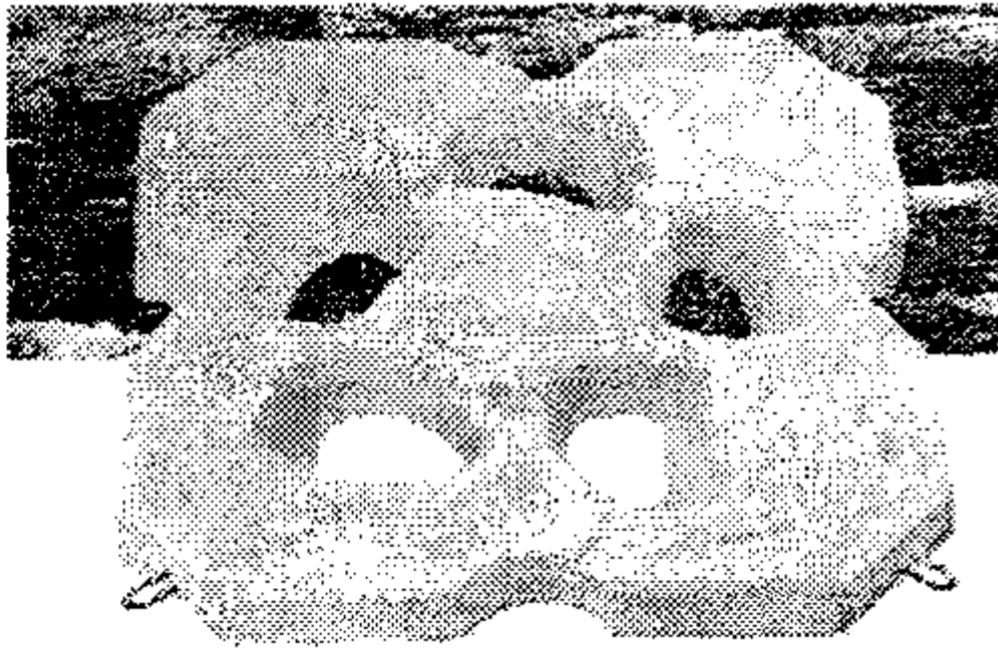
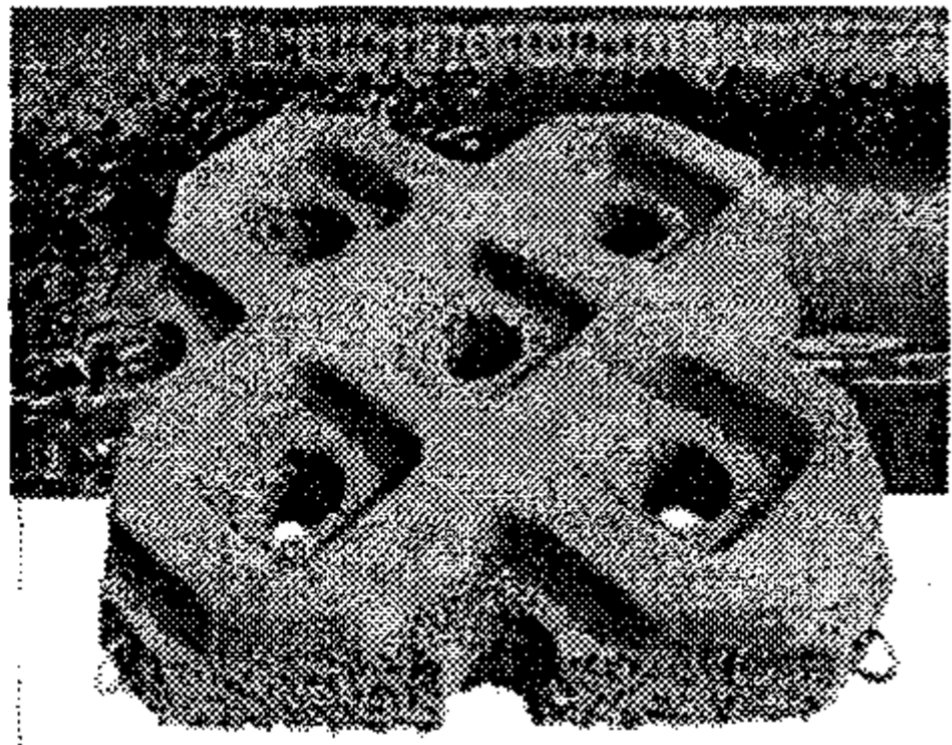
### 3) 콘크리트 식생블럭계

철선 망태계 호안 대신에 콘크리트 2차 제품을 이용한 바구니계 호안으로 바구니 공간에 자갈, 토사를 채움재로 사용하여 하천 비탈면을 보호하고자 하는 것이다. 철선 망태에 비해 작업이 용이하고 시공성이 뛰어나고, 식생의 복원이 가능한 공법이나, 철선 망태에 비해 인공색이 강한 단점이 있다. 블록계 재료를 사용한 공법은 다공성 식생호안블록을 사용한 공법과 콘크리트 호안블록을 사용한 공법으로 나누어 질 수 있으며, 두 공법은 많은 차이점을 가지고 있다. <표 2-7>에서부터 <표 2-9>는 콘크리트 식생블럭계 특성, 품질 및 내구성자료를 나타낸 것으로 공장제품으로 생산되고 있는 콘크리트 제품이 상당히 많이 시판되고 있는 실정이었다. 다공성 식생호안블록을 사용한 공법은 구조물 자체에 식물의 생육활착이 가능하여 뿌리가 원지반에 정착함으로써 뿌리가 블록간을 결속하고 사면을 안전하게 보호한다는 장점이 있다. 또한 투수재질로 인해 옹벽부 토압을 경감시켜 안정성을 확보하는 측면도 있다. 반면 다공성 블록에 식생을 도입해 활착시키기 위해서는 숙련된 기술을 필요로 하며, 부실한 시공이 됐을 경우에는 식생의 도입으로 인한 효과를 기대할 수 없어 안정성에 위협을 받을 수 있다. 호안블럭은 과거에는 일반 콘크리트 재료를 이용하였으나 요즘은 일반 콘크리트블록과 동등한 내침식 강도를 갖는 환경블록과 식생블록을 많이 사용한다. 환경블록과 식생블록은 식재공간을 두어 식재도 가능하며, 큰 유속에도 견딜 수 있으므로 수층부나 수공구조물 상 하류의 제방보호가 필요한 구간에 적용할 수 있어 치수적으로나 경관적으로도 양호한 호안의 형태이다. 근래에는 블록자체의 모양을 자연석과 같은 형태로 제작하여 자연석과 같은 경관을 창출하기도 하며, 블록사이의 공극에 채워진 객토는 지반과 연결되어 식물, 곤충, 미생물 등 생육가능한 수변생물의 서식공간을 제공할 수도 있다. 소하천은 하천의 중상류부에 위치하여 하도경사가 급하기 때문에 홍수시 큰 소류력이 발생하고, 또한 하폭이 협소하기 때문에 제방의 사면경사를 완만하게 할 수 없는 등 그 조건이 열악하다고 할 수 있다. 따라서 국내에서도 각종 보강재를 사용하여 홍수에도 안전하게 호안이 유지되도록 하는 공법들이 개발되고 있다. 블록계 공법에는 이러한 형태의 환경블록 외에도 다양한 형상의 중공 호안블록들이 많이 개발되고 있다. 또한 인조석 및 자연석을 단위 블록화 하여 2차 제품으로 개발된 경우도 많이 있다. 과거의 일반 블록과의 차이점은 다양한 방법으로 식생을 할 수 있는 공간을 제공하고 있다는 것이다. 경제적이며 자연스러운 모양을 갖는 연결 인공석 호안공법으로 여러 개의 인공석을 서로 연결 일체화한 환

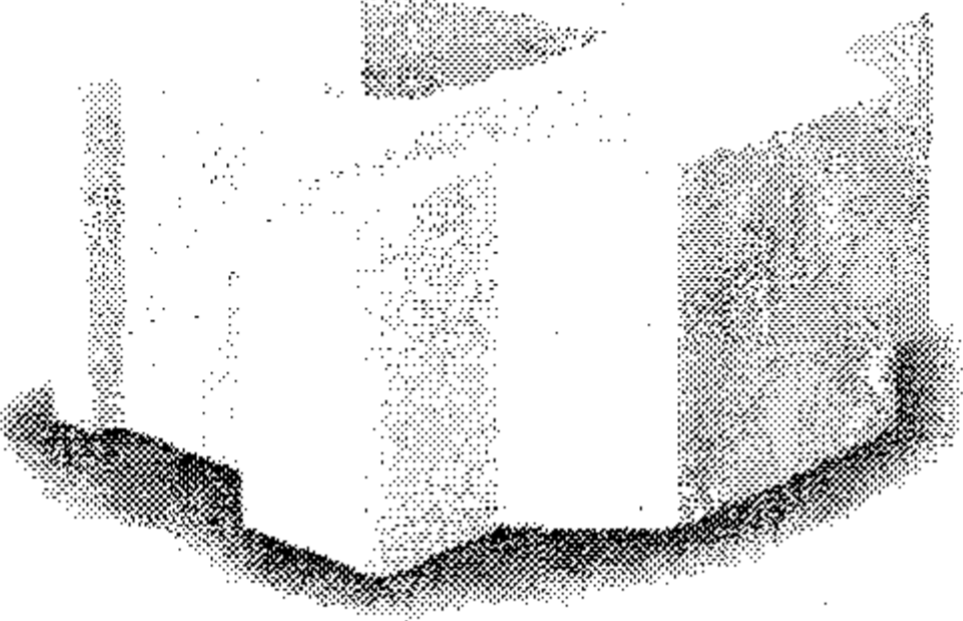
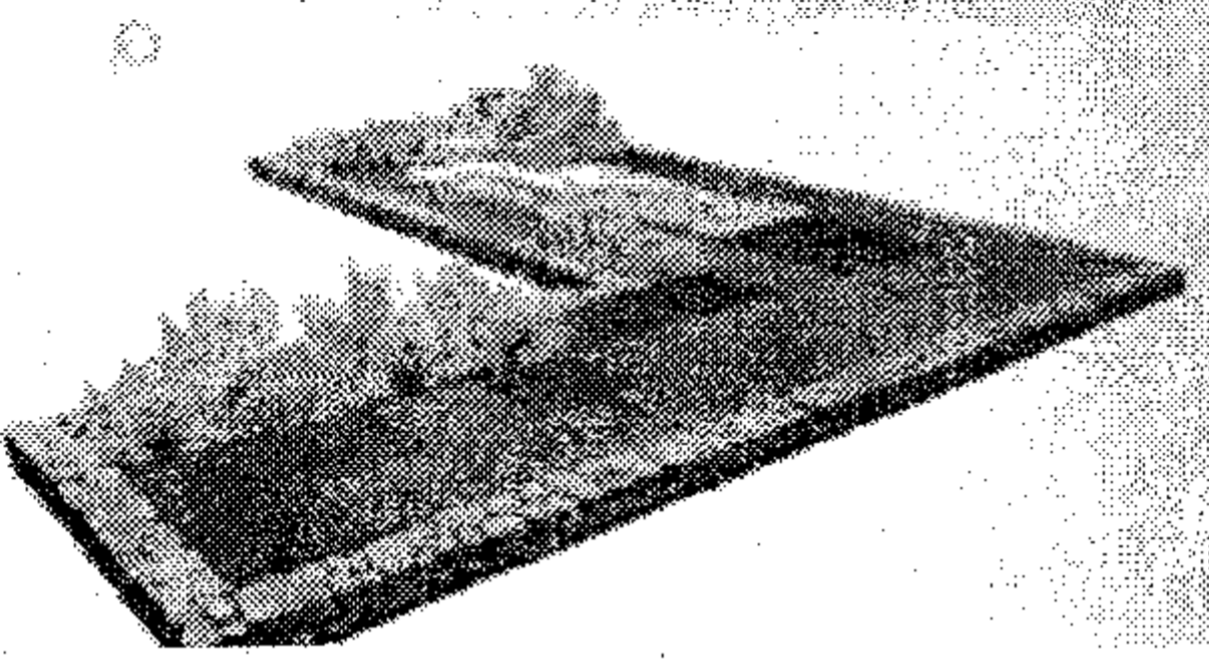
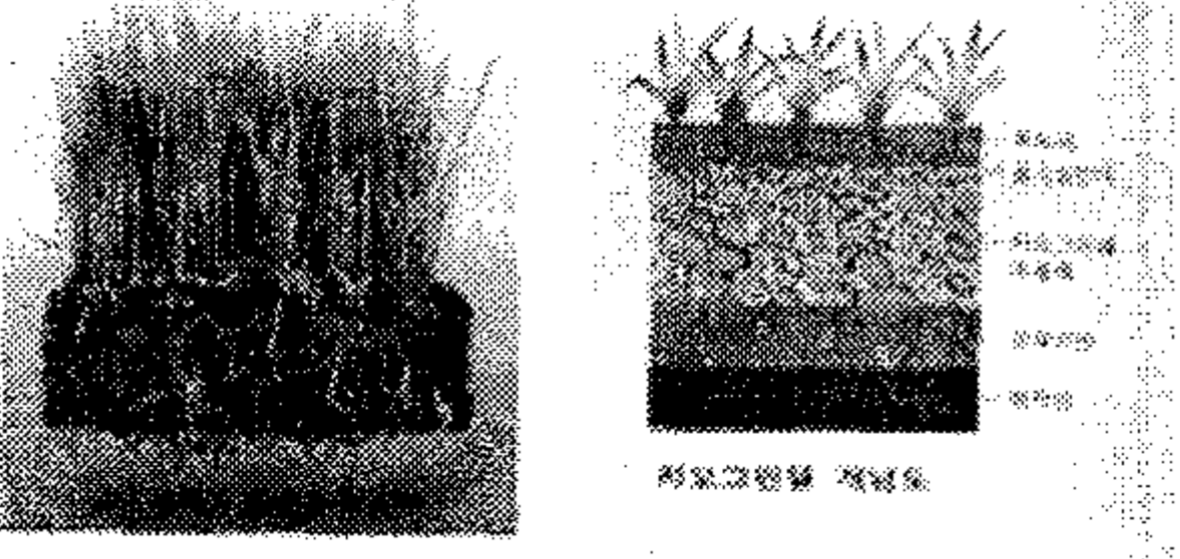
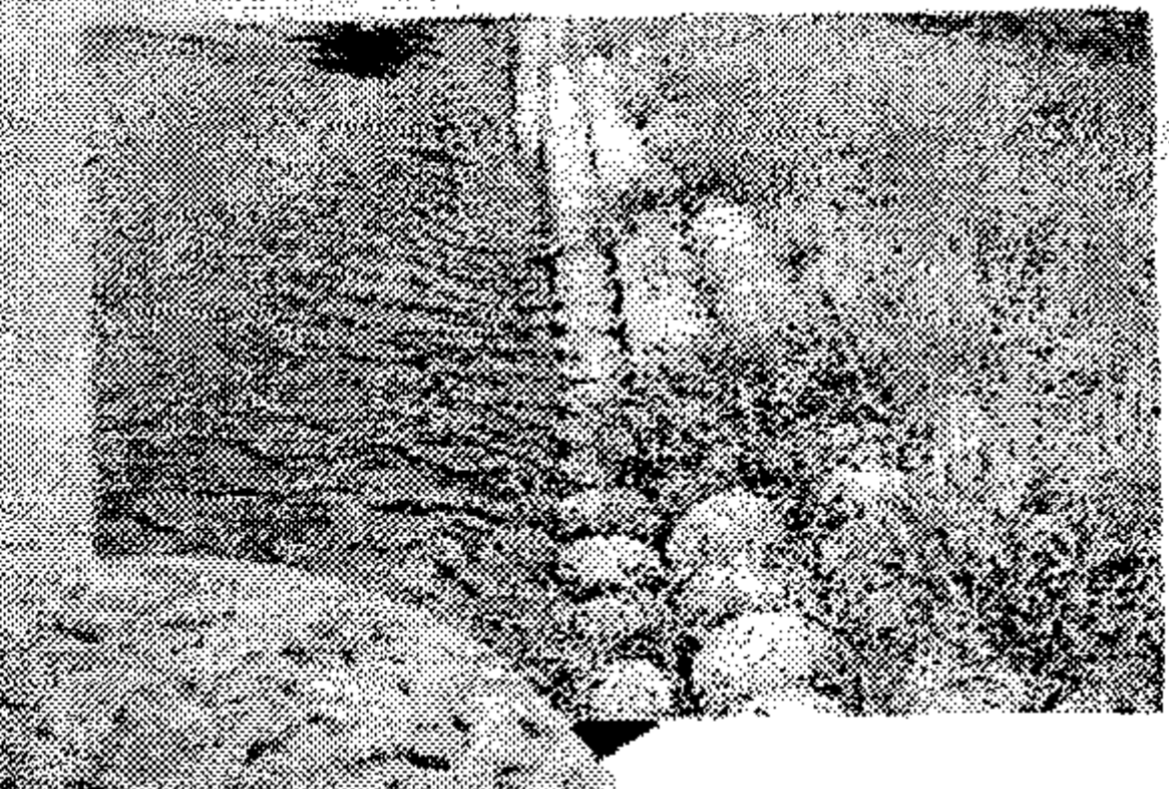


경 보전형 블록형식으로서, 식생기능, 생태계 보호 기능, 수변경관 기능과 어 소기능도 기대할 수 있다.

(표 2-7) 콘크리트 식생블록계 특성, 품질 및 내구성(1)

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성 자료
	<p><b>녹화꽃블록</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○경사지 법면에서 표토층의 안정을 증진시키고 블록의 통수성이 우수하여 짧은 시일에 자연 상태로 복원</li> <li>○ 호안, 유수지, 하천하상 세굴방지 등에서 블록 부재의 표면을 흐르는 물의 유속저항을 크게 하여 수리학적 안정성 우수</li> <li>○ 외관형상이 배꽃의 형상을 하고 식생후 미려한 외관을 자랑하며, 환경친화적인 구조</li> </ul>
	<p><b>바이오식생블록</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○고기능 식생블록으로 9-25mm의 단입도의 굵은 골재(부순돌 및 순환골재)를 사용함으로써 식물의 생육과 착생에 유리하도록 인위적으로 연속공극을 형성</li> <li>○연속공극을 통한 자체 배수기능으로 다기능블록 배면의 수압을 경감함으로써 법면의 유실과 침식 방지</li> <li>○ 제방 및 절개지의 안정을 도모하며 또한 식물의 생육으로 미생물과 소동물의 생육 공간 및 이동통로를 제공</li> <li>○강도향상과 중성화 촉진 증대시키기 위하여 콘크리트용 시멘트 대응으로 저알칼리 무기질 바인더 실리카폼, 플라이애시를 혼입하여 제조</li> <li>○결합제의 유동성과 동결융해저항성을 향상시키기 위하여 고성능 AE감수제를 첨가하여 강도 특성과 내구성 우수</li> <li>○자연생태계를 복원 할 수 있는 기능</li> </ul>
	<p><b>비료블록</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경오염과 생태계 피해 지역에 적용함으로써 식물의 착상 및 성장에 필요한 영양분을 원활히 공급하여 자연생태계의 식물연쇄에 의한 환경복원</li> <li>○식생용 포러스콘크리트 제품으로 일반 콘크리트제품의 구조적 기능 만족</li> <li>○블록홈 공극 외에도 몸체 공극으로도 식물뿌리가 단시간 내에 활착 가능</li> <li>○주변 환경과 조화가 빠른 환경친화블록</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경오염과 생태계 피해 지역에 적용함으로써 식물의 착상 및 성장에 필요한 영양분을 원활히 공급하여 자연생태계의 식물연쇄에 의한 환경복원</li> <li>○잔디블록</li> </ul>

(표 2-8) 콘크리트 식생블럭계 특성, 품질 및 내구성(2)

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성 자료
	<p>에스에쓰 식생옹벽블럭</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축조구조로 되어 전도위험이 없으며 수로에 인접하여 석축 및 옹벽 대응이 가능.</li> <li>○ 사면과 식생공간이 서로 연통되어 식물의 생장도도모하고 옹벽 구조물의 안정.</li> <li>○ 하폭과 고수 폭이 좁은 상류역에 적합하며 제방사면의 침식방지 효과가 뛰어나.</li> <li>○ 수직으로 적층되는 경우에도 식물이 자랄 수 있는 식생 공간과 외부 식생공간 제공.</li> <li>○ 간격부의 상면이 식생 공간을 향한 하향 경사면을 이루도록 함으로써 옹벽 구조내의 지하수, 우수 등을 원활히 배출.</li> <li>○ 중앙부 앞면 또는 양단부의 앞면이 하향 경사면을 이루도록 함으로써 수직으로 적층될 경우에 식생공간이 외부로 노출되는 면적을 넓게 하고 그 상부의 식물이 자랄 수 있는 공간을 넓게 확보</li> </ul>
	<p>Eco-Plate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관수만으로 푸른 초지 조성 가능.</li> <li>○ 자연소재인 코코넛 섬유와 더스트를 이용하여 환경오염에 자유로운 녹화시스템 추구</li> <li>○ 단위면적당 설치비 저렴.</li> <li>○ 유지 관리비 절감</li> <li>○ 경사면 시공 가능(보조프레임 설치시)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다공질콘크리트로서 공극구조에 의한 필터기능</li> <li>○ 연속 공극내부에 식물의 작용에 의해 수질 정화기능</li> <li>○ 현장에서 제작하지 않고 공장에서 제작하여 시공</li> </ul>
	<p>피너콘 매트</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피너콘은 투수성, 통기성이 우수하여 녹화외에 물의 지하침투 등 물의 제어기능</li> <li>○ 피너콘의 포러스콘크리트는 공극특성과 표면 특성에 의해 다양한 식, 생물에 적합한 생식공간 형성</li> <li>○ 뿌리와 줄기가 제품의 연속공극이나 피너콘의 접합부 공간을 통해 호안배후의 지반에 활착되어 전단면적을 한 개의 유니트화 함으로 생태계와의 조화와 공생을 가능</li> </ul>

(표 2-9) 콘크리트 식생블럭계 특성, 품질 및 내구성(3)

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성 자료
	<p>소하천생태블럭 1형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하천 저수로와 인접한 호안에 블럭을 쌓아올려 어류 및 곤충류 등의 서식장소 및 피난처를 제공</li> <li>○ 규모가 작은 소하천에서 수로와 인접하여 석축 및 옹벽의 대용이 가능</li> <li>○ 식물의 식재는 인공토양과 종자를 배합한 식생낭을 사용함으로써 안정된 식생활착이 가능</li> <li>○ 블럭내부에 연속공극이 형성되어 균일한 식물활착과 연속화 된 생태공간 형성</li> </ul>
	<p>소하천생태블럭 2형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 블럭을 구성하는 각 부재가 강선으로 연결되어 일체화됨으로써 시공성 및 안정성이 우수하고 곡률반경이 작은 곡선부에도 설치 용이</li> <li>○ 식재공간이 넓어 왕성한 식물생육을 기대할 수 있으며 수생, 육상 소형 동식물에게 좋은 서식 공간을 제공</li> <li>○ 블럭 내부에 연속공극이 형성되어 사면전체가 일체화됨으로써 균일한 식물활착과 연속화 된 생태공간 형성.</li> </ul>
	<p>생태식생옹벽블럭</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유속이 빠르고 급경사 하천에 적합.</li> <li>○ 기계화 시공으로 공기단축과 비용 절감.</li> <li>○ 블럭의 키에 의하여 상하좌우 연결구조로 배면 토압 및 빠른 유속에 안전.</li> <li>○ 블럭의 깊이와 용량이 크고 내부 토사가 상하 연속되는 구조이므로 목본부의 식재 가능.</li> <li>○ 전면에 자연 식생 공간을 극대화, 식재면이 수평을 유지하여 토사 유출이 적고 수목 생육의 공간 확보</li> </ul>

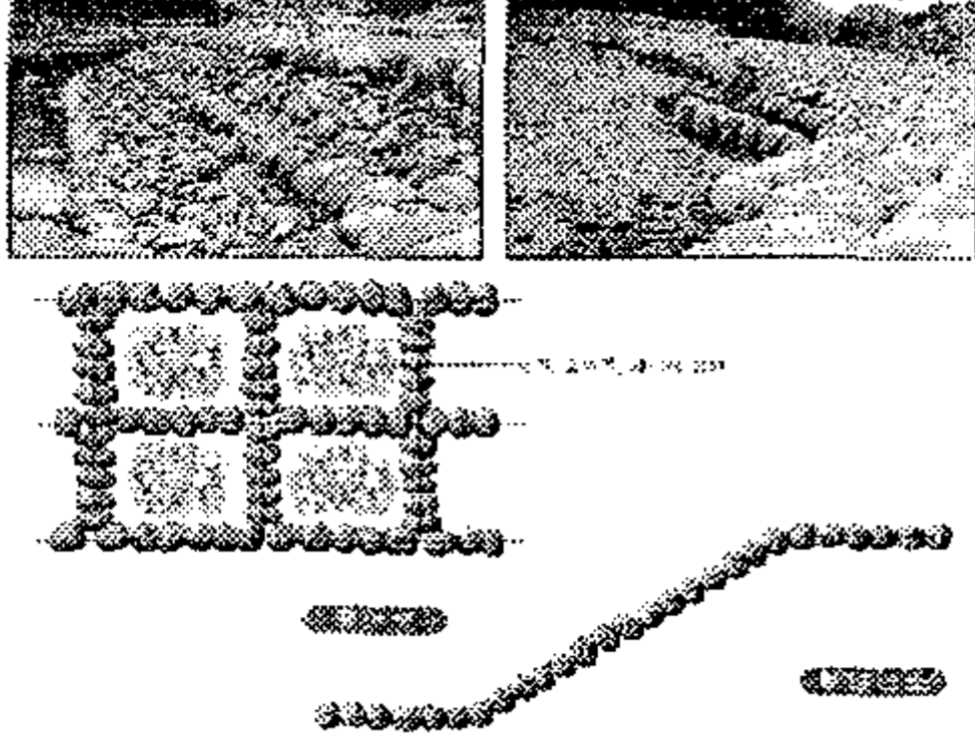
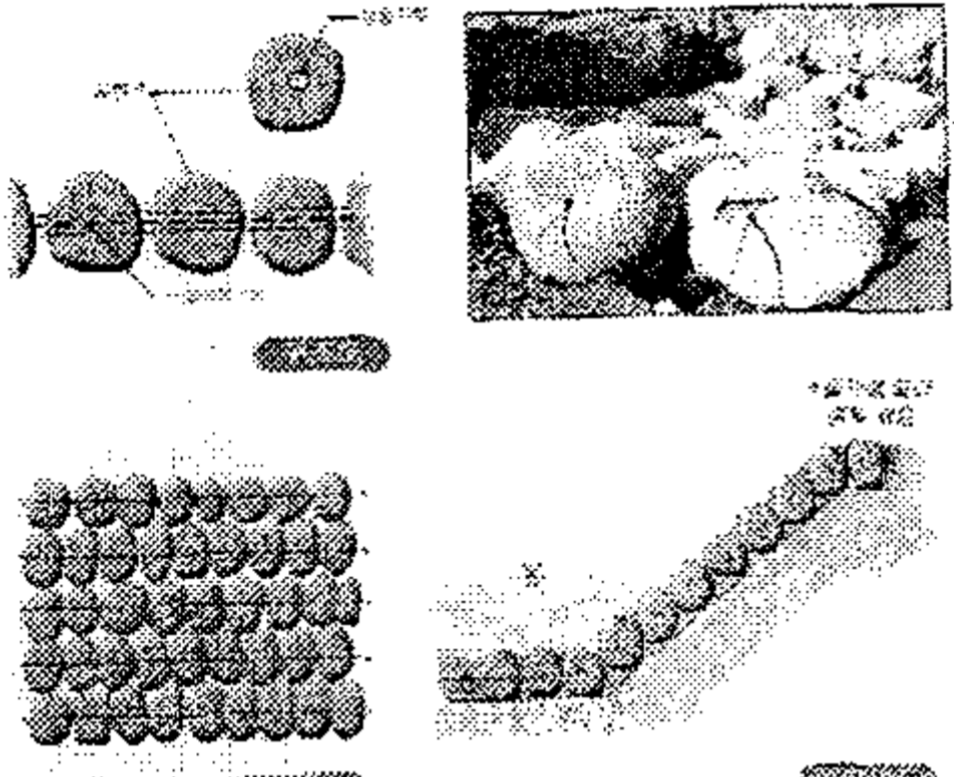
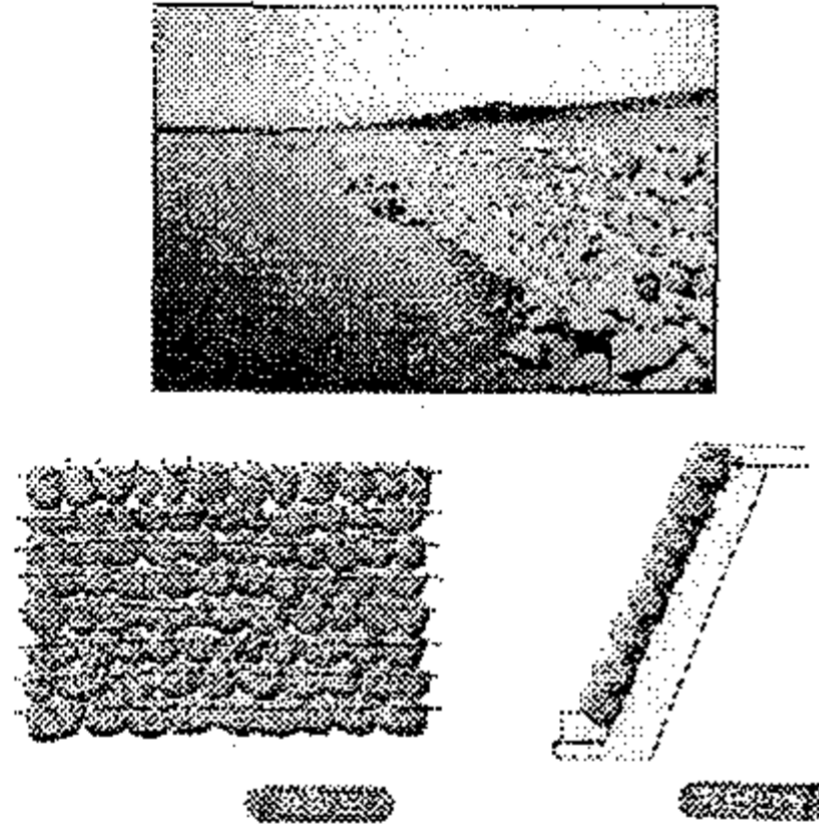
#### 4) 석재계

큰 유속 및 유수력에 저항력이 크고 재료의 취득이 용이하기 때문에 과거부터 널리 사용되어 오던 호안공법이며, 근래에도 하상경사가 급하고, 유속의 변화가 큰 소하천 등에서는 가장 많이 사용되고 있는 공법으로 <표 2-10>은 석재계 특성, 품질 및 내구성 자료를 나타낸 것이다. 호안용 재료로 많이 사용되는 돌은 자연석, 깬돌, 폐석, 가공석 등 다양하며, 제방비탈돌 깔기, 돌쌓기, 돌붙임 등 시공방법도 다양하고 적용범위도 넓다. 일반적으로 돌 깔기는 비탈경사가 완만한 곳, 돌쌓기는 비탈경사가 급한 곳에서 적용되는 방법이며, 어류의 산란 및 서식장소 등 양호한 생태환경을 조성하기 위해서는 가급적 모르타르의 사용을 지양하는 것이 바람직하다.

표층이 약력, 항력, 유수의 충격 및 침식작용에 견딜 수 있는 충분한 강도를 가지고 있다고 하더라도, 기초토양의 포화에 의한 강도의 약화, 표층과 기초토양의 경계면에서 발생하는 한계류의 흐름 등의 원인에 의해 기초토양이 유실되고, 표층의 공극을 통해 씻겨 나가게 된다. 석재계 호안에서 특히 유의하여야 할 사항은 이러한 흡출에 의한 호안 하층의 토양유실을 방지하는 것이다. 과도한 흡출은 호안을 파괴하게 되고 급기야는 제방의 파괴를 초래하게 되므로, 이러한 흡출에 대한 방지대책이 필요하다. 하천공학에서 주로 사용되는 흡출방지 대책은 토목섬유와 자갈필터이다. 토목섬유나 자갈필터의 수리학적 특성은 유사하기 때문에 재료와 공간의 유용성, 시공의 편리성, 위치 등과 같은 점을 고려하여 선택한다. 또한 철선으로 짜인 바구니에 돌을 채우거나 돌무더기를 철망으로 고정하는 방법 등으로 만들어지는 호안으로서 내구성과 굴요성이 크기 때문에 유속이 빠른 하천지역과 수공구조물의 상하류지역 등 흐름의 영향을 많이 받는 곳에서 제방과 하상의 보호공으로 적합하다. 그리고 사석, 자연석 쌓기 등 석재계 공법에서 사용되는 것보다 작은 치수의 돌을 사용하기 때문에 큰 치수의 돌을 구하기 어려운 곳에서도 적용할 수 있는 공법이다. 이러한 바구니계 호안은 그 자체로서 생물의 서식처 기능을 확보할 수 있으나, 경관성을 높이기 위해서는 시공 이후 복토 등을 수행하고 식생을 행하는 것이 좋다. 바구니계 호안은 굴요성이 있는 돌망태 등을 이용하기 때문에 어느 정도의 침하나 세굴에도 견딜 수 있으며, 철선이 부식되면 돌이 유출되므로 유지관리가 중요하다. 돌틈으로 토사가 퇴적되면 자연적으로 초본류가 성장하여 수변 경관을 창출할 수 있지만, 도시지역은 오염물질의 걸림이나 오염수에 의한 철선의 부식 등이 우려되기 때문에 가급적 적용하지 않는 것이 좋다. 건조한 장소에는 식생이 빈약한 경우가 있으며,

식생의 성장을 유도하기 위하여 복토를 수행하고 식생을 식재하기도 한다  
유속이 빠른 수층부에도 적용할 수 있으며, 경제적으로도 유리하기 때문에  
많이 사용되고 있는 공법이다.

(표 2-10) 석재계 특성, 품질 및 내구성 자료

소재 및 공법	특성, 품질 및 내구성 자료
	<p>격자형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○자갈, 호박돌, 사석을 깔고 부분적으로 UNION STONE을 격자형으로 설치 보강합니다. 흐름이 완만한 하천이나 수충부 이외의 장소에 사용</li> <li>○와이어의 관통이나 앵커박기 등의 수량이 줄어드는 만큼 경제성 우수</li> </ul>
	<p>관통형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○채석장소에서 구멍을 뚫어 현장에 반입, 또는 현장에서 구멍을 뚫어서 가공</li> <li>○현장에서 1개씩 자연석의 형상, 크기 등을 고려하면서 설치하고 와이어로프로 연결</li> <li>○현장의 상황에 맞추어서 마무리가 가능하기 때문에 구조상 안정</li> </ul>
	<p>석축 앵커형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○뒷채움 콘크리트 대신에 앵커와 와이어로프를 사용하여 토류옹벽에 콘크리트구체를 만들고, 그 전면에 자연석을 쌓아 시공</li> <li>○자연석과 콘크리트의 양측에 앵커를 박아 넣어서 서로 연결되도록 와이어로프를 통과시켜 결속하여 구조적 안정성 확보</li> <li>○공극부분에 흙을 넣음으로써 식생이 가능하고 자연스러운 경관이 연출</li> </ul>

## 2.2 친환경 소재 · 공법지구 생태복원 모니터링 분석

친환경 소재 및 공법을 적용한 지구의 모니터링 목적은 친환경정비가 이루어진 지역에 대한 모니터링을 통해 문제점 및 개선방안 검토하고 친환경 공법별 유지관리 상태를 점검하는 것을 목적으로 분석하였다 또한 친수공간 형성, 홍수방지 역할, 생태계복원 등의 기능을 분석하였다.

생태복원 모니터링 분석을 위하여 조사시점의 각 공법의 유지관리 상태에 초점을 맞춰 육안조사 및 사진촬영하고 친환경적 공법 적용 후의 식생 현황을 1회에 걸쳐 모니터링 하여 출현종과 우점종을 분석하였다. 그리고 피도를 방형구를 이용하여 표본조사를 실시하였다.

조사지역은 친환경사업의 일환으로 사업이 실시된 지역 중 조사의 효율성을 고려하여 연구기관에서의 거리와 현장 접근성 등을 검토하여 정기 식생조사지역으로는 전남 영광군의 오동지구를 선정하였고, 비정기 모니터링 지역으로 경기도 여주군의 송삼지구를 선정 하였다.

전남 영광군 오동지구의 용·배수로 정비는 지역주민의 쾌적한 생활문화권과 영농편의를 제공할 목적으로 2002년 11월부터 2003년 11월까지 총 연장 875 m의 용·배수로에 곤충서식블록, H형 블록 그리고 그린매트 등의 소재를 이용하여 완료되었다. 오동지구 용·배수로의 상류에 수원(水源)인 오동제가 위치해 있다. 수로의 폭은 상폭 4~6 m, 하폭 2~3 m 정도로 비교적 큰 규모의 용·배수로에 속하며, 중류부에 이르러 배수로의 역할을 겸하다가 하류부에서는 배수로의 역할을 하다가 바다로 유출되는 다양한 기능을 가진 수로이다. 수로의 수혜면적은 502 ha에 달하며 주변은 전형적인 농촌으로 수로의 중류부 주변에는 마을이 위치해 있고, 오동제로부터 유입되는 수로 상류와 하류부 주변에 농경지가 자리하고 있다.

세부설계 내용으로는 수로의 875 m 구간을 3개 구역으로 나누어 상류부를 치수안정구역, 중류부를 친수시설구역, 하류부를 자연친화구역으로 분류 시공하였다.

상류부의 치수안정구역에서는 저수지에서 유하되는 유입수로 인해 수로바닥이 세굴되는 것을 방지하기 위하여 스톤바스켓을 설치하였고 사면은 통수능력이 우수하며 블록내부에 식생을 도입할 수 있는 H형 블록을 사용하여 경관성과 사면의 안전성을 높였다.

중류부의 친수시설구역은 취락이 인접해 있는 지역으로 주민들의 친수활

동이 활발하며 휴식공간으로 사용되고 있는 마을정자가 위치하고 있다. 마을정자 주변에 잔디 식재가 가능한 에코블록 포장을 하여 경관성과 공간 활용성을 높였고 사면에는 환경블록과 곤충서식블록을 설치하였다. 곤충서식블록은 수로의 통수단면과 인접도로의 폭을 최대한 확보하기위하여 중류부에 주로 시공하였다. 용수로 안으로 다량의 토사가 유입되는 지점에 간이 침사지를 설치하여 장마철에 수로의 통수능을 확보하고 침전조는 연 1회 준설함으로 수로의 통수능이 저하되지 않도록 하였다. 하류부의 자연친화구역은 치수상의 문제가 없는 구역으로 그린매트를 이용하여 식생을 도입함으로 최대한 자연상태에 가까운 수로로 조성하였다.

식재식물로는 상류부에서는 저수지로부터의 유입되는 상류지역이라는 특성 때문에 치수기능에 중점을 둔 치수안정 구역으로 세굴방지를 위한 하천 사면의 안정화가 중요한 지역이다. 뿌리가 깊어 유수에 의한 토사의 유출을 방지할 수 있으며 수위의 정도에 따라 내습성과 내건성을 동시에 지닌 달뿌리풀, 참억새, 갈대, 부들, 갯버들을 식재하였다. 그리고 중류부에는 취락이 인접한 지역으로 마을정자가 위치하여 주민들에게 휴식과 쾌적한 공간을 제공하는 지역이므로 경관적 기능을 향상시키기 위하여 계절마다 꽃을 피울 수 있는 금불초, 구절초, 노랑머리연꽃, 노랑꽃창포, 솔채꽃, 솔패랭이, 철쭉 등을 식재하였다. 하류부에서는 이 구역은 치수상의 문제가 없는 지역이므로 수로의 자연성을 최대한 살려서 생물의 다양성을 높이는 서식공간을 만들어 수생식물의 군락을 유도하며 그늘을 형성할 수 있는 수크령, 속새, 고마리, 미나리 등을 식재 하였다.

### 2.2.1 식물상 조사

조사기간으로는 2005년 10월 중 오동지구 사업지의 상류부, 중류부, 하류부 내의 각 적용공법별로 구역을 구분하여 식생분포를 정밀조사하고 조사현장을 촬영하고 식물채집을 실시하였다. 식생조사는 상류에서 하류로 이동하면서 식생조사지 조사구 및 그 주변에 생육중인 식물을 수중식물(물속에 식물체가 잠기거나 또는 뿌리의 줄기의 아랫부분이 물에 잠기는 식물), 수변식물(습기가 많은 사면의 식물)의 2가지 유형으로 나누어 구분 하였으며, 현장에서 식별이 불가능한 종에 대해서는 표본을 채집하여 실내에서 동정하였다. 식물종의 동정에는 원색대한식물도감(이창복 2003))에 근거하여 분류하였고 학명과 국명도 이를 근거로 하였다.

식생조사는 각 조사지점(사면, 하상)마다 1m×2m의 방형구를 3개씩 설치하



고 각 방형구에 출현한 식물 종에 대하여 해당종의 피도계급(cover class)을 측정하였다. 피도계급은 식생이 지표면을 덮고 있는 면적의 정도를 <표 2-11>과 같이 7계급으로 구분하였다. 방형구의 설치가 어려운 중류부의 환경 블록 설치구에서는 출현종과 개체수에 따른 우점도만을 조사하였다.

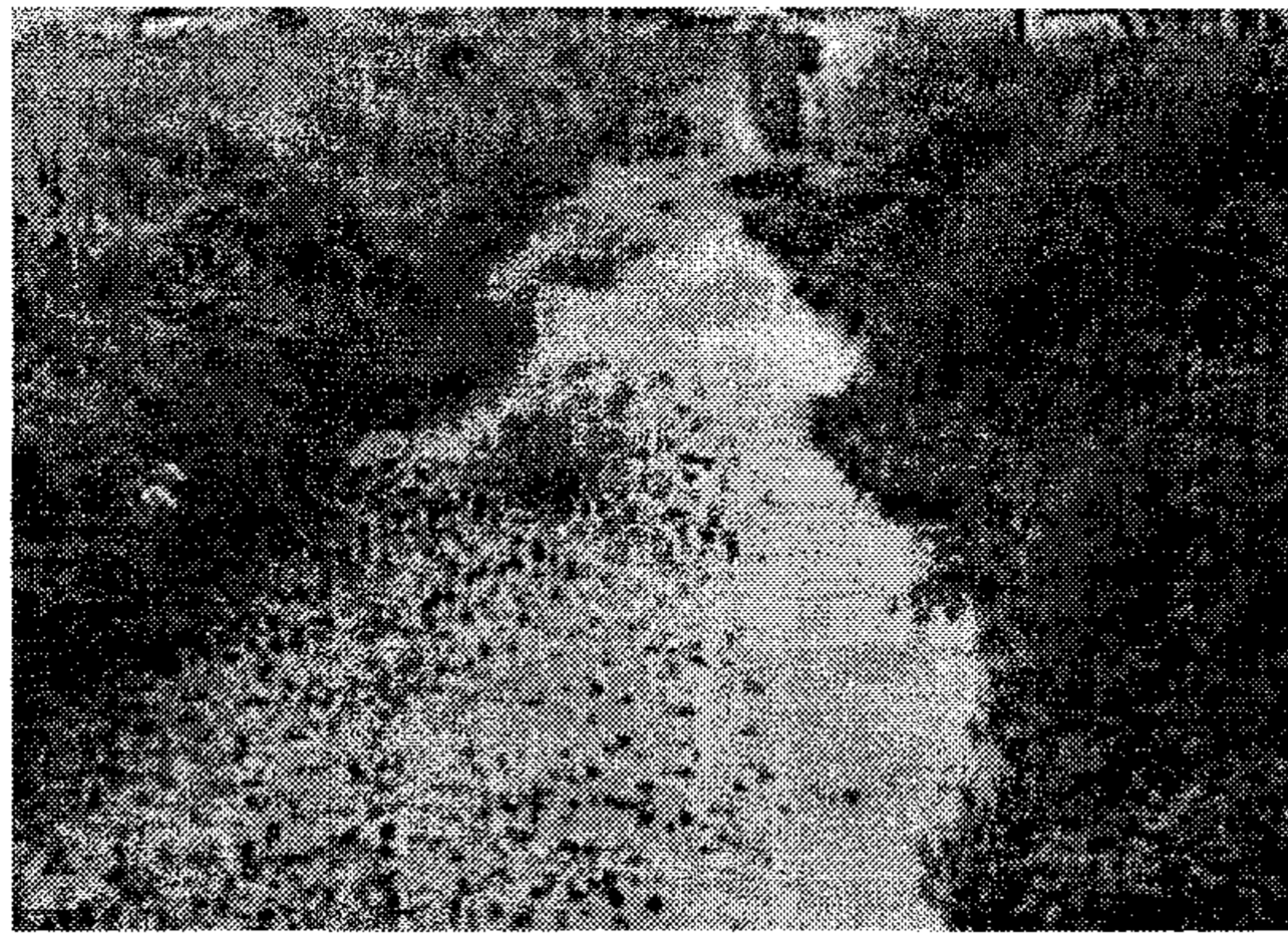
(표 2-11) 피도계급을 판정하는 기준

피도계급	판정 기준
5	피도가 조사면적의 75-100%(3/4-1)를 차지하는 종
4	피도가 조사면적의 50-75%(1/2-3/4)를 차지하는 종
3	피도가 조사면적의 25-50%(1/4-1/2)를 차지하는 종
2	피도가 조사면적의 5-25%(1/20-1/4)를 차지하는 종
1	개체수가 많지만 피도는 5%이하를 차지하는 종
+	개체수가 적고 피도는 1%종도를 차지하는 종
r	조사지에 우연히 출현하는 개체수가 적은 종

본 조사결과는 조사시기가 가을 한철 1회의 조사로 제한적이어서 봄과 여름에 출현하는 식물을 관찰할 수 없었기 때문에 종의 수가 적게 나타났다. 상류부에서는 <그림 2-1>과 같이 상류부 사면은 H형 블록을 시공하였고 블록내부의 공간에 잔디를 식재하였으며 사면의 상부에 달뿌리풀, 참억새, 갈대, 부들, 갯버들을 식재하였으나 사면 하단부의 수면에 인접한 부분을 제외하고는 대부분 실사초, 강아지풀, 물억새, 명아주, 뚝새풀, 피, 돼지감자, 수크령, 속새, 환삼덩굴 등의 다년생 초본류가 우점하여 밀생하고 있으며, 족제비싸리, 짚레, 싸리 등의 목본식물이 출현하였다.



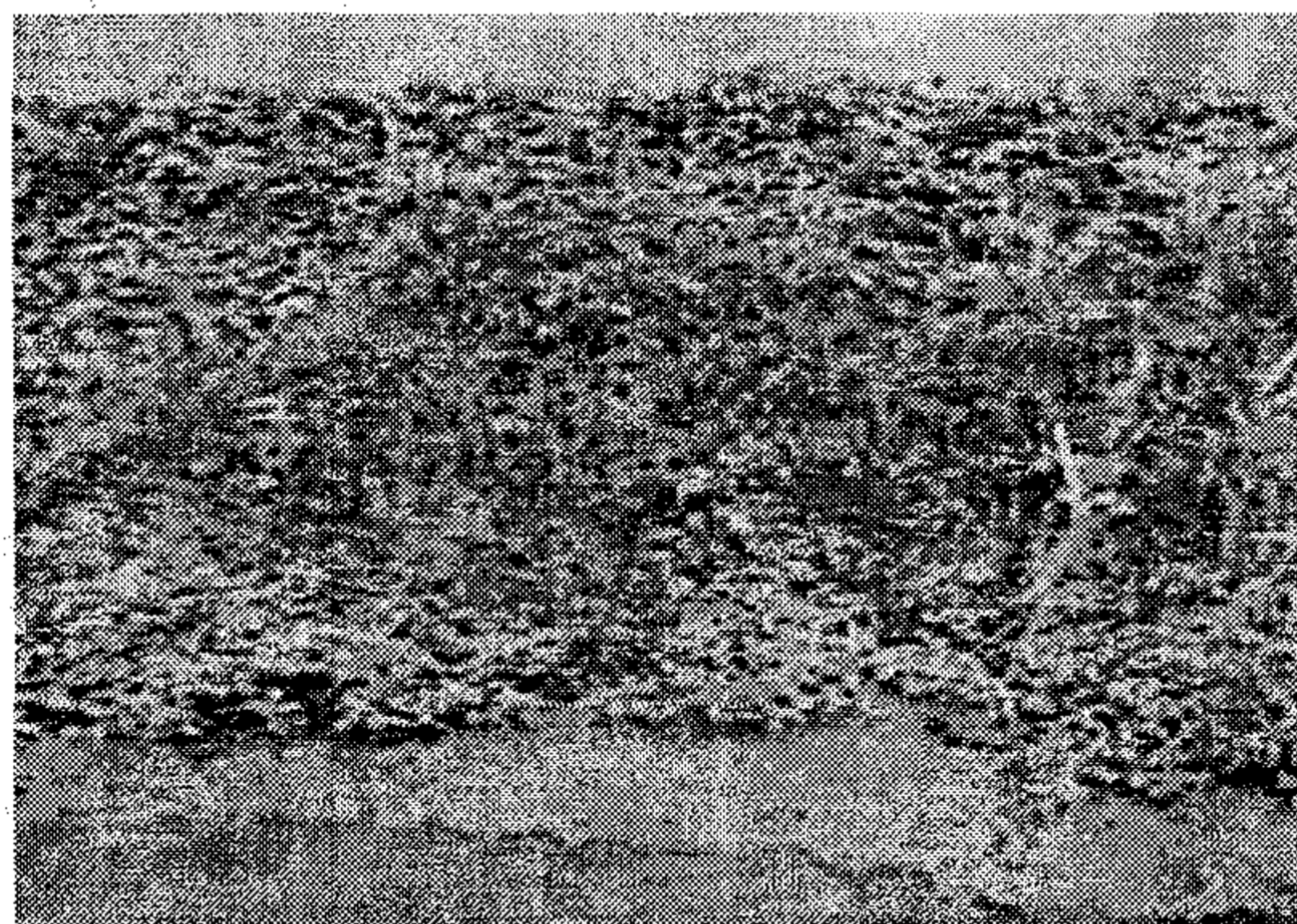
<그림 2-1> 상류부사면의 식생(족제비싸리의 생육)



<그림 2-2> 상류부의 마름군락

<그림 2-2>와 같이 용수로 내부는 검정말, 개구리밥, 마름, 가래, 네가래, 고마리, 미나리, 질경이택사, 닭의장풀 등이 군락을 형성하여 통수능을 저해할 수 있겠으나, 본 조사가 가을철 한 계절에 이뤄져서, 정확한 조사가 경작 시기를 맞춰 다시 이뤄져야 확인할 수 있을 것 같다.

중류부에서는 <그림 2-3>과 같은 중류부의 H형 블록 시공 사면의 식생은 상류부에서와 같이 식생에 의해 블록의 존재를 육안으로 확인하기 어려울 만큼 밀생하고 있었으나 사면 상단부에서는 독을 활용한 콩의 경작으로 키가 큰 초본류와 목본식물의 생육이 억제되어 있는 점이 상류부와 달랐다.



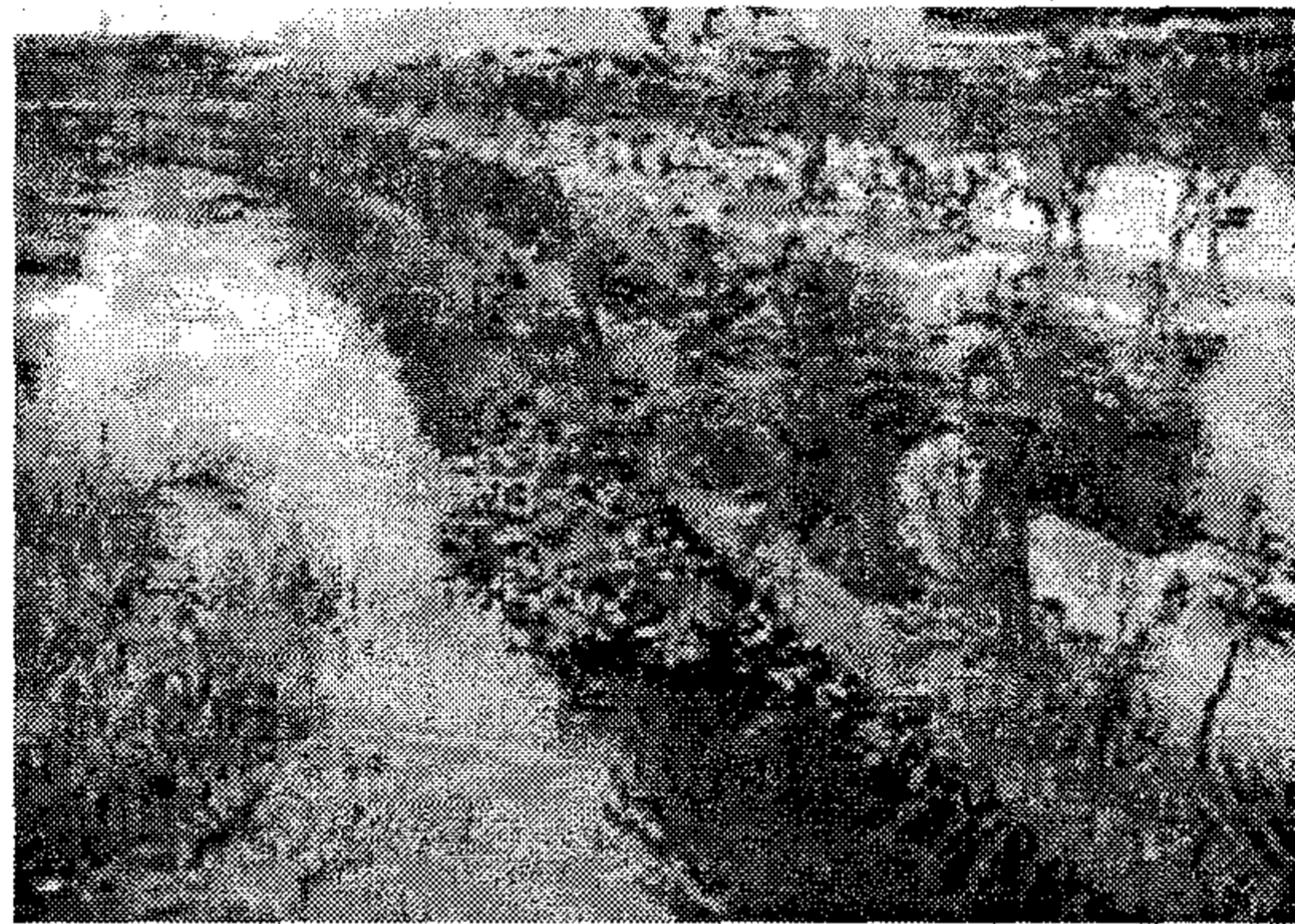
<그림 2-3> 중류부 사면의 식생

<그림 2-4>에서 중류부 하상의 식생은 상류부와 같이 검정말, 마름, 가래, 네가래, 고마리, 큰고랭이 등의 군락이 형성되어 있었다. <그림 2-5>와 같이 인접 도로면에 시공된 곤충서식블록의 식생활착도 양호하였으나 시공시 식재되었던 금불초, 구절초, 노랑머리연꽃, 노랑꽃창포, 솔채꽃, 솔패랭이는 확인

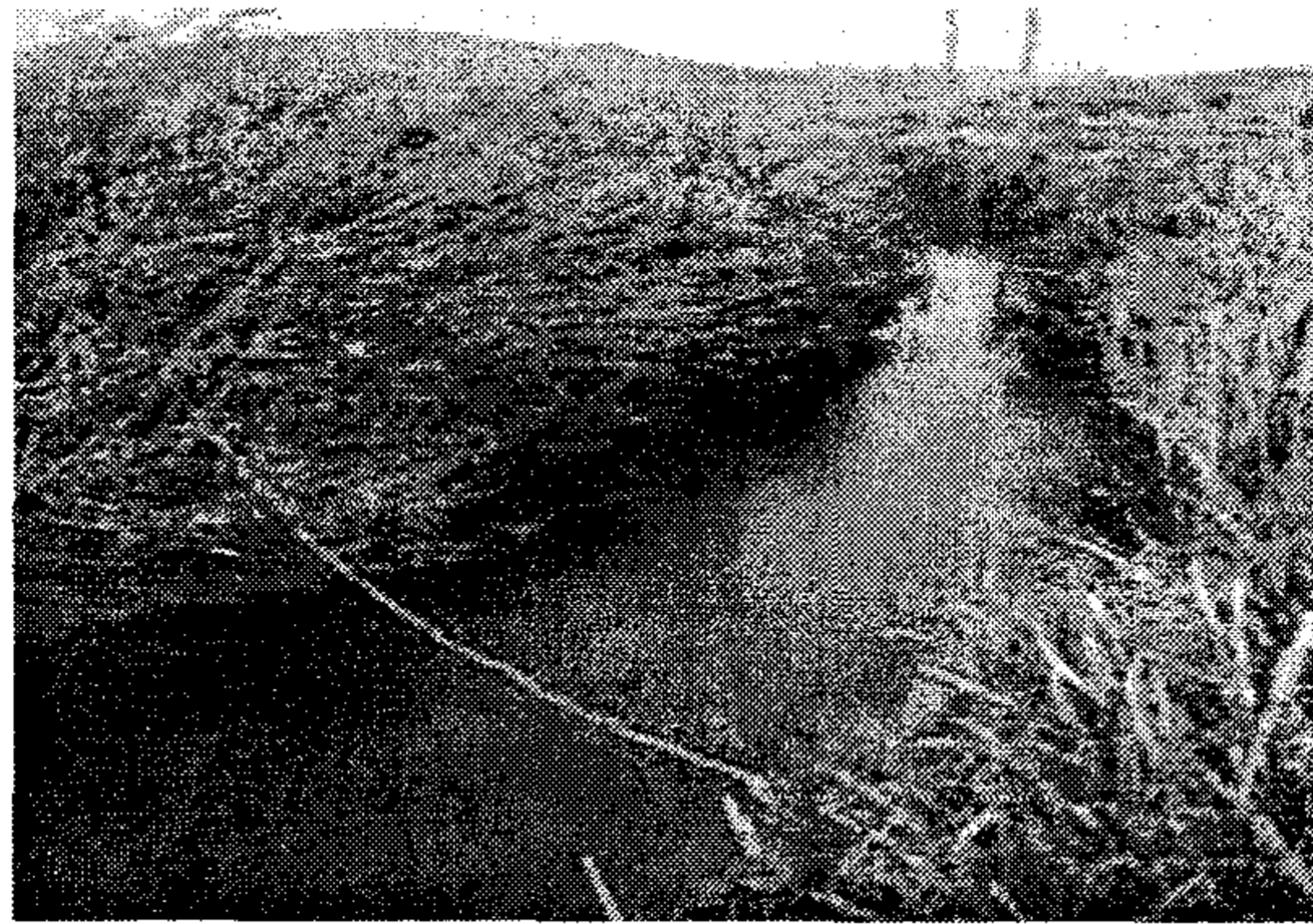
할 수 없었고 상단부에 식재되었던 철쭉만이 양호한 활착 상태였다. 곤충서식블록의 식생은 실사초, 개망초, 깨풀, 까치깨, 소리쟁이 피, 사루비아, 개기장, 질경이 익모초, 쑥, 명아주, 돌피, 여우콩, 강아지풀 등이 우점하고 있었다.



<그림 2-4> 중류부의 수생식물(검정말)



<그림 2-5> 중류부 곤충서식블록의 식생



**<그림 2-6> 하류부 사면의 갈대군락과 수중식물**

하류부에서는 <그림 2-6>과 같은 하류부의 경우 치수상의 문제가 없는 배수지역으로 수로의 자연성을 살려 생물의 다양성을 높이고자 그린매트를 시공하여 사면의 식생을 복원하고자 수크령, 속새 등을 식재하였고 하상에 고마리와 미나리를 식재하였으나 독 사면은 갈대에 의해 우점 되어 있었고 종 다양성은 상류부와 중류부에 비해 현격히 낮았다. 수생식물 또한 검정말과 산재한 고마리 등이 분포하고 있었으나 상류부와 중류부에서와 같은 통수능을 저해할 수준은 아니었다. 그 이유는 밀생한 갈대에 의해 형성된 그늘과 상대적으로 빠른 유속에 의해 수생식물의 활착과 생육이 저해되었기 때문으로 사료된다.

이상의 시행공법에 대한 생태적 기능성 파악을 위하여 현존 식물종과 각종의 피도를 기준으로 식생조사가 이뤄졌으나 모니터링 기간이 너무 짧아 생태계의 안정성 또는 각 공법의 효과를 규명하고 평가하기에는 어려운 점이 있으므로 지속적인 모니터링과 평가가 이뤄져야 할 것이다. 하지만 바람직한 친환경 용·배수로의 정비를 위해서는 공법 적용지역의 기후와 토양 등의 다양한 환경조건과 아울러 수리, 수문학적특성에 맞는 자생식물의 생육특성과 생태계 복원에 적합한 식물종 또는 종의 배합을 포함한 식생유형의 선정이 선행되어야 하며, 기존의 시범사업들의 관리상태를 볼 때 친환경 용·배수로 정비사업의 성패는 용·배수로의 특성을 감안한 설계와 시공도 중요하지만 사후관리의 여부에 따라 결정된다 할 수 있을 만큼 시공 후의 관리가 중요한 요인이기 때문에 관리의 주체선정과 관리방안의 정립이 시급하다. 이를 위하여 친환경 용·배수로 정비에 적합한 식물들에 대한 생태학적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

이와 같이 친환경 용배수로 정비사업 실행 후 진행 될 생태적 변화 또는 안정화와 수로의 기능적인 측면의 적절한 조화가 이뤄지기 위해서는 지속적인 유지관리가 수반 되어야 사업의 성과를 기대할 수 있을 것이다. 따라서 사업이 완료된 이후에도 다음과 같은 지속적인 관리가 이루어져야 할 것이다. 첫 번째로 식생의 관리에 있어서는 관행적으로 행하지는 자연발달의 천이과정에 맡겨두는 것도 한 방법이지만 대부분 경작지에 인접한 용배수로의 위치와 그 기능을 고려하여 일년에 최소한 1 ~ 2회 정도의 벌채를 통한 관리가 필요하고 특히, 환삼덩굴의 확산이 우려되는 경우 6월중에 기계적인 방법으로 제거하는 것이 바람직하다. 아울러 시공시 식재하였던 수종들의 대부분이 토착수종들에 의하여 피압된 점은 시공 후 최소한 1 ~ 2년 동안은 목적수종의 활착을 위한 인위적인 관리가 필요한 부분이다. 두 번째로는 식생이 복원된 수로를 장기적으로 방치하게 되면 수로 둑 주위에 버드나무류, 싸리류, 족제비 싸리, 아까시나무와 같은 수목이 유입되어 성장하게 되어 홍수시 유수의 소통에 지장을 초래하기 때문에 주기적인 벌채나 간벌이 필요하다. 수로 둑에 식재된 버드나무류는 근원부에서 잘라도 맹아가 발생하여 3년 정도에 원상을 회복할 수 있지만 일시에 모든 수목을 제거하면 야생동물 서식지 및 경관의 측면에서 부작용이 크기 때문에 3년 주기로 윤벌 계획을 수립하여 매년 1/3을 벌채하는 방법을 이용하거나 숙아내기와 같은 간벌 형식의 관리가 바람직 할 것이다. 세 번째는 설계, 시공시 친환경성과 아울러 유지관리의 편의성을 고려한 공법의 도입이 필요하고 사후관리의 주체선정과 적절한 관리방안의 정립이 시급하다. 가능하다면 수혜자인 주민의 자발적 참여에 의한 시설물의 이용 및 관리를 유도하는 것이 바람직하겠고, 친수시설의 위치 선정시 이용객의 접근성과 주 거주지에서의 거리를 고려하여야 시설의 활용도와 관리상의 편의성을 높여야 할 것이다.

용·배수로의 친환경 복원은 물리적 조건의 조성으로 특정 시점에 완성되는 것이 아니다. 조성 이후의 자연 형성 및 변화과정과 조화를 이루고 지속적인 유지관리가 이뤄져야만 성취될 수 있다. 용·배수로의 기능성과 생태계 복원이라는 두 가지 목적을 위해서라면 인위적인 관리를 통하여 기능성을 확보하고 생태계 형성 과정을 촉진시키고 안정화 시켜야 한다. 생태계 복원 사업은 아직 초보적인 분야이므로 상당한 시행착오나 미지수가 있게 된다. 이에 효율적으로 대처하기 위해서는 지속적인 모니터링을 통해 새로운 정보가 생기면 시행도중이라도 께도 수정을 하는 것이 바람직하다. 복원사업의 부분적, 또는 전반적인 실패를 숨기거나 공표하지 않는 경우 차후 다시 재발될

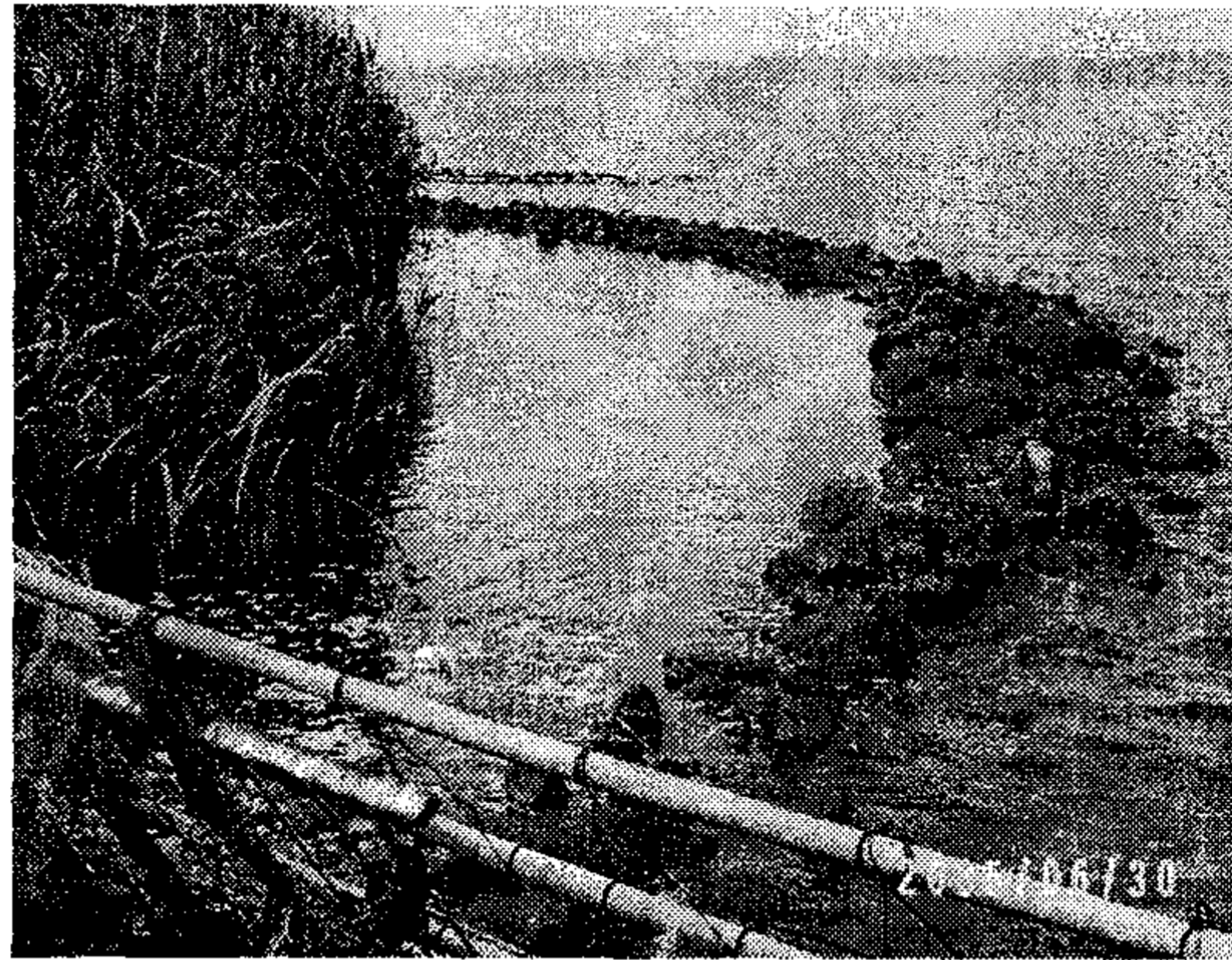
수 있으며, 복원 사업에서는 실패도 사업성과의 일부라는 인식이 중요할 것이다.

## 2.3 선진국에서의 친환경 소재·공법의 실태조사 및 분석

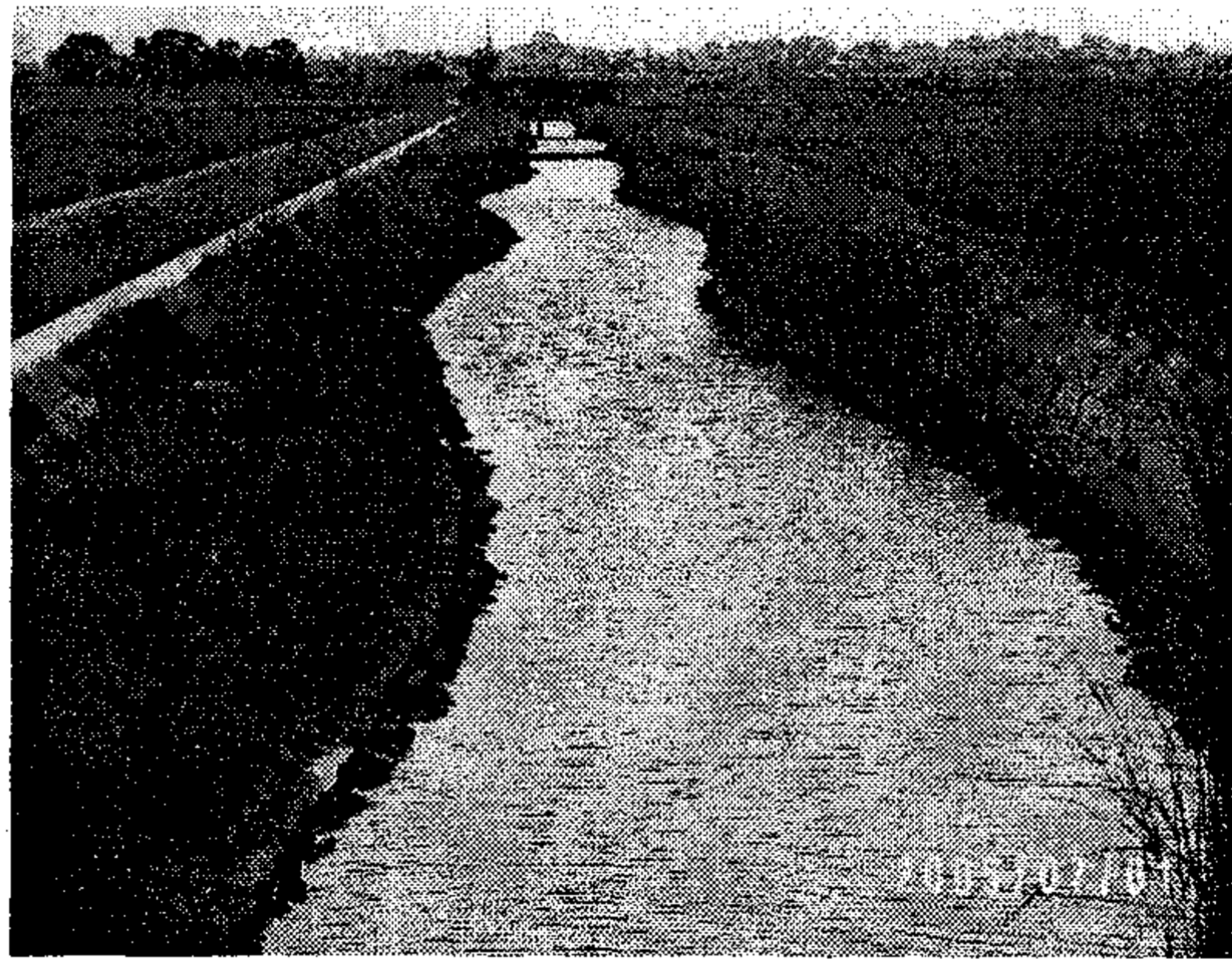
### 2.3.1 친환경 소재·공법에 대한 국외 자료수집 및 분석

일본 농촌환경 정비센터에서는 '80년대 생산성 향상이 주목적이었으며 경지정리, 구획정리 관개, 배수개선 사업, 생활환경 정비사업도 추진하였다고 한다. '90년대에는 생활의 여유와 풍요로움에 대한 쾌적한 생활환경 조성 요구하게 되어 농촌지역의 환경을 정비하는 사업을 추진하였고 '2000년대에는 농촌의 생태계 보전 요구가 있어 '91년 농촌환경정비센터 설립하여 주목적은 쾌적한 농촌환경 정비사업을 시행하였다. 이러한 사업은 친수형성, 경관보전, 쾌적성을 고려하여 지금까지는 생산성향상 중심에서 새로운 환경정비 사업과 연계하여 추진하였다. 자연생태계를 조성하기 위해서는 새로운 기술 필요하며 각 분야의 전문가 조언을 바탕으로 기술개발 중에 있으며 이러한 사업의 관련법은 농림성 장관의 승인이 필요로 한다. 일본에서의 농촌 환경정비센터의 사업은 농어촌정비사업에 관한 기술정보, 조사 연구, 사업계획의 책정, 유지관리를 지도하는 역할을 하고 있으며 강습회 또는 연구회 활동을 주도적으로 계획하고 있었다. 또한 산업계, 지식인, 관련학회, 농림성, 승인단체 등의 밀접한 관계 일체로 기술개발에 혼신의 힘을 쓰고 있었다. 농촌환경 정비센터의 사업 현황은 농촌지역의 환경, 문화자원, 경관자원을 보존하는 환경계획 및 전원정비 공간 조성, 수질대책 및 환경교육(체험교육)실시하고 있었다. 사회여건의 다양한 변화와 농업용수의 다양한 기능 외에 동생물 서식, 경관형성에 대한 환경계획을 수립하였다. 과거 '1999년도에는 토지개량법을 조정하여 관련법에 환경을 고려하여 친환경 설계로 하도록 제정하였으며 구체적인 대책으로 지역의 환경을 조사하여 환경보전을 위한 계획 수립 즉, 환경을 보전하는 마스터플랜을 기본으로 사업의 추진을 위해 세부계획을 수립하였다. 이러한 계획 설계의 평가방법은 사후 모니터링을 해서 평가하고 있었으며 환경영향평가는 사업 전에 실시하고 사업단계에 따라 접근하는 방법을 취하고 있었다. 국영사업에 대한 환경정비 사업에 대해 센터에서 대책 수립 시 관여하고 있었고 현재 농업용수로인 도수로, 토공, 콘크리트 수로에 대한 관개배

수 계획 시 수로특성에 따른 생물서식 측정하는 방법에 대한 개발 연구 중으로 그 주요내용은 수로의 구조 조사, 생물의 서식 여부를 보편적인 방법으로 판정연구를 하여 특허출원 중에 있다고 한다. 수질보전을 위해 가정폐수 및 농촌용수를 식물, 돌을 이용한 정화기법 연구하여 정화연못 등 개발과 논 순환관개에 관한 연구도 진행 중에 있었다. 오염된 물을 논에 관개하여 어느 정도 정화기능이 있는지 연구 중에 있었으며 농촌지역에서 정화 할 수 있는 능력을 개발하고 있었다. 농촌지역에 경관을 효율적으로 보전하는 방법에 대해서도 연구 중이었으며 아름다운 마을을 만들기 위해 지침 또는 가이드라인을 작성하고 있었는데 이때 도시와 다른 점을 고려한다. 즉, 문화, 정치, 농업을 수행함에 있어 주변경관 보전이 기본이 되고 새로운 구조물을 제작할 때에는 어떻게 제작하는지에 대한 가이드라인이 필요하다고 한다. 예를 들어 색깔, 모양, 소재 선정방법 등을 선택할 수 있는 매뉴얼이 필요하다고 한다. 이는 설계자들에게 설계시 도움을 줄 수 있는 역할을 한다고 센터에서는 설명하고 있었다. 생태계 보전과 관련하여 '2003년부터는 논, 용수로 안에서 생물서식 여부를 조사하였는데 현재 일본 논에 서식하는 동생물 조사 결과 외래종이 많이 서식하고 있음을 알 수 있었다고 하며 이에 대한 농촌지역의 정비로 동생물 보전에 대한 기술적 대응 방법을 연구하고 있는 중이라고 하였다. 자연재생에 관한 연구는 진행 중에 있으며 '2004년도 법으로 제정하여 전원공간 조성 운동 활성화를 위해 센터에서 지원하고 있었으며 환경보전형 논을 만들기 위해 농약 사용을 자제하기도 한다고 하였다. 또한 어도를 설치하여 논까지 생물이 올라 갈 수 있도록 정비하여 여러 생물들이 탄생해서 강을 타고 이동하고 있다고 한다. 이러한 사업은 농업생물과 어우러진 쌀을 생산하여 홍보 및 브랜드화 하여 시판하여 일본 대다수 국민들에게 호응을 받고 있다고 하였다. 그리고 농업의 다면적인 기능을 경제적으로 평가하기 위하여 연구 중에 있으며 농업용수, 레크리에이션, 생물보전장소 등을 설치하고 농촌의 환경교육 실시하여 도시 생활 아이들에게 교육하여 생명의 중요성과 생물을 접하는 기회를 마련한다고 하였다. "논학교"라는 것을 형성하여 논밭의 중요성을 인식시키고 이와 관련된 지도원 양성 및 교재작성, 논학교에 대한 정보교환 지원 및 기술개발, 기술자 연수를 매년 실시 하고 있었다. <그림 2-7>은 일본에서 1차 재료인 자연소재를 이용하여 인공수초를 보호하기 위해 그 지역에서 나는 석재를 이용하여 시공한 예이고 <그림 2-8>은 친환경소재를 이용한 배수로 정비로 사면에 수초를 식재하여 경관성과 환경성을 고려하여 시공하고 있었다.



**<그림 2-7> 일본의 자연소재를 이용한 친환경 개발**



**<그림 2-8> 환경소재를 이용한 배수로 정비**

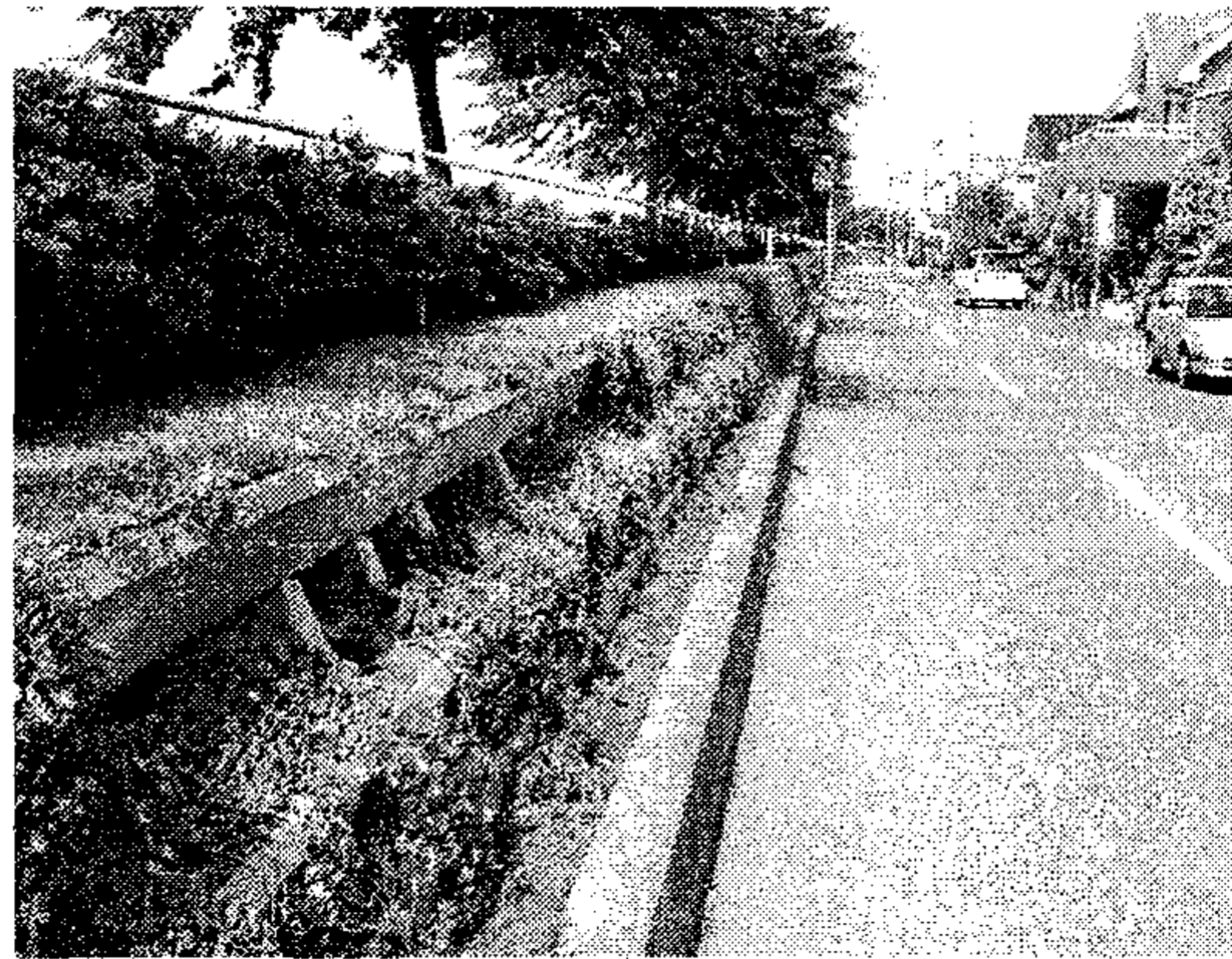
일본에서의 농촌환경정비사업의 개념은 생활환경사업과 생산기반정비사업 시 농촌생태계 보전, 경관, 생물 재생이 필요하며 계획수립 방법은 정부에서 수립하여 지역수혜자에게 제공해서 동의를 받는 식으로 추진했는데 계획수립 및 주민과의 동의협약이 제일 중요하다고 하였다. 이는 여러 가지 집단의 가치관과 생각이 다르기 때문에 계획 수립시 고려하는 것이 쉽지 않은 과업이라고 하였다. 선진지에서는 워크숍을 형성하여 계획수립 단계서부터 주민을 포함시켜 수립하고 기술개발 면에서는 생태계 보전기술과 경관 보전기술을 발전시키고 있었다. 일본에서는 현재 시행착오를 겪어가며 시행설계를 하고 있고 기술체계화에 주력하고 있었다. 생태계는 지역에 따라 다르기 때문에 일정의 수법이 필요한데 예를 들어 하천에서는 적용 기술 사례를 간단히 소



개하면 수로에서 저판을 콘크리트 구조물로 하고 유속을 조사한 다음 생물서식이 용이한지를 판정하고 어류를 조사해 수로구조물 형태 결정한다고 하였다. 이때 GIS를 이용하여 판단할 수 있는 특허도 출원 중에 있다고 하였다. 그 특허내용은 사진을 찍어서 경관과 어울리도록 배치시켜 설계하고 재료에 대한 선정 방법은 진행 중에 있다고 하였다. 일본에서 논수로에서 식재 선정 설계 기준은 시작단계에 있지만 일반적으로 1차 소재로는 그 인근지역에서 쉽게 구할 수 있는 나무, 돌, 흙이고 2차 소재로는 적벽돌, 블록, 기와 등과 같은 콘크리트 2차 제품으로 규정하고 있었다. 3차 소재로는 고도의 가공을 요하는 구조물로 목재칩, 고무, 플라스틱등과 같은 것이었으며 석재에 대한 연구는 진행 중이라고 한다. <그림 2-9>는 일본에서 인공섬을 이용한 수질정화를 하는 과정을 하고 있었으며 <그림 2-10> 농촌종합개발시 친환경 농촌개발 공법으로 마을 앞길에 조성된 콘크리트 화분블럭계를 이용하고 있음을 알 수 있었다.

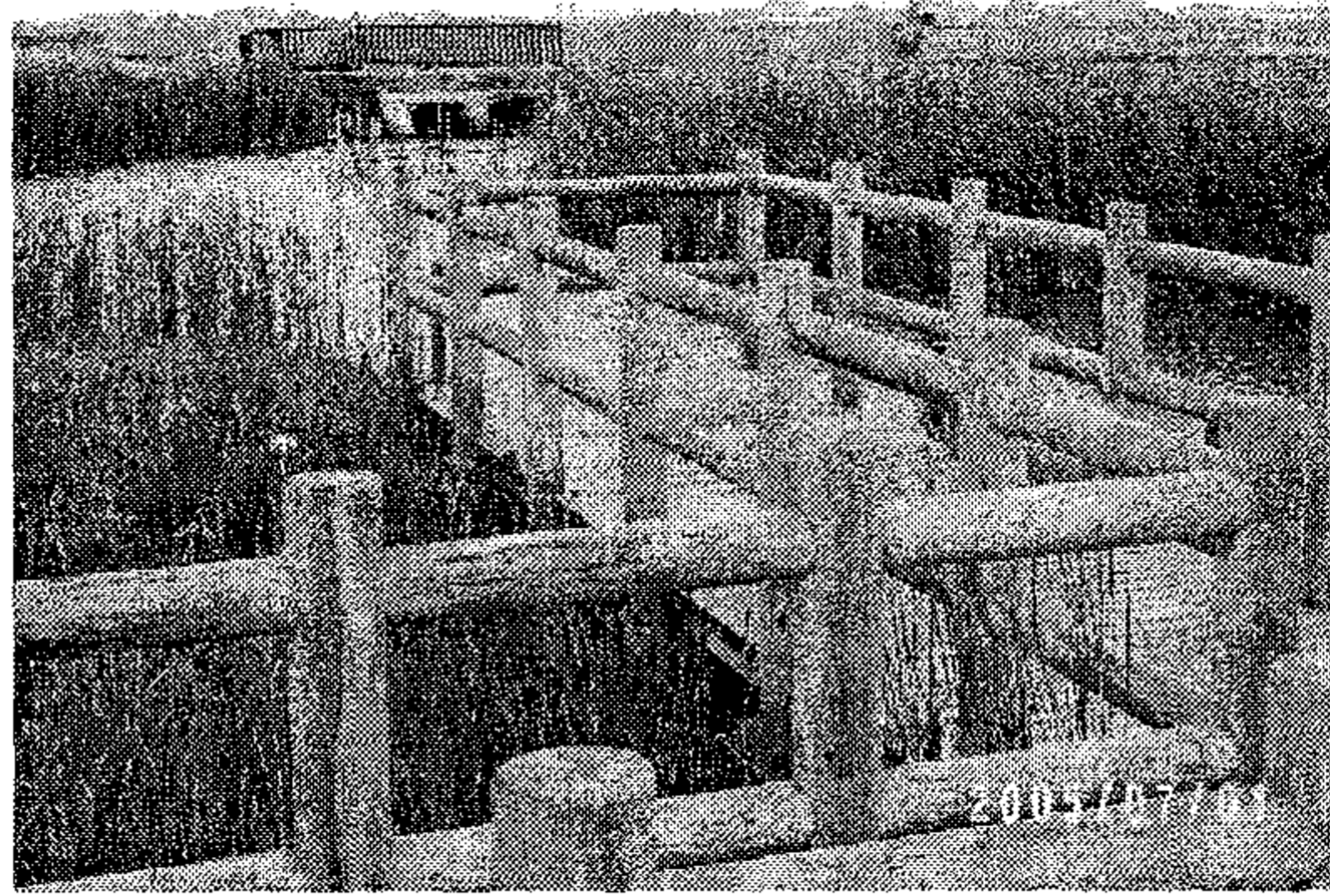


<그림 2-9> 인공섬을 이용한 수질정화



<그림 2-10> 친환경 농촌개발공법

현재 일본 농림수산성에서는 환경성을 고려한 설계·시공을 하고 있으며 농촌환경의 정비의 개념은 명확하게 대기, 수질, 토양, 폐기물, 지구온난화등과 관련하여 자연생태계보존, 경관형성 등을 통틀어 일컫는 의미라고 하였으며 1972년도에 공해대책 기본법을 수립하였다고 한다. 농업농촌정비 사업시 환경성을 고려한 정책 발전사를 간단히 살펴보면 1970년대에는 수질오염방지법, 토양오염 방지법 개정하였으나 수질, 지반침하, 농지토양오염 문제 대두하여 1991년 이후에는 경관과 생태계를 배려하는 것을 고려하였으나 법적근거가 미약하여 1999년도에 기본법을 개정하였다고 한다. 2001년도에는 토지개량법을 개정하여 환경성을 고려한 농촌정비사업을 추진한다고 하였다. 이때 법적근거를 마련하여 구체적인 사업 시책시행을 하고 있었으며 농업생산기반정비사업 시행계획서 작성 시 환경성을 배려한 항목 추가하여 공정별로 매뉴얼을 작성하여 보고 및 생물생태계 네트워크 고려한다고 하였다. 초기에는 일본 일부지역에서만 시행하였는데 이는 정량적인 생태계 정비기본 개발이 미흡하였고 전체적인 사업을 하려면 예산이 많이 필요하여 토지개량사업비의 일부분을 해당 농민이 부담하게 하고 이때는 지역주민과 농민과의 협의가 중요하다고 하였다. 일본 농림수산성에서는 향후 어느 수준까지 정비 할 것인가를 정량적인 평가기준을 마련 중에 있다고 하였다. <그림 2-11>은 목재계를 이용하여 친환경개발 한 전경으로 사람과 자연이 좀 더 가까이 접할 수 있는 구조물을 시공하고 있었다.

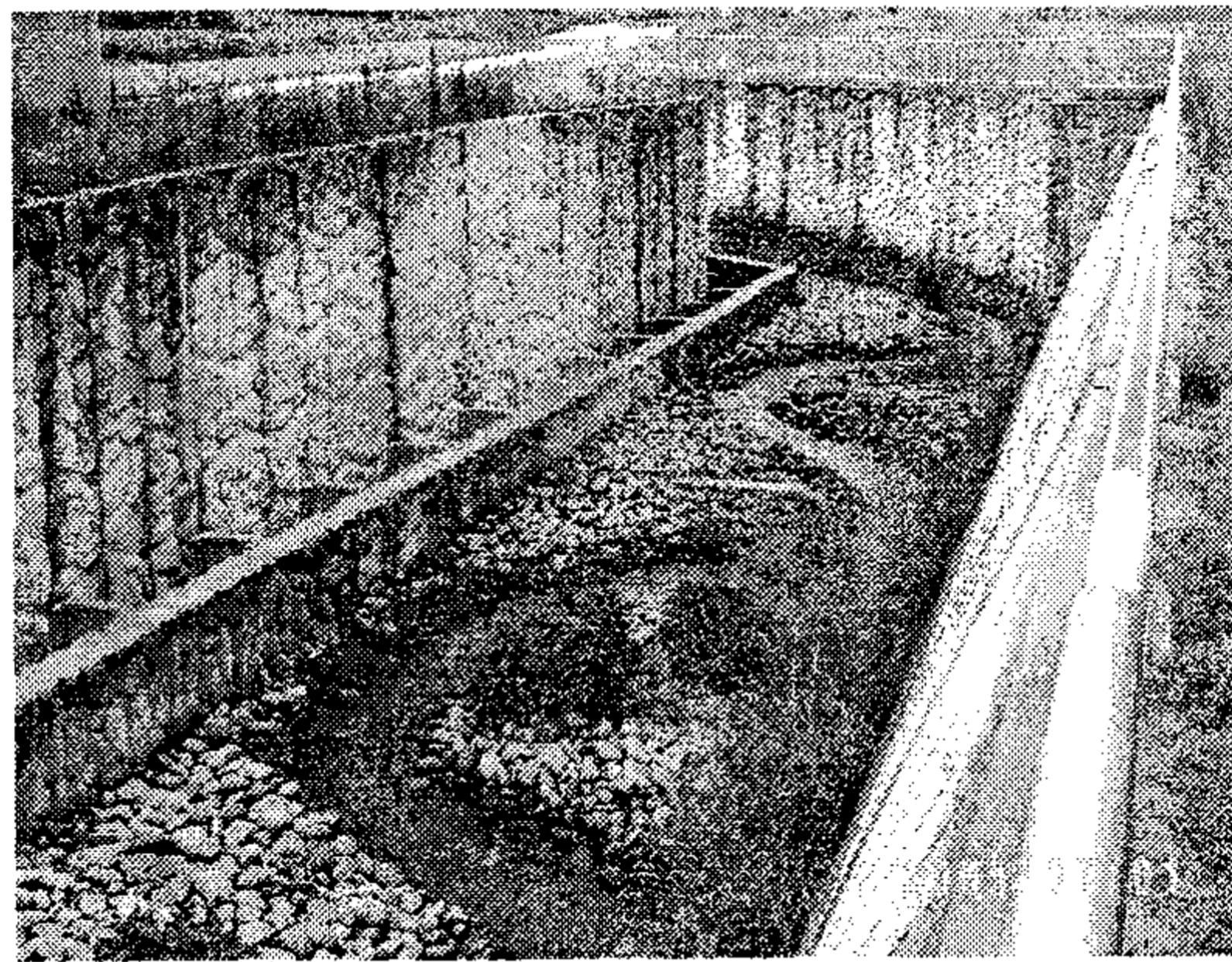


<그림 2-11> 목재계를 이용한 친환경개발

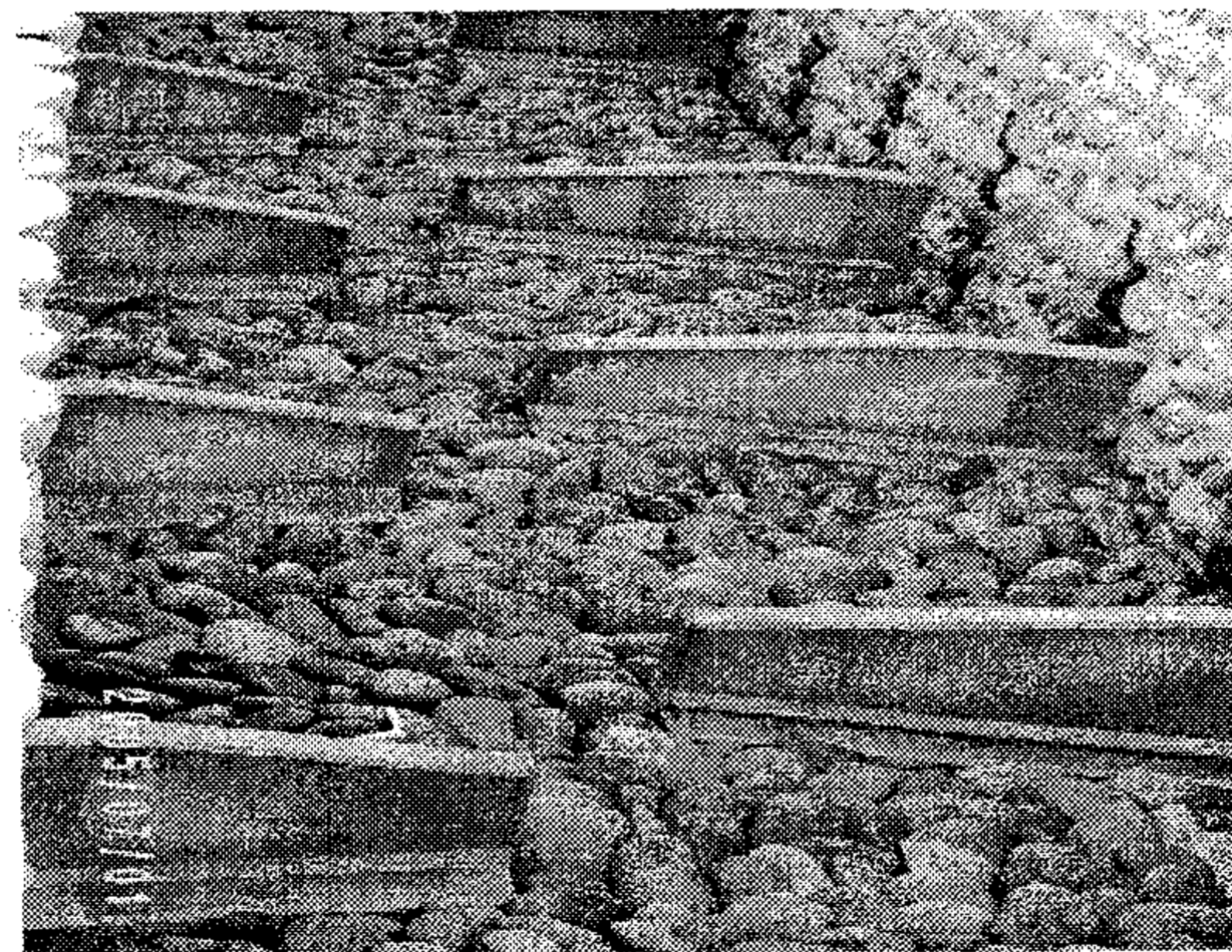
미국에서는 생태계 정량화 기법을 개발하였는데 일본에서 도입 예정 중에 있다고 하였다. 환경성을 고려한 사업시 전원배경을 중심으로 마스터 플랜 협정하고 3년 전부터는 지자체를 3,000개에서 2,000개로 축소하여 약 1,600개 지자체가 마스터 플랜 계획하고 있으나 문제점은 향후 추진계획이 확실히 되어 있지 않다는 것이다. 일본에서 생태계를 고려한 사업은 아직 초기단계에 있으며 람사조약과 연계하여 사업추진 중에 있으며 자연재해에 대비하여 환경성, 농림수산성 등이 협약하여 습지면적을 재생복원 중이라고 한다. 논 중심의 아름다운 풍경을 재생하는데 관심을 두고 있었으며 농촌경관이 아름다운 이유는 인간이 살아가는 기본적 지역이기 때문이라고 설명하고 있다. 즉, 농촌자체가 지역자체의 재료로 구성하여 농촌풍경을 생성하나 그 시대에 따라 경관의 기준이 다르며 개인성향에 따라서도 서로 다르게 나타나기도 한다고 하였다. 지역재료를 이용한 경관개발이 중요한데 도시화 진행으로 농촌의 경관의 파괴 가능성이 높아지고 있으며 이에 대해 독자적인 관광을 개발하여 경관부분에서 지방행정의 판단을 전국적으로 시행 전개 중이라고 하였다.

일본에서의 농촌사업시행시 국가에서 공공단체에 사업비의 약 50% 정도를 보조하고 있는데 농촌에서는 경찰, 소방은 지방행정에서 관리하고 도로, 하천은 교통성, 의료는 후생노동성, 농촌정책은 농수성, 생태계관련은 환경성에서 각각 업무분장을 하고 있었다. 일본에서의 논은 비교적 잘 정비 되어 있으나 마을의 도로와 수로정비가 미흡하여 70년대부터 마을정비 시작하였는데 70년대부터 콘크리트 수로로 정비하면서 용배수로 분리관리하고 있었다. 도로정비는 생산성 향상은 아니지만 마을주변의 환경 향상 및 영농의 편의성 증대하는 역할을 하고 용수로는 마을내 용수로 정비와 소학교를 이용한 마을회관

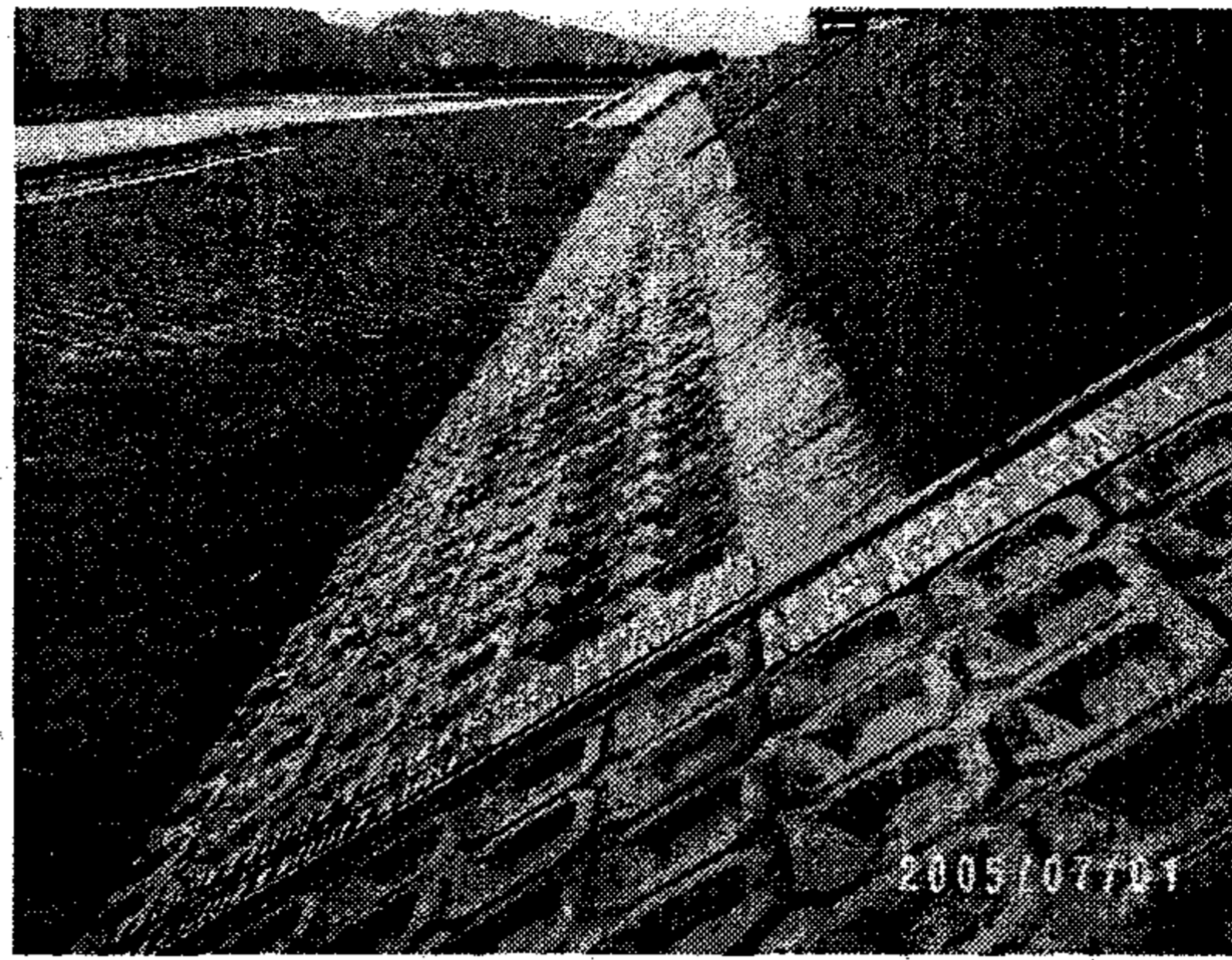
을 형성하기고 한다고 하였다. <그림 2-12>는 석재계를 이용한 어도개발로 어류가 소상하기 용이하게 하기 위해 전문가들의 의견을 청취하여 제작된 것이며 이 지역의 경우에는 자연석재를 구하기 어려운 다른 지방에서 구입하여 시공하였다고 하였으며 벽체 콘크리트도 문양거푸집을 이용하여 시공함으로써 미관성을 훨씬 향상시키는 공법을 적용하였다. <그림 2-13>은 콘크리트계와 석재계를 혼용한 친환경 어도를 개발한 것을 보여주고 있다. <그림 2-14>는 친환경 소재를 이용한 사면안정 공법으로 공장에서 제작된 친환경 콘크리트 제품을 시공한 전경을 나타낸 것이다.



<그림 2-12> 석재계를 이용한 어도개발



<그림 2-13> 콘크리트계와 석재계를 혼용한 친환경 어도개발



**<그림 2-14> 친환경 소재를  
이용한 사면 안정 공법**

일본에서의 생활환경정비사업은 오폐수 처리시설에 집중적으로 투자하고 있는데 연 예산의 1,400억 엔 중 520억엔인 약 37%를 오폐수 처리시설에 투입하고 있었다. 농가와 비농가의 구분이 상당히 어려운데 그 이유는 농촌의 도시화와 농업인의 구분이 미흡하고 농촌의 노령화로 농가인구의 고령화 및 젊은 농업인 부족 때문이라고 하였다. 1980년대에는 거주환경의 정비를 하였고 1990년대에는 도시와의 아름다움을 고려한 농촌공간의 형성을 위한 사업을 하고 있는데 농촌생활기반조성시 국토교통성에서 지원하여 경지정리나 주택환경개선 사업을 하였다고 한다. 농업용수로는 현대적인 것이 아니라 기존의 시설을 이용하여 개발하는 것이 가장 효과적인데 콘크리트 구조물을 통한 효율성 향상을 꾀할 수 있다고 하였다.

현재는 자연환경을 이용한 농촌정비사업을 시행중에 있는데 지역농민 대부분이 선조들에 대한 자부심이 강한데 특히 이러한 곳에 정부에서 농촌정비사업을 위한 보조금을 지급하고 있다고 하였다. 농촌지역은 옛날의 풍경이 마을을 여유롭게 하고 도시민에게 인기가 높는데 이는 용배수로 정비시 경관을 고려하여 정비한 것이 그 주요 원인이라고 한다. 즉 친수공간을 형성하여 지역주민 및 도시민에게 용수로에 접할 수 있도록 설치하고 농촌체험을 실시하여 외부인이 참여하는 체험농업 실시하거나 주변 비농가 지역민이 참가할 수 있는 이벤트 행사를 마련하는 방법을 취하고 있었다. 예를 들면 저수지 물을 빼어 청소 시 농민이 참여하여 청소하거나 비농가가 참여하는 레크리에이션 행사 등을 유도한다고 하였다. 시민농원은 도시지역 주변에 농원을 설치하였으나 최근에는 농촌지역에 설치하여 지방공공 토지를 임대해서 일반인에게

다시 임대하는 방식으로 사업을 추진하고 있었다. 지역주민의 거주활동에 관해서는 과거에는 운영비용을 보조하지 않았으나 2001년도부터 국가에서 보조하는 용배수로 청소, 주민이 참여하는 친환경 사업 등을 대대적으로 벌이고 있었다. 그러나 일본에서도 재정상태가 어려워 중앙정부에서 지방정부 지출 억제하고 국가보조금 대상은 선도적 사업을 위해 지원하는데 농촌공원 사업시 예산의 약 50% 정도를 지원하였으나 2004년도부터는 농수성 보조가 감소하였는데 그 이유는 농업생산성 향상과 관계가 없기 때문이라고 하였다. 이 전에서 국내여건과 비교해 볼 때 그 사정이 매우 비슷하였으며 특히 쌀이 남는다는 이유로 농업생산기반정비사업에 그 투자비를 줄이는 것을 보면 그 상황이 피부로 느껴지는 것이 그 것이다.

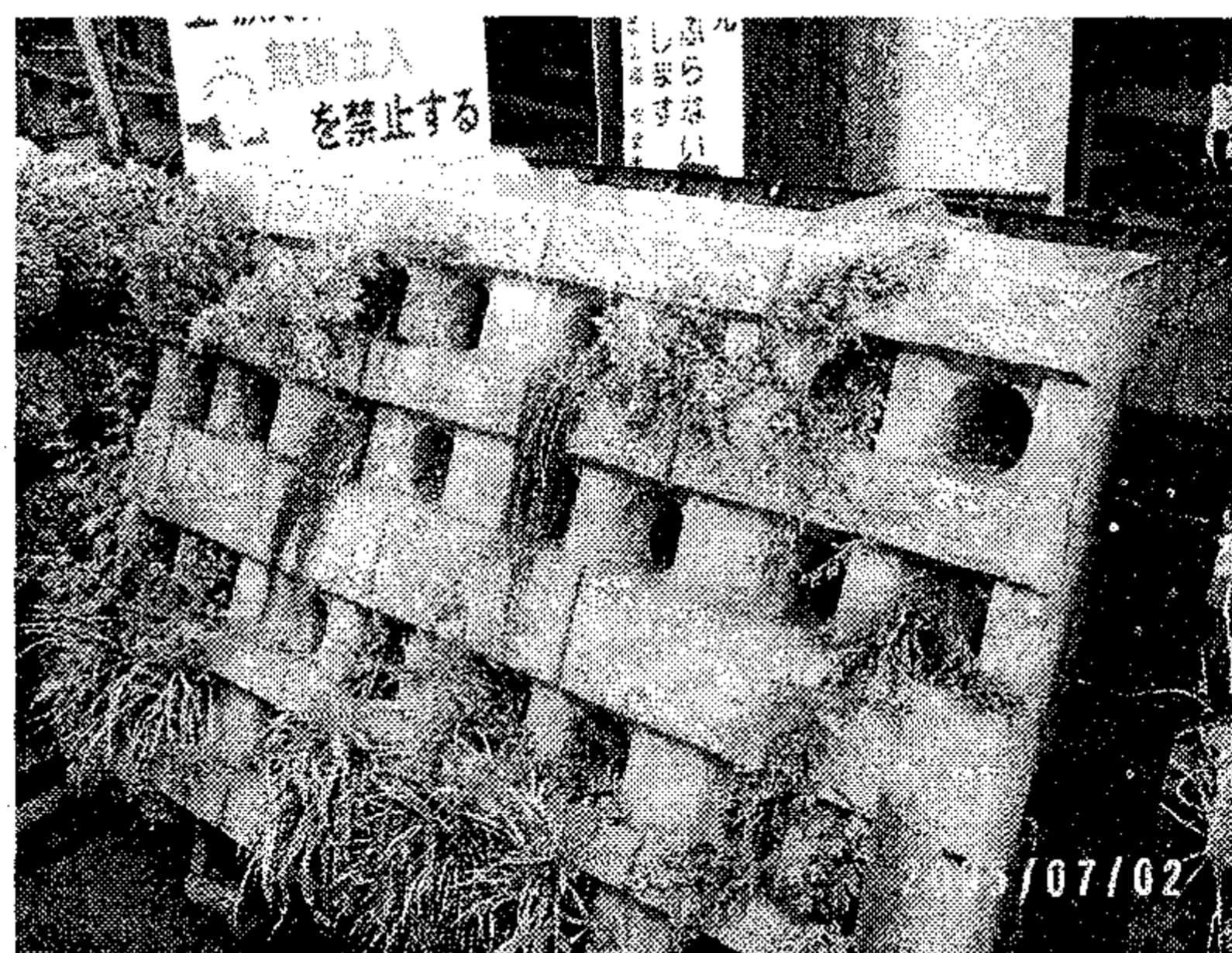
일본농업토목종합 연구소에서는 일본 내 수리시설 대부분의 개보수사업과 관련된 사업을 하고 있었는데 일반적으로 콘크리트 수리구조물의 설계 수명을 40년으로 보고 있는데 실제 구조물은 50년 정도 되어도 별 문제 없다고 하였다. 최근 농업토목분야에서 LCC와 VE를 고려한 설계를 할 수 있도록 기준정립에 관한 연구를 진행 중에 있었다. 수리시설개보수 사업시 사용되는 콘크리트 2차 제품에 대한 특별한 기준은 제정되어 있지 않고 회사 자체 기준을 사용하여 품질관리를 하고 있었으며 현 추세는 농업토목분야에서 성능 향상 및 친환경 설계를 위하여 예산을 더 투자할 예정이라고 하였다.

일본의 국토종합기술연구소에서는 콘크리트 구조물의 문제점 대두로 자연 재생을 위해 호수내 준설사를 이용한 사업을 하고 있었는데 에코톤(Eco-tone)이라는 개념을 쓰고 있었는데 자연과 인위적인 구조물의 중간지대를 뜻하는 것으로 콘크리트 구조물은 에코톤 기능이 약하기 때문에 에코톤을 복원하기 위해서 자연재생 공법 사용을 하는 경우가 자주 발생한다고 하였다. 일본에서는 자연 재생 시 자연재료를 사용하는 것이 제일 바람직하다고 판단하고 있었으며 호수모래를 사용하여 원래 있었던 수생식물씨를 포함해 자연적으로 재생할 수 있도록 정비사업을 하고 있다고 하였다. 이러한 공법을 사용함에 있어 흙 종류에 따라 영향이 달라 처음 복원 사업시 재료선정에 시행착오가 있었다고 하였는데 재생하고자 하는 지구에서 가까운 재료를 사용하여 문제점을 해결하였다고 한다. 또한 쏘일씨드뱅크(soil seed bank)라는 개념으로 인근주변의 재료를 사용하여 호안재생시 호수내의 모래를 사용함으로써 생태계의 교란을 감소하는 것을 주목적으로 사용하는 공법이 있었다. 이때 구배를 1/100로 하고 표면을 10 cm 정도 준설사를 이용하여 복토한 다음 흙속에 수생식물씨가 발아하여 그 지역의 사라졌던 식물이 출현하여 성장

하는 것이다. 이때 호안 재생시 콘크리트를 사용 안하는 것이 친환경적으로 시공하는 방법 중의 하나이다. 자연재생시 재료는 나무, 나뭇가지, 모래, 돌 등 자연재료 사용하는데 일본에서는 이것이 친환경 재료라고 하고 있었다. 수생식물을 사용하는 목적으로는 첫번째 경관형성, 두 번째로는 생태계 기능 복원으로 근본적으로 인간과 자연이 공생하는 환경을 쾌적하게 조성하는 것이 큰 의미가 있다고 하였다. 특히 멸종 되어 가는 식물 등을 살리자는 주민들의 요구가 높아지고 있는 실정이라고 했다. 지형복원시 호수의 수위를 낮추어야 하는데 이때 나타나는 문제점은 수리권 분쟁이 심한데 농업용수와 생활용수량이 부족하기 때문이다. 이를 해결하기 위해서는 식물 생태계 조성을 위해 물관리 방법 개선하는 것이 필요하다. 에코톤을 이용한 현장을 방문하여 사례를 조사하였는데 국토관리성에서 유지관리하고 있으며 93년 시공되었으나 별다른 유지관리는 하고 있지 않았으며 현재 자연학습 체험용 현장으로 이용 하고 있었다. 설계시 자연과의 변화에 대응 할 수 있는 설계가 절대적으로 필요한데 일본에서는 2003년 자연재생 추진법 입법화 하였다고 한다. 그리고 방문한 현장에서는 인공부도(인공수초섬)를 '92년 최초로 시공하여 생태계와 수질정화를 위하여 제작하였다. 원래 인공부도는 녹조현상 발생지구에 설치하였으나 지역이 방대하여 시공면적이 작아 별다른 효과를 보지 못하였고 인공부도 설치시 경관형성, 조류형성, 생태 효과, 어류형성 등 효과가 크게 나타나 대체적으로 긍정적인 평가를 하고 있었다.

친환경적 콘크리트 2차제품을 생산하는 제조업체를 방문하였는데 일본에서는 5년 전부터 식생콘크리트 제품을 제작하였고 환경성으로부터 환경마크 인증(Green action program 중의 하나)을 획득하고 있었다. 제조업체에서는 자연친화형 제품설계시 구조설계전문가 및 생태전문가의 자문을 얻어 결정하고 설치후 성능 확인하는 과정을 거치고 연구개발 기간은 대략 4년 내지 5년 정도가 소요된다고 관련담당자가 설명하였다. 콘크리트 제품은 양생이 중요한데 품질관리 기준은 일반적으로 JIS에 규정되어 있는 것을 사용하고 있었으며 물/시멘트비는 배합시험을 통하여 결정한다고 하였다. 그리고 품질확보를 위해 품질보증서 제출하는데 품질보증서는 2년전부터 작성한다고 하였으며 자세한 언급은 회피하는 인상을 주었다. 친환경 콘크리트 제품의 품질조사 항목에 관해서 문제는 식생성장으로 시공 후 추적조사를 통하여 조사한다고 하였는데 품질관리기준은 제조업체마다 서로 다르고 발주자로부터의 품질관리 기준이 틀리다고 하였다. 또한 최근에는 친환경성을 강조하여 콘크리트 폐기물을 사용하여 콘크리트 2차제품을 제조하는 양상으로 변하고 있다고 하

였다. 생산업체에서는 시공회사를 통해 발주자로부터 승낙요청이 있을 후 콘크리트 제품의 배합비, 철근, 제조 시방서, 혼화제등 시험관련 자료 제출하고 과거에는 관급자재였으나 지금은 사급자재로 납품하고 실적공사비로 반영한다고 하였다. 친환경 콘크리트 제품의 경우 독성에 대한 고려에 대해서는 설계단계에서 검토하고 있으며 현재까지는 특별히 고려하고 있지 않으며 피해 사례는 아직 없다고 설명하였다. 수로구조물의 경우 이음부 처리는 고무재, 에폭시 처리 등으로 이음부의 누수방지 처리를 하고 있었으며 일반적으로 콘크리트 구조물의 강도는 250 kgf/cm<sup>2</sup>에서 300 kgf/cm<sup>2</sup>으로 제작하고 있었으며 여도 구조물은 300 kgf/cm<sup>2</sup>, 유수지 구조물은 420 kgf/cm<sup>2</sup>이며 고강도 구조물 제작시에는 600 ~ 700 kgf/cm<sup>2</sup>정도의 강도를 갖도록 하고 있었다. <그림 2-15>는 일본의 친환경 콘크리트 제품으로 옹벽이나 배수로 사면에 사용되는 조립식 공장제품으로 빈 공간사이에서 식생이 자라날 수 있도록 제작되고 있었으며 <그림 2-16>도 친환경 공장제품으로 공장에서 제작하여 그 과정을 모니터링하고 있었다. <그림 2-17>은 어류용 친환경 제품으로 포러스 콘크리트를 이용하여 배수로나 하천에서 수중식물 및 어류가 살 수 있는 공간을 제공하여 주는 역할을 하고 있었다. 또한 일본의 제조업자들은 제품에 대하여 특허 등 기술적인 노하우를 가지고 있어 지적재산권을 행사하고 있었다.



<그림 2-15> 일본의 친환경 콘크리트 제품





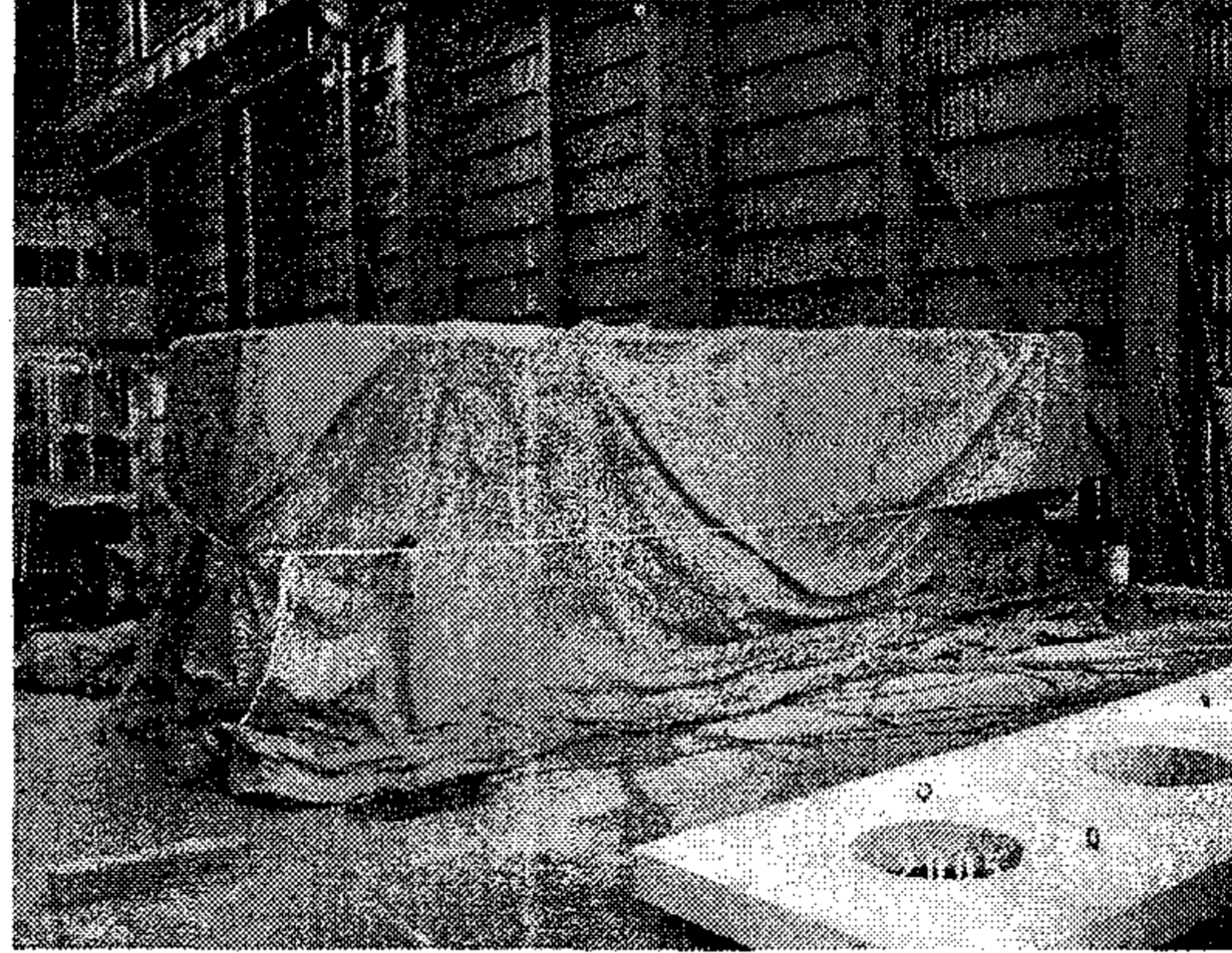
<그림 2-16>친환경 공장제품



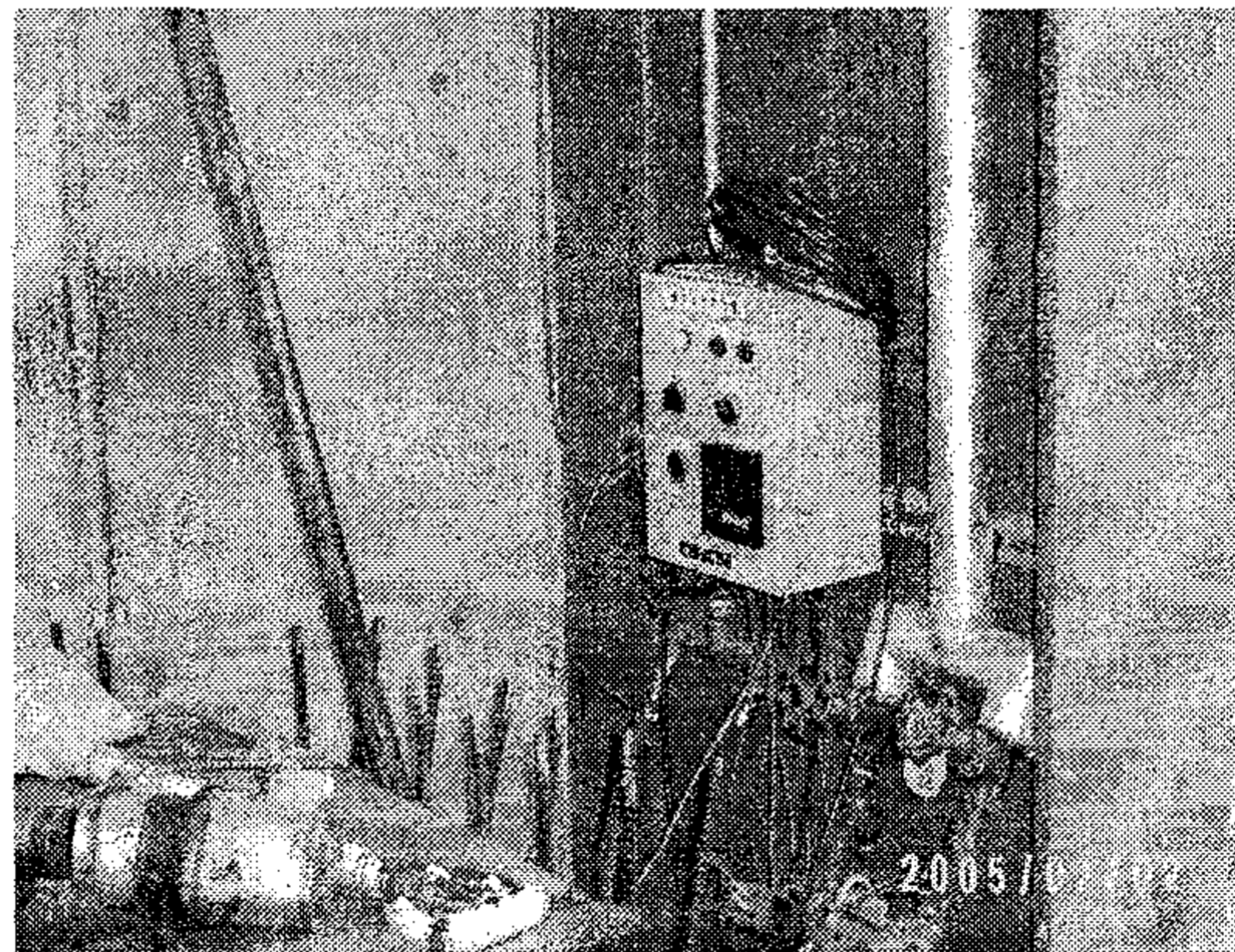
<그림 2-17> 어류용 친환경 제품

발주자가 품질향상을 위해 무리한 요구를 할 경우는 기본적으로 발주자가 요구한 사항에 맞추어 제품제작 하지만 너무 무리한 경우 납품 포기한 경우도 종종 있다고 한다. 콘크리트 2차제품의 경우에는 양생이 내구성과 구조물의 기능향상에 커다란 영향을 주어 상당히 중요하다. 일본의 생산업체에서는 증기양생의 경우 사전 2시간 양생, 온도상승속도 20℃/hr, 최고온도 65℃에서 3시간 후 온도 하강하는 패턴으로 실시하고 있었다. 구조물의 크기가 작은 경우는 1일 1내지 2회 생산하고 큰 구조물의 경우에는 1일 1회 생산하고 있다고 한다. 양생실은 별도로 갖추고 있지 않았으며, 구조물 하나하나에 천막을 씌워 증기양생을 실시하는 것이 국내 생산과정과 큰 차이점을 보이고 있었다. <그림 2-18>는 일본의 친환경 콘크리트 제품 생산시 보온 천막을 씌워 증기양생 과정을 보여주는 것이고 <그림2-19>는 콘크리트 제품의 품질

관리를 위하여 정확한 시간과 온도를 측정하기 위하여 증기양생을 위한 온도 컨트롤러를 나타낸 것이다.



<그림 2-18> 일본의 친환경 콘크리트 제품 증기양생 과정

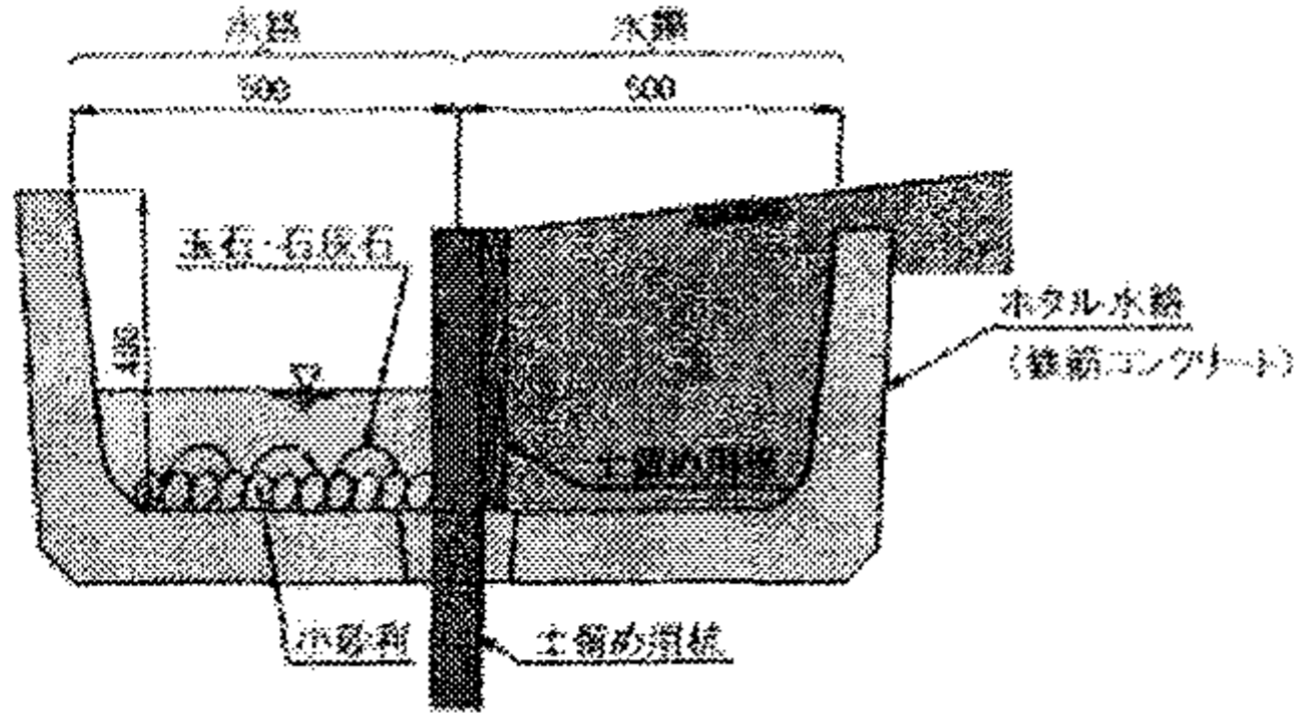
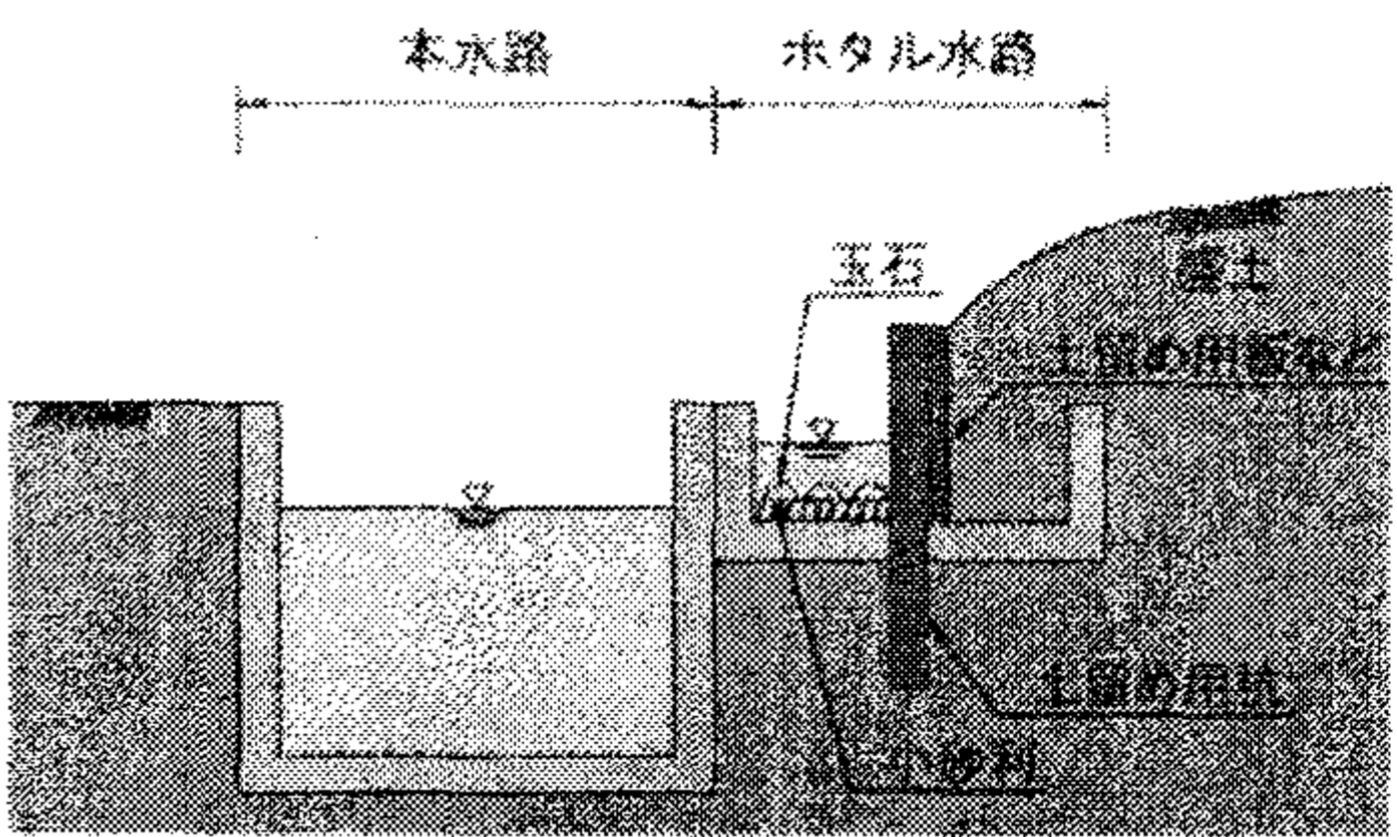

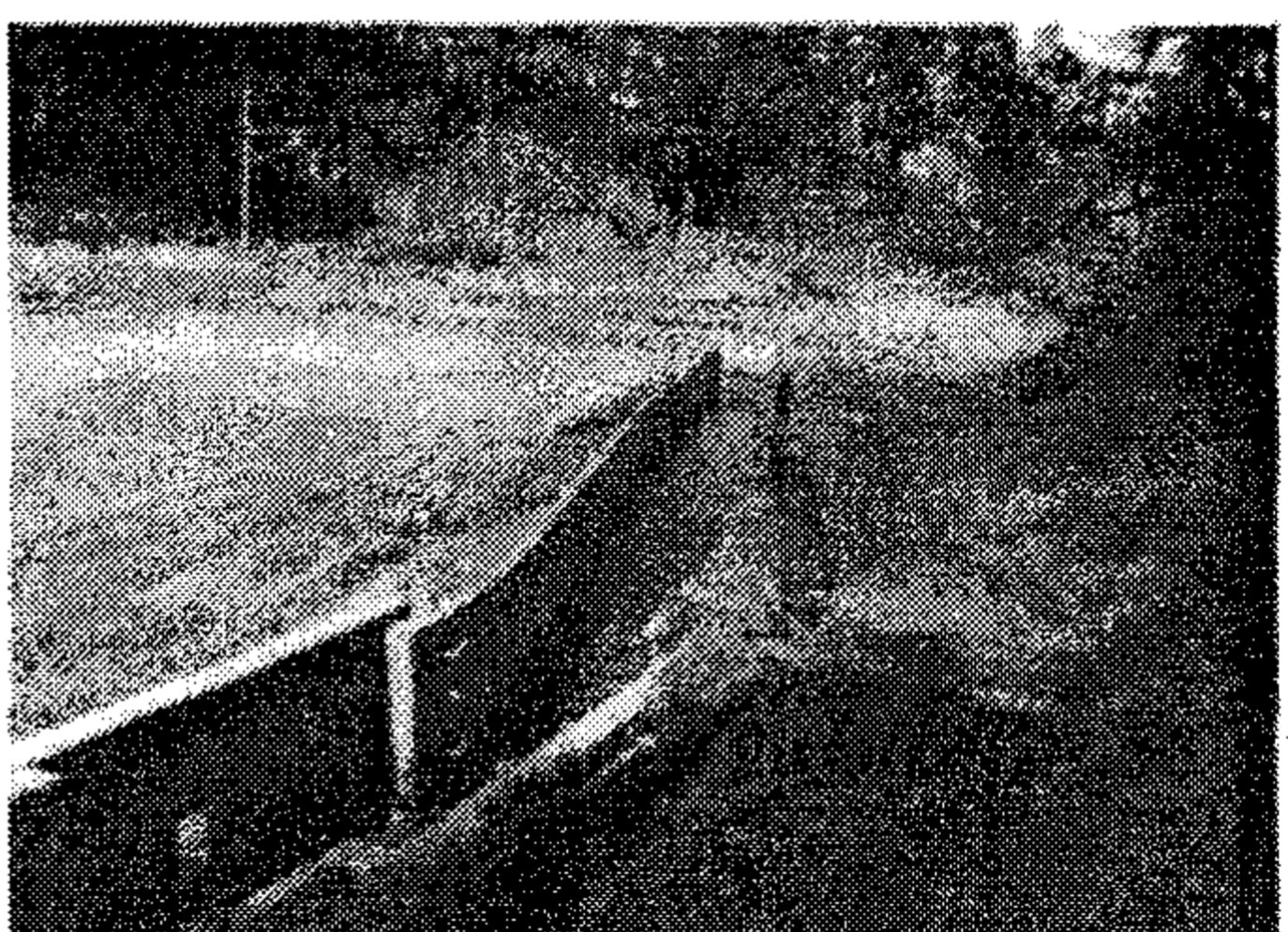


<그림 2-19> 증기양생을 위한 온도 컨트롤러

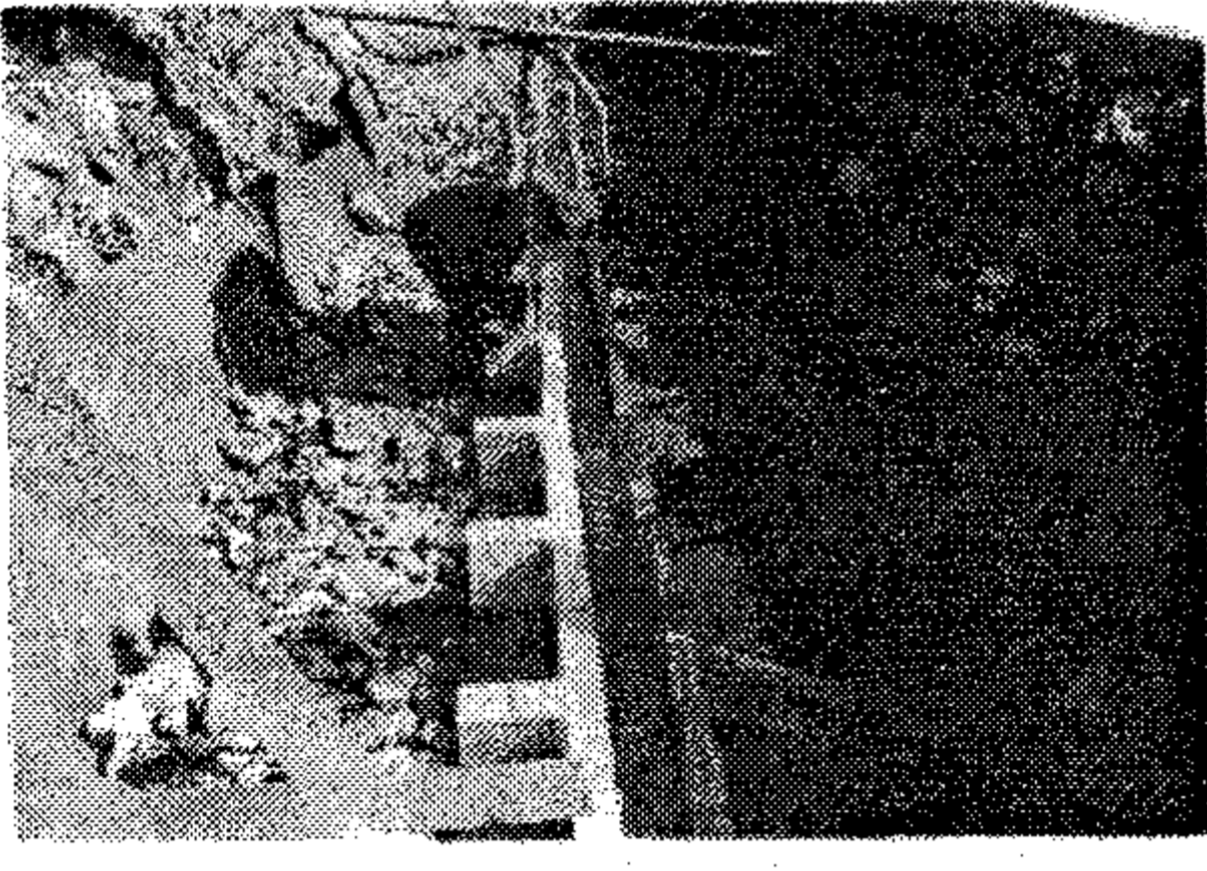
<표 2-12>부터 <표 2-16>까지는 일본의 친환경 소재·공법 자료를 나타낸 것으로 친환경 소재 및 공법에 대한 자료를 데이터베이스화 하여 지자체 및 일반인들에게 보급하고 있었다. 그림에서 나타난 바와 같이 전문지식이 없는 일반인들도 이해하기 쉽게 제작되었으며 용도에 따라 제품을 달리 사용할 수 있었다. 그리고 제품형태와 공사시 참고하여야 할 시방서를 첨부하였으며 시공 상황 및 완성전경을 비교함으로써 친환경 공법의 적용성을 다시 한 번 검토할 수 있게 하였다. 또한 일반적인 특징과 구조제원을 제시하

고 조도계수를 언급함으로서 설계시 고려해야 할 사항을 자료화 하였다. 특히 이 자료에서 주의 깊게 살펴볼 사항은 안전성과 자연환경에서의 배려 항목을 규정함으로서 실제 설계자 및 정책입안자들이 적당한 목적에 사용할 수 있도록 한 것이다. 식물의 생육정도, 어류의 생식정도를 대·소·무로 구분하였으며 식재공간과 경관성을 고려한 것도 제시하고 있었다.

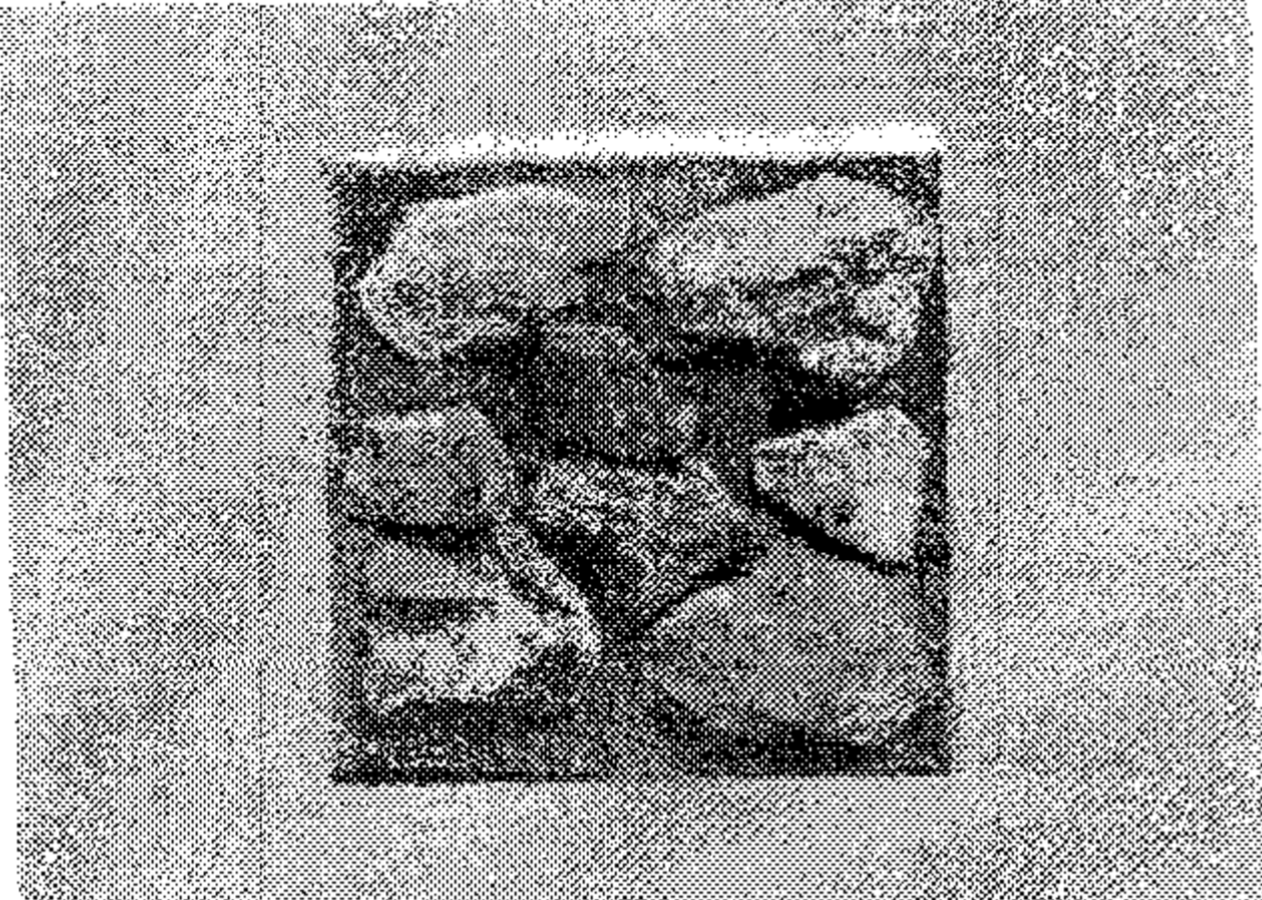

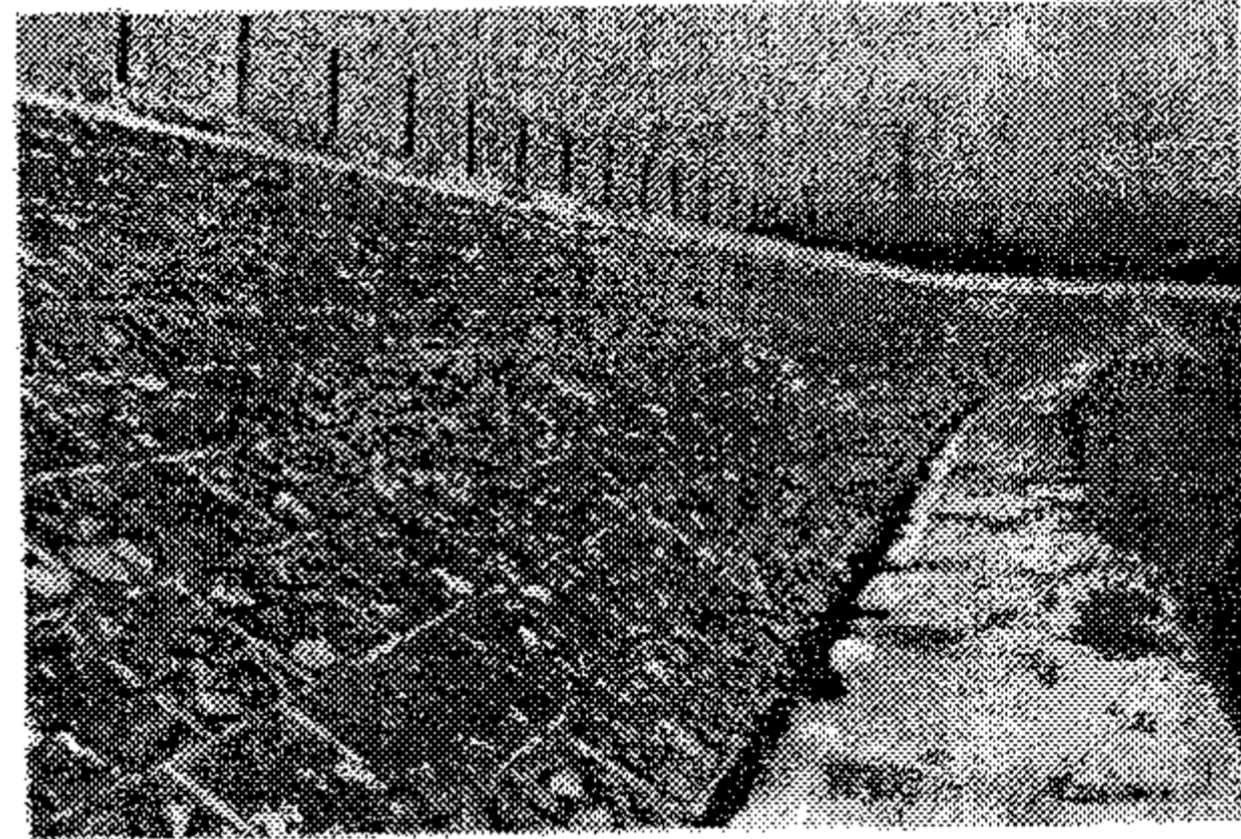
(표 2-12) 일본의 친환경 소재·공법 자료(1)

제품명	반딧불 수로	용도	용배수로				
구조종별	수로공						
제품형태		표준단면도					
							
시공상황		완성전경					
							
특징	<p>① 농업용용배수로의 개수 등으로 사라진 수생생물을 지키고, 자연환경의 보호 및 복원을 보조하는 것이 가능하다.</p> <p>② 반딧불의 생육에 적당한 수로 및 수변 환경이 만들어진다.</p> <p>③ 반딧불 수로 내에 수로와 수변을 만들기 때문에 시공 후의 유지관리 및 성장 환경을 위한 조작이 간단하다.</p> <p>④ 반딧불의 유충을 시작으로, 여러 가지 수생생물의 생육장소가 된다.</p>						
제품규격	<p>제품길이:2,000mm</p> <table border="1"> <tr> <td>수로내 폭(mm)</td> <td>200~800</td> </tr> <tr> <td>수로내 높이(mm)</td> <td>150~600</td> </tr> </table> <p>* 형상치수는 각종대응이 가능하다.</p>			수로내 폭(mm)	200~800	수로내 높이(mm)	150~600
수로내 폭(mm)	200~800						
수로내 높이(mm)	150~600						
구조제원		안전성					
구조형식	U형수로	수직 높이 한계	사용조건에 의해 확인				
측벽 구배	1:0.1	자연환경에서의 배려 항목					
		식물의 생육	대·(소)·무				
		어류의 생식	대·(소)·무				
		저생동물	(대)·소·무				
식재 공간	0.182m <sup>3</sup> /m(폭1000×높이400) *수변의 설치구성에 의해 다르다.	경관성					
조도계수	0.025~0.033	표면 디자인	인조석모양·자연석장·기타				
사용 실적	240m (과거7년간)						

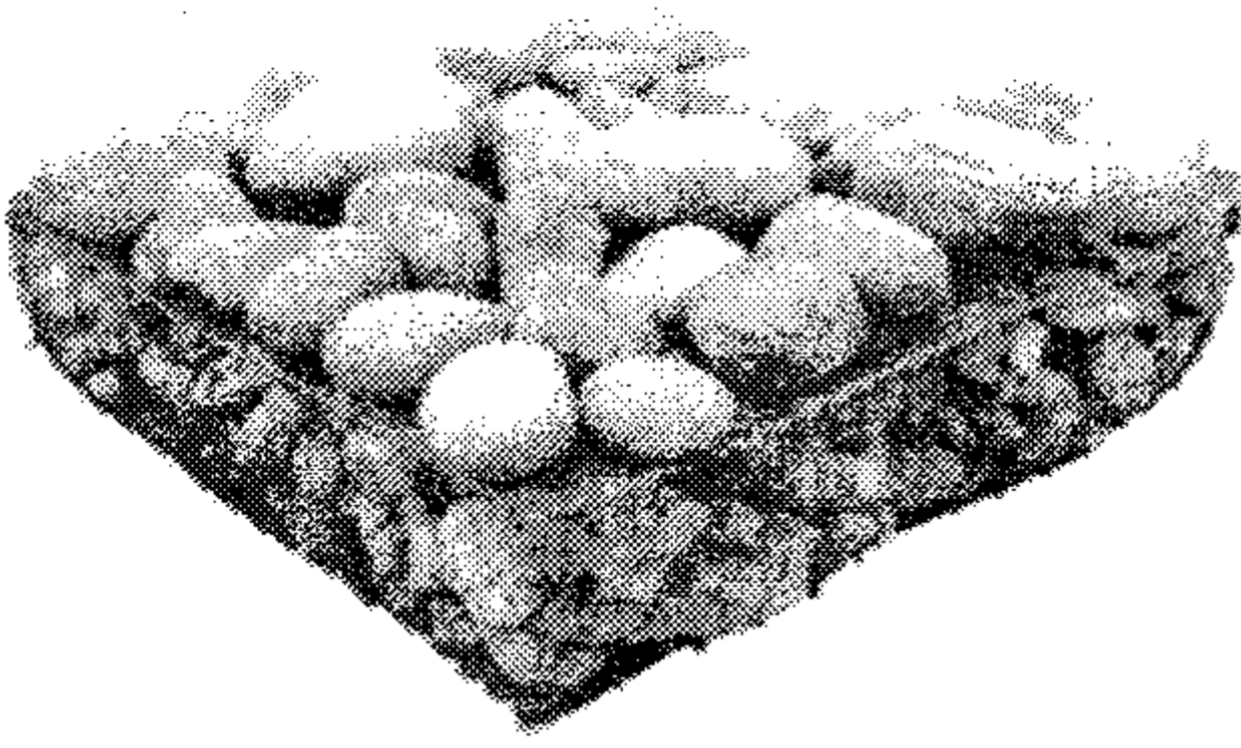
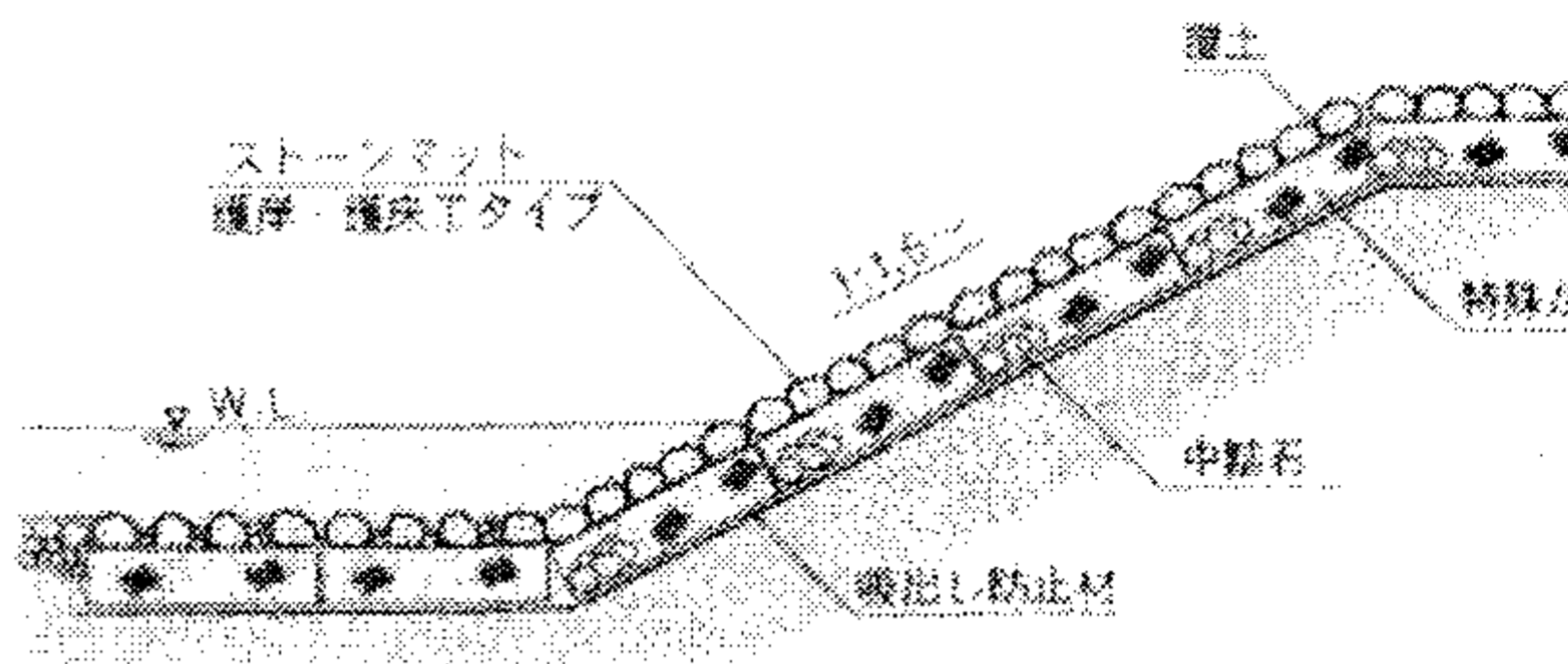

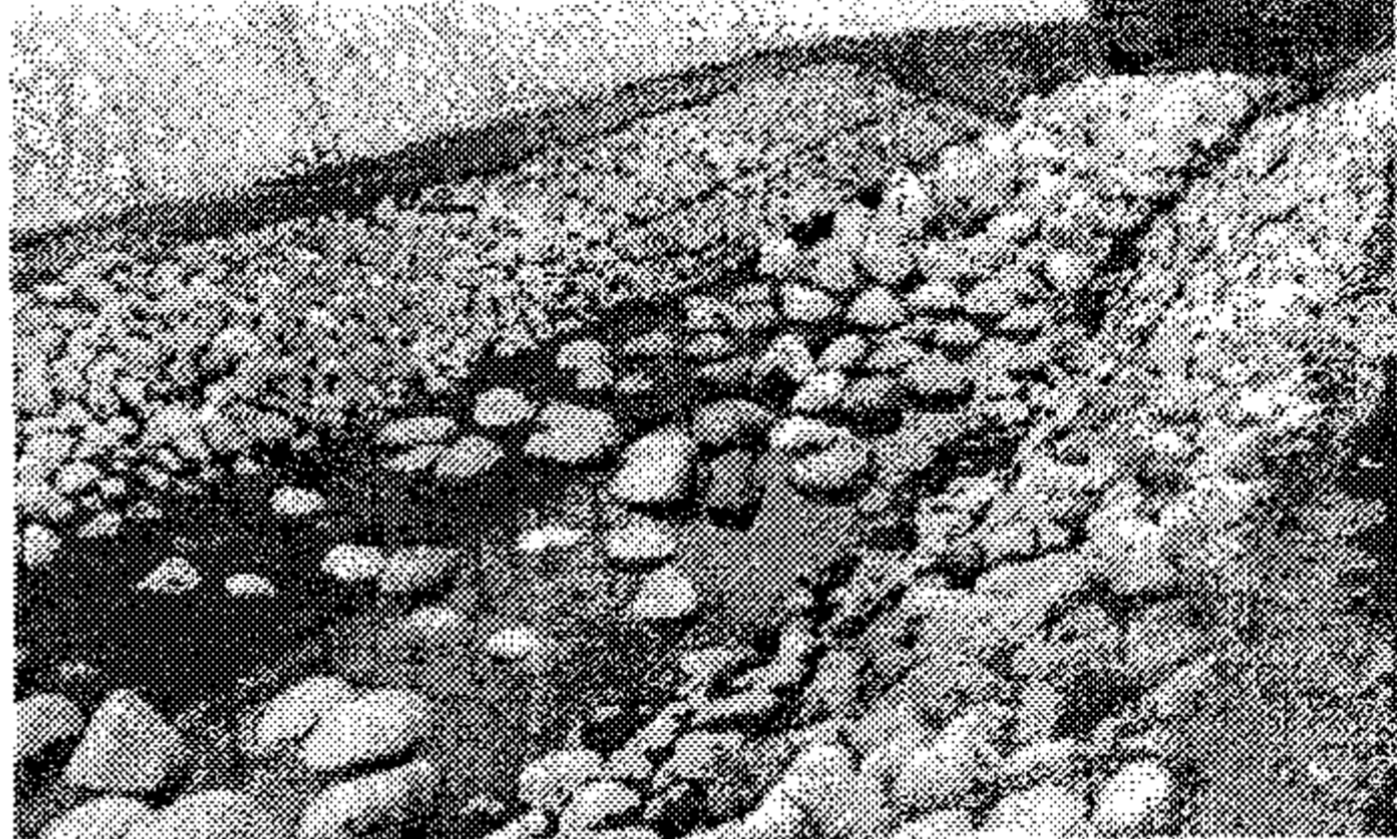
(표 2-13) 일본의 친환경 소재·공법 자료(2)

제품명	Rock Block 공법	용도	용배수로									
구조종별	호안공											
제품형태		표준단면도										
												
시공상황		완성전경										
												
특징		제품규격	사각형 형태									
<p>① 블록 사이 및 매입재가 만드는 다공질 공간이 치어 및 개 등 물속 생물의 거처.                  ② 앵커 구조.                  ③ 현장발생토를 복토하는 것으로 조기에 식생을 회복하는 것이 가능.                  ④ 매입재로서 순환골재도 이용가능.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>규격</th> <th>형상(mm)</th> <th>질량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>600형</td> <td>W2000×h250×b350 앵커길이 600, 판넬 150</td> <td>133kg/세트</td> </tr> <tr> <td>900형</td> <td>W2000×h250×b350 앵커길이 900, 판넬 150</td> <td>133kg/세트</td> </tr> </tbody> </table>		규격	형상(mm)	질량	600형	W2000×h250×b350 앵커길이 600, 판넬 150	133kg/세트	900형	W2000×h250×b350 앵커길이 900, 판넬 150	133kg/세트
규격	형상(mm)	질량										
600형	W2000×h250×b350 앵커길이 600, 판넬 150	133kg/세트										
900형	W2000×h250×b350 앵커길이 900, 판넬 150	133kg/세트										
구조제원		안전성										
구조형식	이겨 쌓기·비어 쌓기 수평 쌓기·경사 쌓기	수직한계	8m 정도									
설치구배	1:0.3~1.0	자연경관에서 배려항목										
식재 공간	0.190m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> (사각형 형태 녹화쌓기공)	식물의 생육	(대)·소·무									
		어류의 생육	(대)·소·무									
사용개수	1.79개/m <sup>2</sup> (사각형 형태) 10개/m <sup>2</sup> (둥근 자연석 형태)	강바닥 생활 동물	(대)·소·무									
조도계수	참고:0.024(사각형) 0.027(둥근 자연석 형태)	경관성										
사용실적		표면 디자인	(인공석재 모양), 자연석 모양, 기타									
		10,000m <sup>2</sup>										

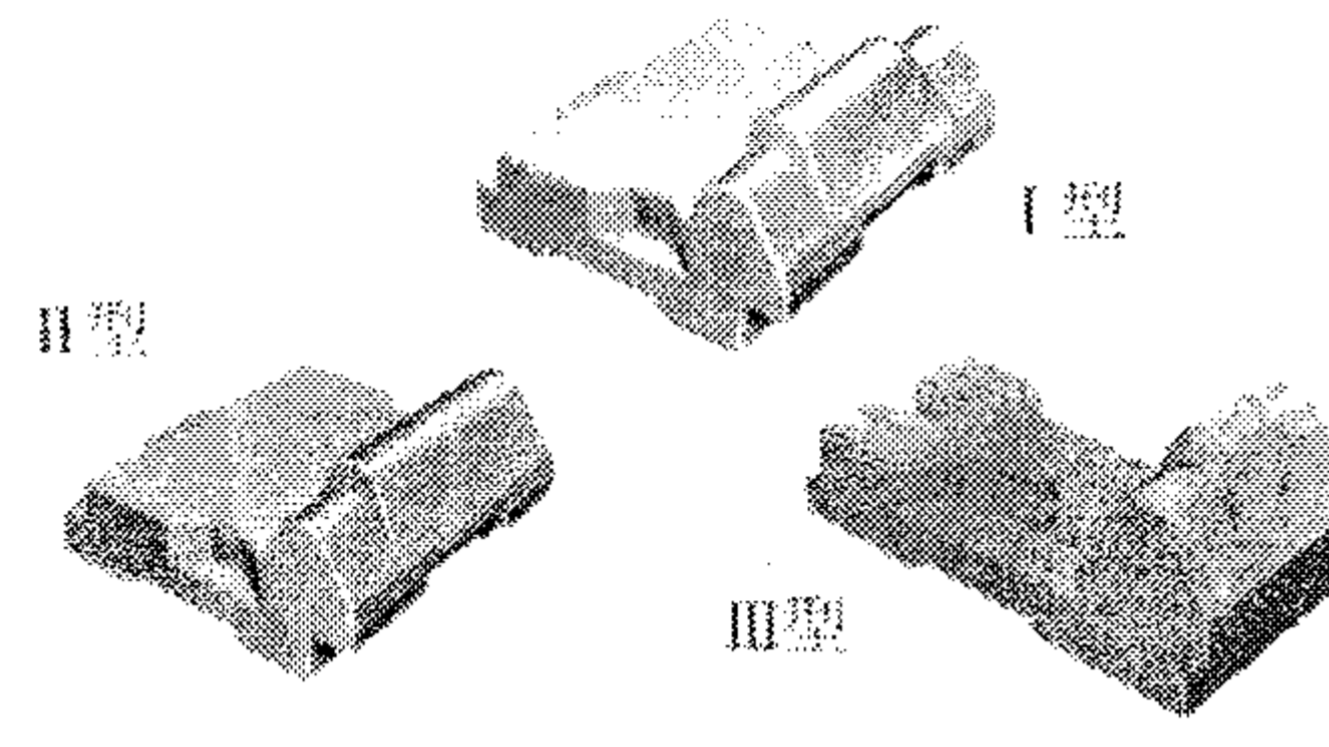
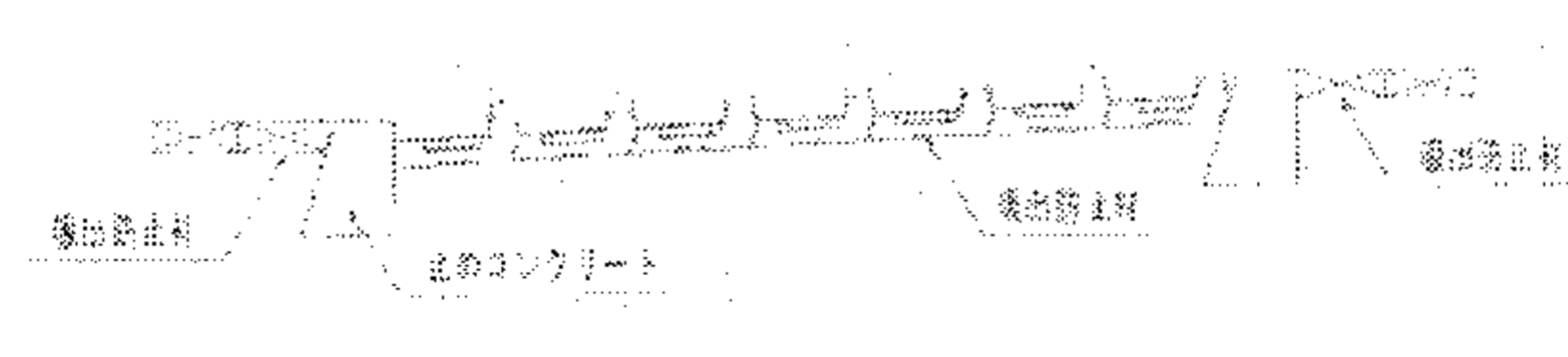
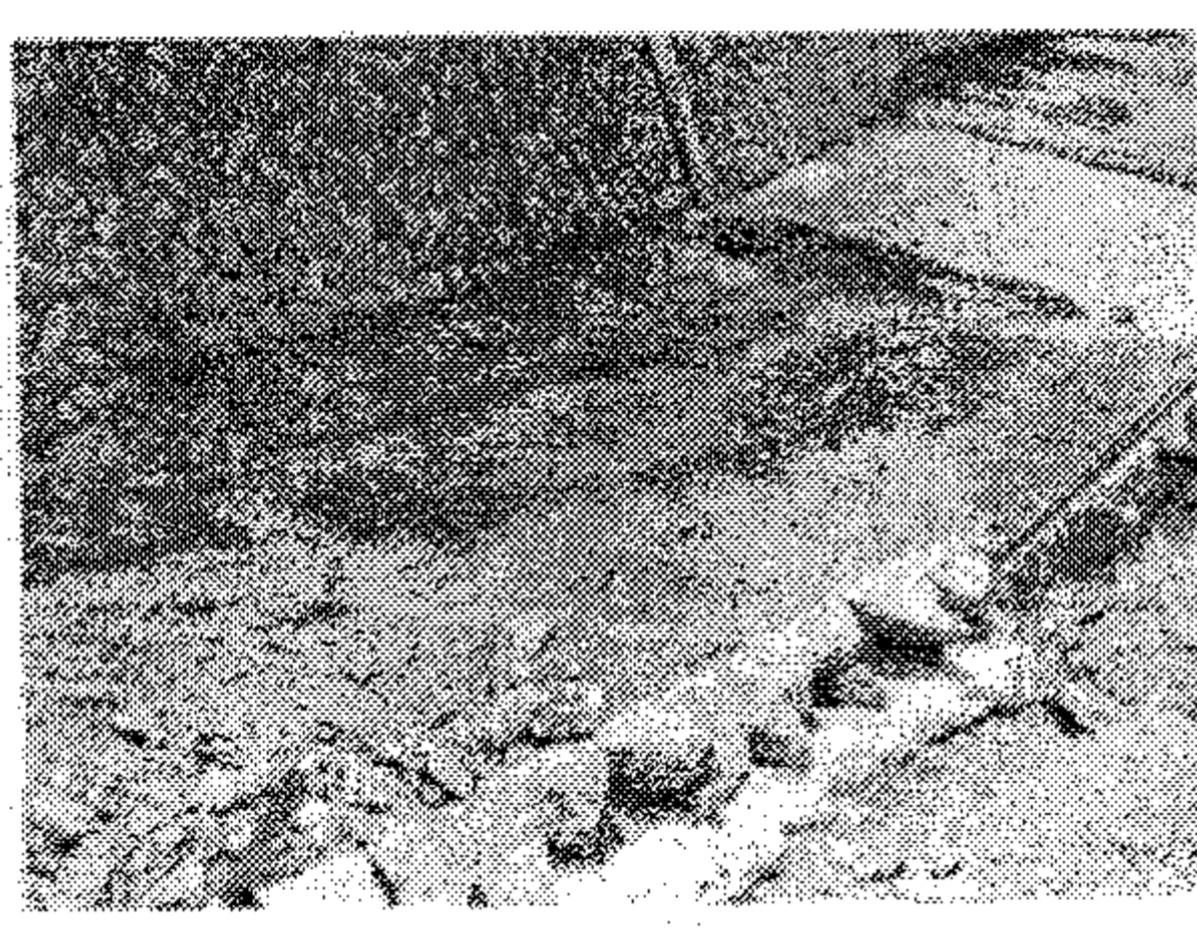
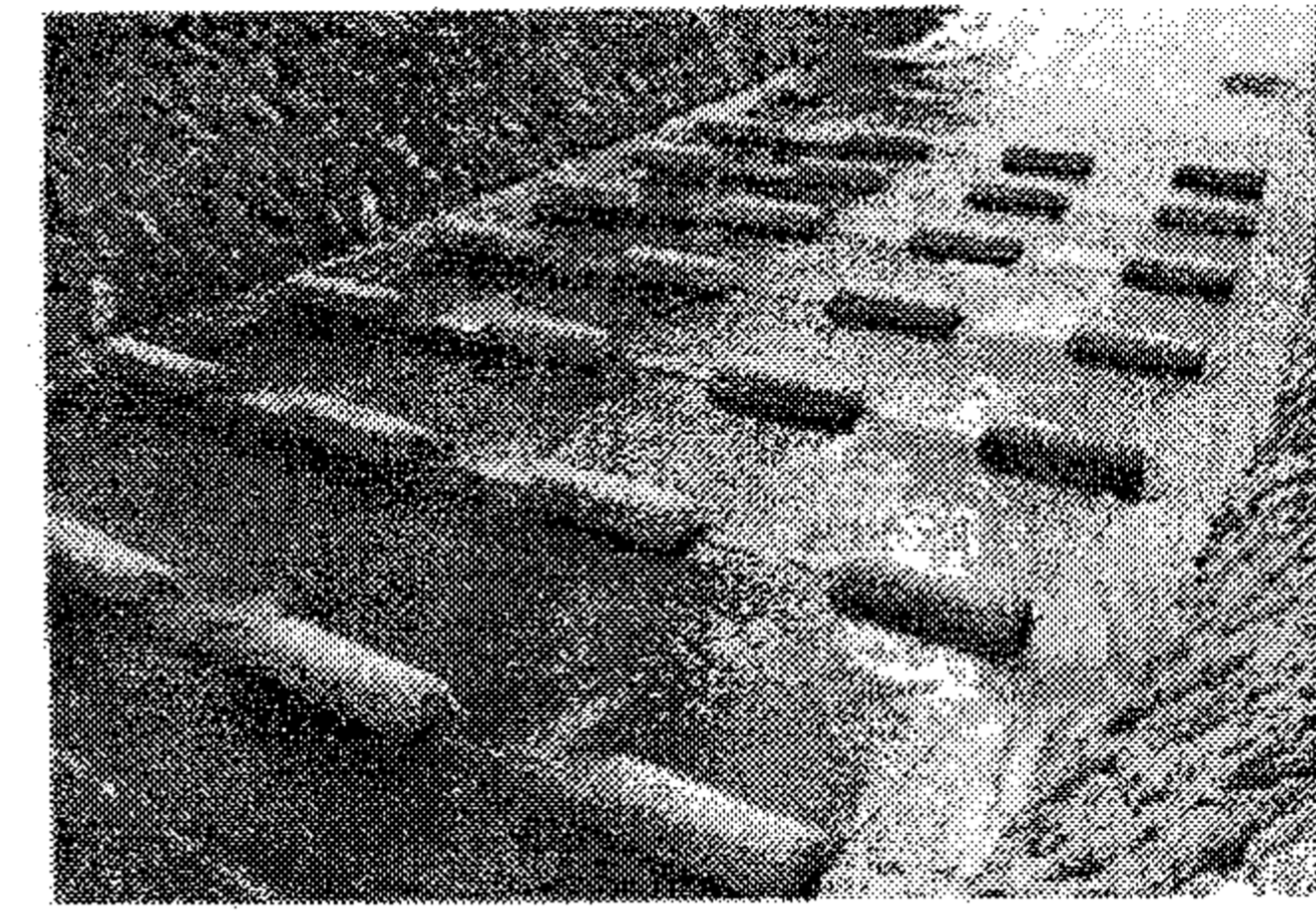
(표 2-14) 일본의 친환경 소재 · 공법 자료(3)

제품명	Natu-rock판형 Block		용도	용배수로												
구조종별	호안공															
제품형태			표준단면도													
																
시공상황			완성전경													
																
특징	<p>①자연석을 매입한 판형 블록(4개/m<sup>2</sup>)이고, 제품치수가 작기 때문에 끝부분 등의 처리가 용이</p> <p>②다양한 석재 등을 선택하는 것이 가능하므로 다양한 호안 디자인</p> <p>③이끼 등이 생기기 쉬워, 자연환경 배려 가능</p>		제품규격													
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>종류</th> <th>치수</th> <th>질량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400×120</td> <td>400×400×120mm</td> <td>42.8kg</td> </tr> <tr> <td>500×120</td> <td>500×500×120mm</td> <td>67.3kg</td> </tr> <tr> <td>500×300×100</td> <td>500×300×100mm</td> <td>34.4kg</td> </tr> </tbody> </table>	종류	치수	질량	400×120	400×400×120mm	42.8kg	500×120	500×500×120mm	67.3kg	500×300×100	500×300×100mm	34.4kg	
종류	치수	질량														
400×120	400×400×120mm	42.8kg														
500×120	500×500×120mm	67.3kg														
500×300×100	500×300×100mm	34.4kg														
구조제원		안전성														
구조형식	콘크리트 블록 쌓기공	한계유속	2.0~3.0m/s (설계조건별 차이)													
설치구배	1:1.5보다 완만한 구배	자연환경에서의 배려항목														
식재 공간		식물의 생육	대 · (소) · 무													
		어류의 생식	대 · 소 · (무)													
		강바닥 생활 동물	대 · 소 · (무)													
사용개수	4.0개/m <sup>2</sup> (500×500의 경우)	경관성														
조도계수	0.028(추정값)	표면 디자인	인공석재 모양, (자연석 모양), 기타													
사용실적	약 80,000m <sup>2</sup> / 과거10년간															

(표 2-15) 일본의 친환경 소재·공법 자료(4)

제품명	Stone Mat 공법	용도	용배수로																			
구조종별	호상공																					
제품형태		표준단면도																				
																						
시공상황		완성전경																				
																						
특징		제품규격	호안호상공 형태																			
<p>① 윗덮개부와 바구니부를 합한 중량보다 큰 쓸어내는 힘에 저항 가능.</p> <p>② 다공질 석재 구조가 수변 생태계를 보전.</p> <p>③ 자연석의 따뜻함이 있는 친수호안 형성.</p> <p>④ 채움재로는 순환골재도 이용가능.</p> <p>⑤ 석재는 현지의 경관에 적당한 것이 가능.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>규격</th> <th>바구니부분 형태 (mm)</th> <th>윗덮개부 질량(t/m<sup>2</sup>)</th> <th>제품질량 (t/m<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>320형</td> <td>2000×2000×h320</td> <td>0.35</td> <td>0.84</td> </tr> <tr> <td>400형</td> <td>2000×2000×h400</td> <td>0.35</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>480형</td> <td>2000×2000×h480</td> <td>0.35</td> <td>1.08</td> </tr> <tr> <td>560형</td> <td>2000×2000×h560</td> <td>0.35</td> <td>1.20</td> </tr> </tbody> </table> <p>*윗덮개부 중량은 0.10~0.35t/m<sup>2</sup>까지 선택가능</p>	규격	바구니부분 형태 (mm)	윗덮개부 질량(t/m <sup>2</sup> )	제품질량 (t/m <sup>2</sup> )	320형	2000×2000×h320	0.35	0.84	400형	2000×2000×h400	0.35	0.96	480형	2000×2000×h480	0.35	1.08	560형	2000×2000×h560	0.35	1.20	
	규격	바구니부분 형태 (mm)	윗덮개부 질량(t/m <sup>2</sup> )	제품질량 (t/m <sup>2</sup> )																		
	320형	2000×2000×h320	0.35	0.84																		
	400형	2000×2000×h400	0.35	0.96																		
	480형	2000×2000×h480	0.35	1.08																		
	560형	2000×2000×h560	0.35	1.20																		
구조제원		안전성																				
구조형식	자연석부착 그물망바구니공	한계유속	호상 : 8.5m/s 정도																			
연결 고리	(유)·무	자연환경에서의 배려항목																				
매달기 철근	유·(무)	식물의 생육	(대)·소·무																			
전용 매달기 기구	유·무	어류의 생식	(대)·소·무																			
설치방향성	유·(무)	강바닥 생활 동물	(대)·소·무																			
조도계수	참고 : 0.026 (표준사양평형타입)	경관성																				
사용실적		표면 디자인	인공석재 모양, (자연석 모양), 기타																			
		30,000m <sup>2</sup>																				

(표 2-16) 일본의 친환경 소재·공법 자료(5)

제품명	왕환	용도	어도, 용배수로																	
구조종별	어도공																			
제품형태		표준단면도																		
																				
시공상황		완성전경																		
																				
특징		제품규격																		
<p>①Pool이 계단식으로 연속적인 형태, pool이 소상어의 휴식과 하상어의 낙하층들에 의해 들어드는 것을 막는 기능</p> <p>②아이스하버형 어도이고, 물고기가 어디에서든 휴식 가능한 공간을 제공</p> <p>③격벽은 아치형상으로 유수의 연속성 확보</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>종별</th> <th>규격치수(mm)</th> <th>체적(m³)</th> <th>참고질량(t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I형</td> <td>2250×2000×1300</td> <td>2.751</td> <td>6.328</td> </tr> <tr> <td>II형</td> <td>2250×1500×1300</td> <td>2.084</td> <td>4.793</td> </tr> <tr> <td>III형</td> <td>2100×1000×1050</td> <td>0.930</td> <td>2.140</td> </tr> </tbody> </table>			종별	규격치수(mm)	체적(m³)	참고질량(t)	I형	2250×2000×1300	2.751	6.328	II형	2250×1500×1300	2.084	4.793	III형	2100×1000×1050	0.930	2.140
종별	규격치수(mm)	체적(m³)	참고질량(t)																	
I형	2250×2000×1300	2.751	6.328																	
II형	2250×1500×1300	2.084	4.793																	
III형	2100×1000×1050	0.930	2.140																	
구조제원		안전성																		
구조형식	Pool 형식 (아이스하버형)	한계유속	왕환III형 7.1m/s																	
설치구배	1:10 보다 완만한 구배	자연환경에서의 배려항목																		
형태	개개의 조합으로 어도 구성	식물의 생육	대·(소)·무																	
고정 방법	연결고리 및 자중으로 안정	어류의 생식	(대)·소·무																	
사용 개수	0.48개/m² (III형의 경우)	강바닥 생활 동물	(대)·소·무																	
사용 개수	0.109(III형 수심 2m 경우)	경관성																		
조도계수	0.109(III형 수심 2m 경우)	표면 디자인	인공석재 모양, 자연석 모양, 기타																	
사용 실적	19,700m²																			



### 3. 친환경 소재의 품질, 안정성 및 내구성 평가 및 체계화

여 백

### 3. 친환경 소재의 품질, 안정성, 내구성 평가 및 체계화

#### 3.1 친환경소재의 평가관련 KS 규정

친환경소재의 품질, 안정성 및 내구성을 평가하여 체계화하기 위하여 콘크리트 식생블럭계, 식생기반재계, 목재계, 자연석계로 크게 나누어 품질시험과 내구성 및 안정성에 관하여 평가 하는 중이다. 평가방법으로는 친환경 소재를 객관적으로 검증하기 위하여 국내 KS 기준을 사용하였다.

콘크리트 식생 블록계에 대하여는 품질시험방법으로 콘크리트의 특성을 규명하고자 비중 및 공극율과 콘크리트의 기본적으로 필요한 압축강도와 휨강도를 하고자 하였다. 또한 포러스 콘크리트의 경우에는 투수성을 감안하여 물의 투수와 식생의 활착정도를 규명하고자 하였다. 내구성 및 안정성 평가방법으로는 친환경 콘크리트 재료가 동결융해에 취약하기 때문에 동결융해 저항성 실험과 알칼리 골재 반응 실험 등을 수행하였다, 그리고 식생기반재의 경우에는 대부분이 수입되는 재료로서 품질기준에 대한 것이 상당히 미흡한 편이다. 따라서 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 지오텍스트타일을 기준으로 하였으며 특히 부식실험을 실시하여 경제성에 맞는 내구수명을 분석하였다. 목재계의 경우에는 목재가 갖추어야 할 기본적인 항목으로 압축강도와 물에 항상 접할 수 있기 때문에 흡수율 시험을 통하여 중량변화율을 측정하는 방법을 사용하였다. 그리고 내구성 및 안정성에 관하여는 전단력에 의한 파괴를 고려하여 전단시험을 실시하였고 외부 하중에 의한 충격시험도 실시하였다. 자연석계의 경우에는 돌망태를 사용한 바구니계 블록이 있어 돌망태 품질을 추가하였으며 자연석계가 지니고 있는 압축강도를 측정하였으며 내구성 및 안정성에 관하여는 마모저항성을 실험하는 중이다. 콘크리트 식생블럭계에는 콘크리트 화분블럭과 식생호안 블록 및 다공성 식생블럭으로 구분하였다.

### 3.1.1 콘크리트 식생블록계

#### 1) 콘크리트 화분 블록

##### (1) 콘크리트 화분 블록의 품질시험

일반적으로 공장제품인 콘크리트 화분 블록은 재령 14일에서의 압축강도 시험값을 기준하고 축진양생을 하지 않은 공장제품이나 45cm 이상의 부재 두께를 가진 공장제품에서는 재령 28일에서의 압축강도 시험값을 기준으로 한다. 이때 압축강도 시험 방법은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따른다. 단, 필요에 따라 구입자가 요청할 경우에는 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 휨강도를 측정한다.

##### (2) 콘크리트 화분 블록의 내구성 및 안정성 시험

호안에 접하고 있으며, 화분의 특성 상 계속적으로 수분이 존재하고 있기 때문에 콘크리트 제품의 경우 겨울철 동결융해를 쉽게 받을 수 있다. 따라서 콘크리트 화분 블록의 동결융해저항성 시험을 KS F 2456(급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법)에 준하여 실시하여야 한다.

#### 2) 식생 호안 블록계

##### (1) 식생 호안 블록의 품질시험

식생 호안 블록이 공장제품인 경우 일반적으로 재령 14일에서의 압축강도 시험값을 기준하고 축진양생을 하지 않은 공장제품이나 45cm 이상의 부재 두께를 가진 공장제품에서는 재령 28일에서의 압축강도 시험값을 기준으로 한다. 이때 압축강도 시험 방법은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따른다. 단, 필요에 따라 구입자가 요청할 경우에는 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 휨강도를 측정한다.

##### (2) 식생 호안 블록의 내구성 및 안정성 시험

호안에 접하면서 식생을 유지해야 하기 때문에 식생 호안 블록은 물과의 접촉이 필수적이다. 따라서 겨울철 동결융해저항성을 판단하기 위해 식생 호안 블록의 동결융해저항성 시험을 KS F 2456(급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법)에 준하여 실시한다.

또한 유해물질이 물에 용존할 수 있는 환경에 식생 호안 블록이 설치된 경우 유해물질이 식생 호안 블록에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 화학약품에 대한 저항성을 판단할 필요가 있다.

### 3) 다공성 식생 블록

#### (1) 다공성 식생 블록의 품질시험

다공성 식생 블록은 연속 또는 독립된 공극구조가 공존하는 콘크리트제품으로서 다음과 같은 품질 시험을 실시하여야 한다.

다공성 식생 블록의 공극률은 절대단위용적중량(콘크리트의  $1\text{m}^3$  중 공극이 없다고 가정한 상태의 중량으로서 콘크리트 구성재료의 비중에 의해 계산한 중량)에 대한 다공성 식생 블록의 단위용적중량(KS F 2409에 준하여 측정)을 비율로서 나타낸 값으로서 이러한 공극률과 공극구조가 다공성 식생 블록의 강도 및 투수성과 같은 물리적 특성 뿐 만 아니라 해양생물의 부착, 수질정화 및 식생에 관한 효과를 좌우한다.

다공성 식생 블록의 역학적 특성인 압축강도와 휨강도는 각각 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법) 및 KSF 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 측정한다.

다공성 식생 블록의 투수 성능을 평가하기 위해 KSF 2394(투수성 포장체의 현장 투수 시험방법)에 준하여 투수량을 측정한다.

#### (2) 다공성 식생 블록의 내구성 및 안정성 시험

다공성 식생 블록의 겨울철 동결융해저항성을 판단하기 위해 다공성 식생 블록의 동결융해저항성 시험을 KS F 2456(급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법)에 준하여 실시한다.

### 3.1.2 식생 기반재계

#### 1) 식생 기반재계의 품질시험

- KSK ISO 10319(변경전: KSF2124)(지오텍스타일의 인장 강도 시험 방법)
- KSK 0923(지오텍스타일 및 관련제품 - 침식방지(해안보호,옹벽공사)에 요구되는 특성)
- KSK 0925(지오텍스타일 및 관련제품 - 수로건설에 요구되는 특성)

#### 2) 식생 기반재계의 내구성 및 안정성 시험

- KSK 07618(변경전: KSF2125)(지오텍스타일의 파열 강도 시험 방법)
- KSK 0769(변경전: KSF2127)(지오텍스타일의 인열 강도 시험 방법)

- KSK ISO13431(변경전 : KSK0748)(지오텍스타일 및 관련제품 - 인장크리프와 크리프 파단 거동 시험 방법)
- KSK0746(지오텍스타일의 내후성 시험 방법 : 크세논 아크법)

### 3.1.3 목재계

#### 1) 목재계 품질시험

- KSF 2206(목재의 압축 시험 방법)
- KSF 2207(목재의 인장 시험 방법)
- KSF 2208(목재의 휨 시험 방법)

#### 2) 목재계 공법의 내구성 및 안정성 시험

- KSF 2213(목재의 내후성 시험 방법)
- KSF 2215(목재의 마모 시험 방법)
- KSF 2227(목재의 크리프 시험방법)
- KSF 2209(목재의 전단 시험 방법)
- KSF 2211(목재의 충격 휨 시험 방법)

### 3.1.4 석재계

#### 1) 석재계 품질시험

- KSF 4601(돌망태)
- KSF 2519(석재의 압축 강도 시험 방법)
- KSF 2518(석재의 흡수율 및 비중시험 방법)

## 3.2 친환경 소재의 품질 기준

### 3.2.1 콘크리트 식생블록계

- 철근 콘크리트 플룸 및 벤치 플룸 (KS F 4010)

이 규격은 주로 수로로서 사용되는 철근 콘크리트 플룸 및 벤치 플룸에 대

하여 규정한다. 플룸의 겉모양은 균일하고 비틀림, 사용상 해로운 흠, 균열 등이 없어야 한다. 플룸은 KS F 4010의 8.2에 규정하는 휨시험을 하고, KS F 4010에 규정하는 휨강도 이상으로 한다.

- 철근 콘크리트 조립식 압거 블록 (KS F 4020)

이 규격은 주로 도로의 압거 배수에 위, 아래를 조립하여 사용하는 철근 콘크리트 압거 블록에 대하여 규정한다. 블록은 그 질이 치밀하고 사용상 해로운 흠, 균열, 결손, 휨 등이 없어야 한다. 블록은 KS F 4020의 7.에 규정하는 휨 시험을 하여 아래의 (표 3-1)의 조립식 압거 블록의 휨강도 하중에 규정하는 휨강도 하중 이상이어야 한다.

(표 3-1) 조립식 압거 블록의 휨강도 하중

호칭명	휨강도 하중	
	윗블록	아랫블록
180	30	22
240		
300	28	21
360		
450		
600		

- 치장 콘크리트 블록 (KS F 4038)

이 규격은 구조물에 사용하는 치장 콘크리트 블록(이하 치장 블록이라 한다.)에 대하여 규정한다. 치장블록에는 사용상 표면의 휨, 뒤틀림 등과 같은 해로운 변형, 표면의 갈린 흠 및 굵힌 흠, 모서리 결함 등과 그 밖에 표면의 색 얼룩 및 국부적 변색에 의한 색 얼룩, 완성된 제품면의 요철, 색의 불균형에 의한 마무리 얼룩 등 현저한 불균형이 없어야 한다. 치장 블록은 KS F 4038의 6.에 따라 시험하여 (표 3-2)의 치장 블록의 성능 규격다음의 규격에 합격하여야 한다.

(표 3-2) 치장 블록의 성능 규격

압축강도에 따른 구분	순단면적에 대한 압축강도 (N/cm <sup>2</sup> )	흡수율 (%)	투수성 (mm)
780	780 이상	20 이하	-
1,170	1,170 이상		
1,470	1,470 이상	10 이하	10 이하
2,450	2,450 이상		

- 콘크리트 적층 블록 (KS F 4416)

이 규격은 용벽 등에 사용되는 콘크리트 적층 블록에 대하여 규정한다. 적층 블록은 사용상 해로운 흠, 갈라짐, 이 빠짐 등이 없어야 한다. 적층 블록의 압축 강도의 하한 규격값은 출하시에 18.0 MPa로 한다.

- 보차도용 콘크리트 인터로킹 블록 (KS F 4419)

이 규격은 주로 조립에 의해 보도, 차도, 광장 등의 포장에 사용하는 콘크리트 인터로킹 블록에 대하여 규정한다. 블록의 겉모양에는 해로운 균열 또는 흠 등의 결점이 없어야 한다. 블록에 무늬를 넣을 수 있으며, 표면의 가장자리에 미려한 모떼기를 하여도 된다. 유색 블록의 색상은 균일해야 하며, 색얼룩 등이 없어야 한다. 만일 유색층이 있는 경우 유색층의 두께는 표면에서 8mm 이상이어야 한다. 블록은 KS F 4419의 8.2 및 8.3에 규정한 시험을 하여 다음의 (표 3-3)의 인터로킹 블록의 품질표와 같은 규정에 적합해야 한다.

(표 3-3) 인터로킹 블록의 품질

휨강도 (MPa)	흡수율 (%)	
	개개	평균
5.0 이상	10 이하	7 이하

- 시멘트계 바닥용 인조 석판 (KS F 4060)

이 규격은 각종 구조물의 바닥 및 계단 등의 마감재로 주로 사용하는 시멘트계 바닥용 인조 석판(이하 인조 석판이라 한다.)에 대하여 규정한다.

인조 석판의 겉모양 및 성능은 KS F 4060의 7.에 시험방법에 따라 시험하



여 다음의 (표 3-4)의 인조 석판의 성능 규격에 적합하여야 한다.

(표 3-4) 인조 석판의 성능 규격

성능항목	성능	
	바닥판	계단판
균열, 긁힘, 움푹 팬 곳, 얼룩, 깨진 곳	표면으로부터 60cm 떨어져 보았을 때, 인조 석판의 표면을 비롯하여 사면 모서리에서 사용상 해로운 것이 없어야 한다.	
비중	2.0 이상	
흡수율 (%)	5.0 이하	
휨강도 (N/mm <sup>2</sup> )	7.0 이상	6.0 이상
충격강도	판의 깨짐, 균열이 없어야 한다.	
내마모성 (g)	1.0 이하	
직각도 (mm)	0.7 이하	-
내오염성	현정한 색·광택의 변화가 없어야 한다.	

### 3.2.2 목재계

목재계에서는 방부처리가 중요한데 국산재로 잘 썩지 않는 낙엽송도 야외에서 사용할 경우 내용연수는 약 7~8년 정도이다. 하지만 상대적으로 무른 잣나무나 리기다소나무를 방부처리하면 30년 이상 사용이 가능하다. 방부목재의 내용연수는 대략 30~50년 (CCA.가압처리기준. 미국 농무성 자료)으로 되어 있다. 방부목재의 가공에서 방부목재는 방부제의 유효성분이 목재 내에 정착될 때까지 이동하거나 양생기간 이전에 시공 설치 금지하여야 하고 방부목재는 방부처리 후 홈파기, 톱질, 대패질 등의 가공을 금지하여야 하는데 그 이유는 방부효능이 저하될 수 있기 때문이다.

#### - 토대용 가압식 방부 처리 목재 (KS F 3025)

이 규격은 토대용 가압식 방부 처리 목재에 관하여 규정한다. 방부처리 토대의 무구리를 관통하는 갈라짐은 재 두께의 2.0배 이하, 굽음은 0.5% 이하가 되어야 하며, 비틀림은 제품 이용상 지장이 없어야 한다. 이때 갈라짐 및 굽음의 측정은 KS F 3020에 따른다. 목재 방부제의 침윤도는 KS F 3025의 8. 시험에 따라 80% 이상이 되어야 한다. 목재의 흡수량은 KS F 2155의 방법에

따라 시험하며, 사용된 목재 방부의 종류별로 다음의 (표 3-5)와 같이 토대용 가압식 방부처리 목재의 흡수량 규정에 적합하여야 한다.

(표 3-5) 토대용 가압식 방부처리 목재의 흡수량 규정

목재 방부제의 종류	흡수량	
크롬·구리·비소 화합물	3.5~10.5 kg/m <sup>3</sup>	
알킬암모늄 화합물	6.0 kg/m <sup>3</sup> 이상	
구리·알킬암모늄 화합물	2.6 kg/m <sup>3</sup> 이상	
크롬·플로오르화구리·아연 화합물	6.0~18.0 kg/m <sup>3</sup>	
산화크롬·구리 화합물	6.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
크롬·구리·붕소 화합물	6.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
구리·붕소·아졸 화합물	2.6 kg/m <sup>3</sup> 이상	
지방산 금속염	나프텐산 구리	1.0 kg/m <sup>3</sup> 이상
	나프텐산 아연	2.0 kg/m <sup>3</sup> 이상

- 야외 시설용 가압식 방부 처리 목재 (KS F 3028)

이 규격은 야외에서 눈비를 맞거나 땅에 묻히거나 땅 또는 담수나 해수에 접하는 곳에 사용되는 등의 야외 시설에서 사용되는 가압식 방부 처리 목재에 관하여 규정한다.

목재의 사용 환경 범주 및 방부제 종류별로 다음의 (표 3-6)의 목재의 사용 환경 범주와 같은 흡수량 및 침윤도의 품질 규정을 만족하여야 한다. 목재를 사용하는 환경 범주에 따라 다음 (표 3-7)과 같이 야외시설용 가압식 방부처리 목재의 흡수량과 침윤도 규정같이 나눌 수 있으며, 야외 시설용 목재는 이 표에서 사용 환경 범주가 H3~H5에 속하여야 한다..

(표 3-6) 목재의 사용 환경 범주

사용 환경 범주	사용 환경 조건
H1	- 건조한 실내 조건으로 비나 눈을 맞지 않아 부후나 흰개미 피해의 위험은 없으나 건재 해충에 대한 방충 성능과 변재 변색 또는 표면 오염균에 대한 방미 성능을 필요로 하는 환경 조건
H2	- 비나 눈을 맞지 않는 조건에서 저온에 의한 결로는 발생하나 부후나 흰개미 피해의 위험이 없는 곳으로 내구 성능을 필요로 하는 환경 조건
H3	- 야외에서 눈이나 비를 맞아 부후나 흰개미 피해의 위험이 있기 때문에 내구성능이 요구되는 환경 조건
H4	- 땅에 묻히거나 땅 또는 담수와 접하기 때문에 격심한 부후나 흰개미 피해의 위험이 있어 고도의 내구 성능이 요구되는 환경 조건
H5	- 해수와 접하기 때문에 극심한 부후나 흰개미 피해의 위험이 있어 고도의 내구 성능이 요구되는 환경 조건

(표 3-7) 야외시설용 가압식 방부처리 목재의 흡수량과 침윤도 규정

사용 환경 범주	목재 방부제	흡수량	침윤도
H3	크롬·구리·비소 화합물	3.5~10.5 kg/m <sup>3</sup>	변재는 변재 부분의 80% 이상 심재는 재면으로부터 10mm 부 분까지 심재 부분의 80% 이상
	알킬암모늄 화합물	6.0 kg/m <sup>3</sup> 이상	
	구리·알킬암모늄 화합물	2.6 kg/m <sup>3</sup> 이상	
	크롬·플로오르화구리·아연 화합물	6.0~18.0 kg/m <sup>3</sup>	
	산화크롬·구리 화합물	6.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
	크롬·구리·붕소 화합물	6.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
	구리·붕소·아졸 화합물	2.6 kg/m <sup>3</sup> 이상	
	지방산 금속염	나프텐산 구리 나프텐산 아연	
H4	크롬·구리·비소 화합물	6.0~18.0 kg/m <sup>3</sup>	변재는 변재 부분의 80% 이상 심재는 재면으로부터 10mm 부 분까지 심재 부분의 80% 이상 심재는 좁은 재면이 90mm 이하 (90mm 미만)인 제재에 대하여 재면으로부터 15mm (20mm) 부분까지 심재부분의 80% 이 상
	구리·알킬암모늄 화합물	5.2 kg/m <sup>3</sup> 이상	
	크롬·플로오르화구리·아연 화합물	8.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
	산화크롬·구리 화합물	6.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
	크롬·구리·붕소 화합물	9.0~24.0 kg/m <sup>3</sup>	
	구리·붕소·아졸 화합물	5.2 kg/m <sup>3</sup> 이상	
H5	크롬·구리·비소 화합물	7.5~22.5 kg/m <sup>3</sup>	변재는 변재 부분의 80% 이상 심재는 좁은 재면이 90mm 이하 (90mm 미만)인 제재에 대하여 재면으로부터 15mm (20mm) 부분까지 심재부분의 80% 이 상

### 3.2.3 자연석계

- 석재 (KS F 2530)

이 규격은 주로 토목, 건축에 사용하는 천연산 석재에 대하여 규정한다. 석재의 결점은 다음과 같다. 석재의 결점으로는 치수의 부정확, 구부러짐, 균열 얼룩, 썩음, 빠진 조각, 오목, 단, 연석의 경우에는 반점 및 구멍이 추가된다

석재는 압축강도에 따라 아래와 같이 (표 3-8)의 품질관리 등급경석, 준경석 및 연석으로 구분할 수 있으며 (표 3-9)는 압축강도에 의한 석재의 구분을 할 수 있다.

(표 3-8) 품질관리 등급

등급	기 준
1등급	① 위의 결점이 거의 없는 것. ② 크기는 비슷한 것.
2등급	위의 결점이 심하지 않는 것.
3등급	위의 결점이 실용상 지장이 없는 것.

(표 3-9) 압축강도에 의한 석재의 구분

종류	압축강도 (MPa)	흡수율 (%)	겉보기 비중 (g/cm <sup>3</sup> )
경석	50 이상	5 미만	약 2.5~2.7
준경석	50 미만	5 이상	약 2~2.5
	10 이상	15 미만	
연석	10 미만	15 이상	약 2 미만

- 외벽용 인조 석재 (KS F 4061)

이 규격은 구조물의 외장 마감에 사용되는 외벽용 인조 석재로서 시멘트와 골재를 주원료로 하고 성형 및 양생 골정을 거쳐 제조되는 것으로서 천연 석재를 대체한 제품에 대하여 규정한다. 인조 석재는 현저한 변형, 흠, 결손, 잔금 등이 없어야 하며, 뒷면에는 부착에 유해한 물질이 없어야 한다. 인조 석재는 KS F 4061의 7.에 규정되어 있는 시험 방법에 따라 시험하여, 경량 골재를 사용한 인조 석재(A 종) 및 보통 골재를 사용한 인조 석재(B 종)의 성능이 아래의 (표 3-10)의 인조 석재의 성능 규정에 적합하여야 한다.

(표 3-10) 인조 석재의 성능

성능 항목	성능	
	A 종	B 종
비중	1.7 미만	-
흡수율 (%)	15 이하	10 이하
축진 내후성	깨짐이 없고 변색이 현저하지 않아야 한다.	
내동해성	갈라짐, 잔금, 부푼, 박리 등이 없어야 한다.	
충격 강도	판의 깨짐, 균열이 없어야 한다.	

- 돌망태 (KS F 4601)

이 규격은 돌 또는 유사한 것을 묶어서 사용하는 마름모형 철망을 주체로 한 아연 도금 철선제 또는 염화비닐 피복 철선제 돌망태에 대하여 규정한다. 돌망태 열선의 모양은 바르고, 표면에는 제망 가공시에 생기는 잔금, 갈라짐, 도금 층이 파괴된 상태인 균열과 도금층이 철선에서 떨어지거나 벗겨진 상태를 나타내는 박리, 그 밖의 사용상 해로운 결점이 없어야 한다. 몽통망은 인접하는 열선이 도중에서 서로 물리지 않고 이탈되어서는 안 된다. 뚜껑망과 뚜껑틀의 조립은 2중 감기로 한다.

### 3.3 품질, 내구성 및 안정성 평가 및 체계화

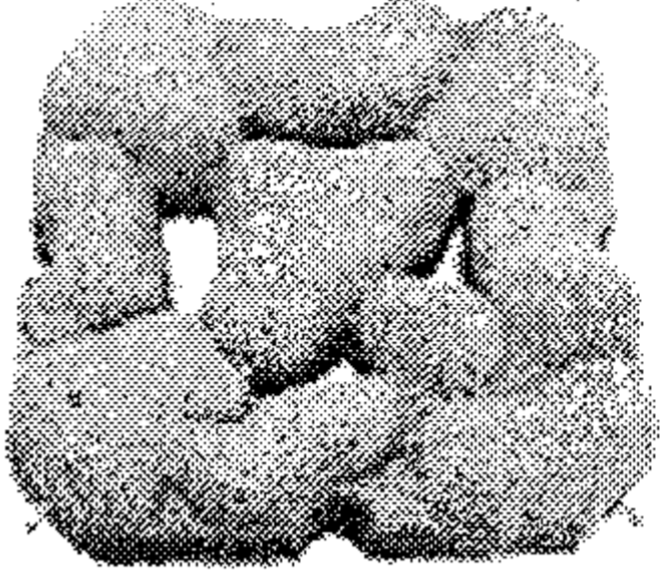
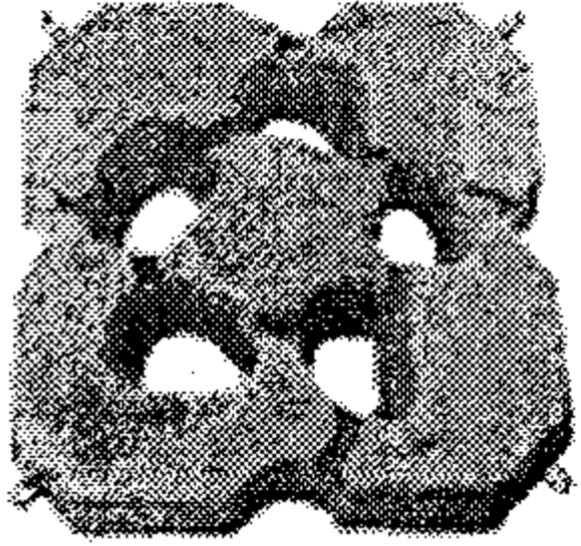
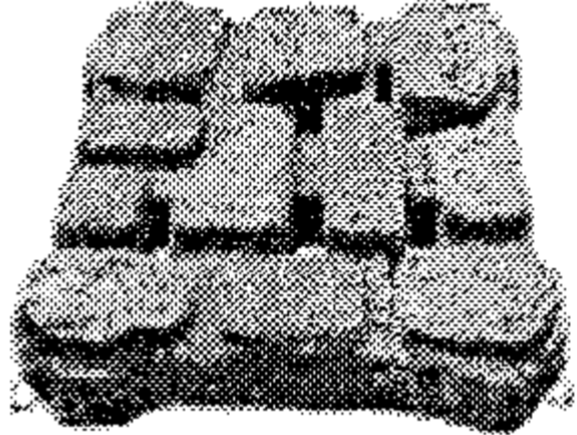
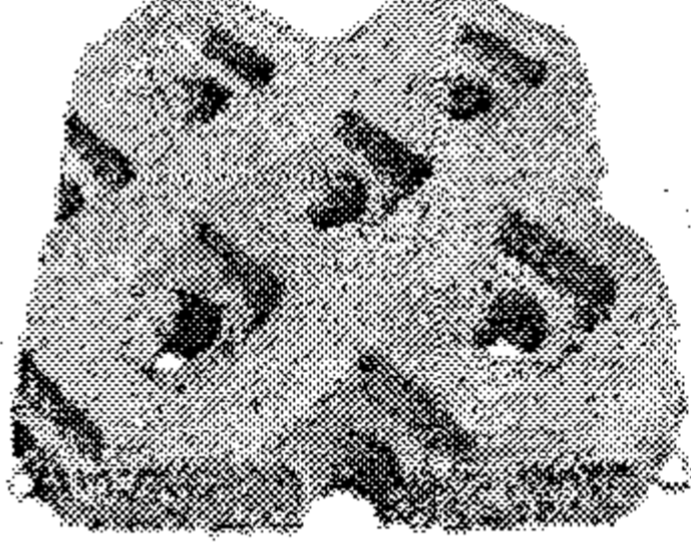
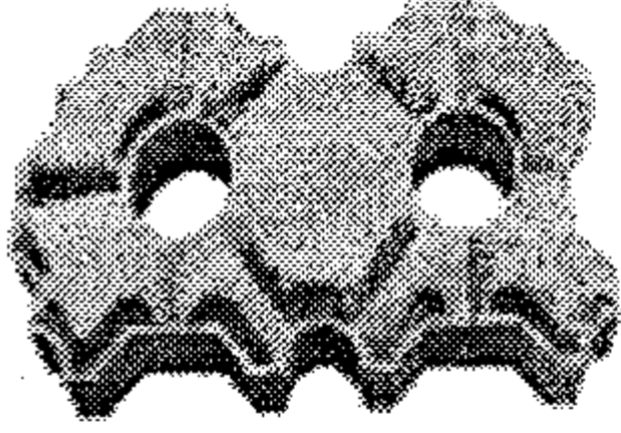
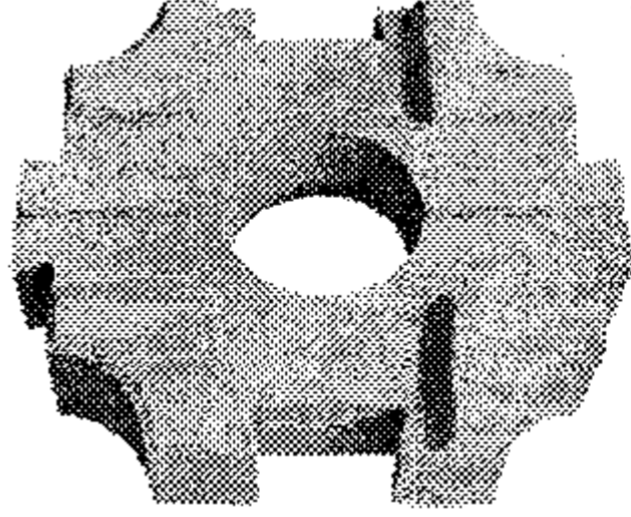
#### 3.3.1 품질

##### 1) 콘크리트 식생블록계

콘크리트 식생블록계의 제품은 대부분 식재가 가능한 고기능 식생블록으로 5~25 mm의 단입도의 굵은 골재를 사용한 것이 많으며 강도향상과 중성화 억제제를 위하여 실리카흙, 플라이애시, 숯을 혼입한 것들이 생산되고 있다. 또한 제품의 인성을 증대시키기 위해 강섬유 및 폴리프로필렌섬유를 혼입하거나 결합재의 유동성과 동결융해저항성을 향상시키기 위하여 고성능 AE 감수제를 첨가하여 제조하기도 한다. 인위적으로 연속공극을 형성시켜 자체적으로 배수 기능을 추가하였으며 다기능블록 배면의 수압을 경감함으로써 법면의 유실과

침식을 방지하는 동시에 제방 및 절개지의 안정을 도모하는 방식으로 구성된 것이 많다. 특히 콘크리트 식생블럭계의 특징인 식물의 생육을 가능하게 하고 미생물의 생육 공간을 충분히 제공함으로써 자연생태계를 친환경적으로 복원할 수 있는 환경 친화적인 기능을 가지고 있는 제품이다. 콘크리트 식생블럭계는 많이 이용되는 곳이 호안사면안정과 환경보존 및 경관 향상을 전제로 생산되고 있으며 재생골재를 사용함으로써 자원의 재활용 및 환경보존 효과 큰 것이 활용되고 있었다. 그리고 콘크리트 식생블럭계의 일반적인 형상은 자연석 모양의 돌기가 설치되어 있어 자연석의 형상과 유사하게 제작하여 시공 후에도 미적, 시각적 효과를 증대할 수 있도록 꺾어졌고 식물뿌리의 착근 공간과 발아공간이 블록전체에 분포되어 있어 식물의 생육에 절대적인 조건인 투수성, 보수성을 갖추고 있었다. 한편 시공 후에는 사면안정이 빠르고 자연활착이 조기에 이루어짐으로서 어류, 양서류, 곤충 등의 서식처를 복원하는 시간이 짧게 할 수 있다는 것이 장점으로 되어 있다. 본 실험에 사용된 콘크리트 식생블럭계 제품의 시멘트는 KS에 규정된 것이었으며 골재는 보통 골재, 경량골재 그 밖에 이와 유사한 불연성인 것으로 제조된 것이었다. 굵은 골재의 최대 치수는 대략 25 mm이하로 구성되었으며 철근은 사용하여 제품을 생산할 때에는 KS D 3504에 따른 제품을 사용하였다. 콘크리트 식생블럭계에 사용된 혼화 재료는 콘크리트 및 강재에 유해한 영향을 미치지 않는 것을 사용하였으며 콘크리트의 물-시멘트 비는 대부분 20~30 %이하를 사용한 것으로 조사되었다. (표 3-11)은 콘크리트 식생블럭계 시험체의 형상을 나타낸 것이다. 특히 시험체 F는 황토식생블록으로 자연고유의 원토을 비소성, 무독성으로 제품화 하여 블록 자체가 자연친화적인 제품이며, 인위적 하천을 하천본래의 특성을 살려 자연하천과 유사하도록 하는데 일조할 수 있는 제품이다. 황토블록은 소형블록으로 블록내부에 식생공간을 주었고, 인력시공이 가능하도록 제작된 제품이며, 현지발생토와 융합이 잘 이루어져 황토식물의 배양에 영향을 주지 않고, 자연종자의 파종 또는 묘종의 재배를 할 시에도 무독성의 제품으로 생태계의 안정을 도모할 수 있다는 장점이 있다.

(표 3-11) 콘크리트 식생블럭계 시험체

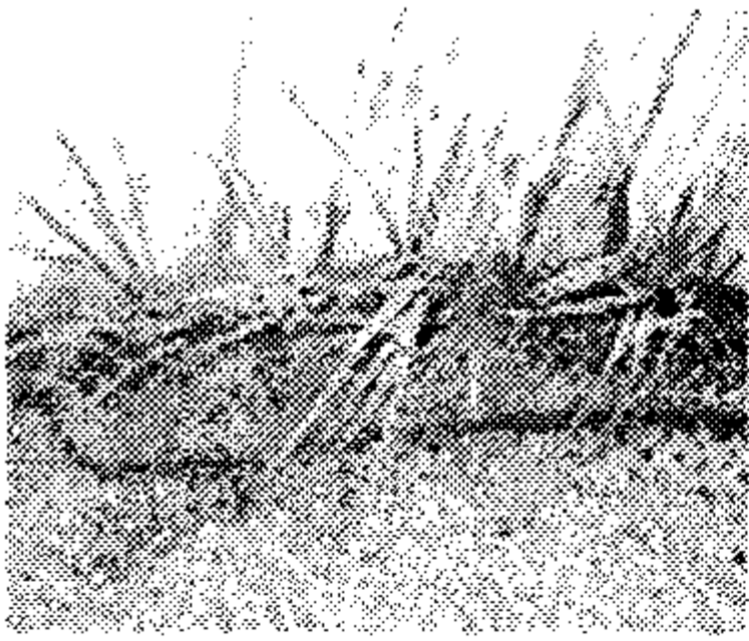
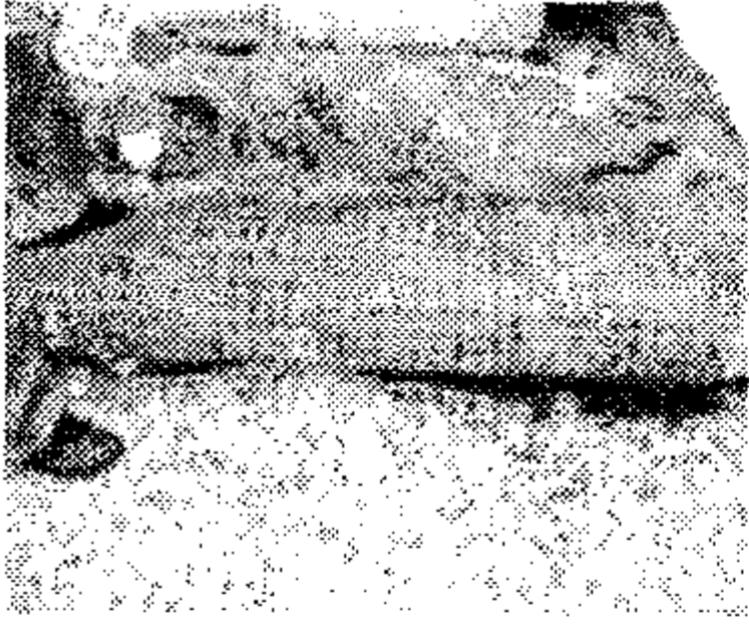

구 분	제품형태 및 명칭	형 상
A	콘크리트 식생블럭계A	
B	콘크리트 식생블럭계B	
C	콘크리트 식생블럭계C	
D	콘크리트 식생블럭계D	
E	콘크리트 식생블럭계E	
F	콘크리트 식생블럭계F	



## 2) 식생기반재계

식생기반재계의 대부분은 천연야자 또는 코코넛 섬유로프를 이용하여 외부 망체를 구성하고 내부에 코코 칩이나 사탕수수 등 식생 기반재를 속 채움하여 매트를 형성한 것이 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 제품이다. 식생기반재계는 지역적 특성이나 기능에 따라 각종 식물(갈대, 부들, 물억새 등)을 직접 식재하거나 파종하여 사면에 피복한다. 시공환경의 특성에 따라 적용하는 친환경 공법은 매우 다를 것이다. 식생기반재계의 특성은 조기녹화 및 균락형성에 유리하고 토양의 침식 및 세굴방지를 사전에 예방할 수 있다. 또한 원지반 토립자의 흡출 방지효과가 탁월하고 식물이 완전정착하면 콘크리트 호안에 버금가는 우수한 식생호안을 형성할 수 있는 장점을 가지고 있다. 주변 여건 환경에 따라 귀화식물이나 우점종의 침입을 억제하며 선택적으로 식재가 가능하며 식물을 미리 파종, 육묘하여 출하하므로 우점종(비 계획종)의 피해를 예방할 수 있는 제품들이 대부분이며 순수한 천연 섬유로 폐기물이 전혀 없는 친환경 제품이다. (표 3-12)는 식생기반재계 시험을 위한 시험체를 나타낸 것이다.

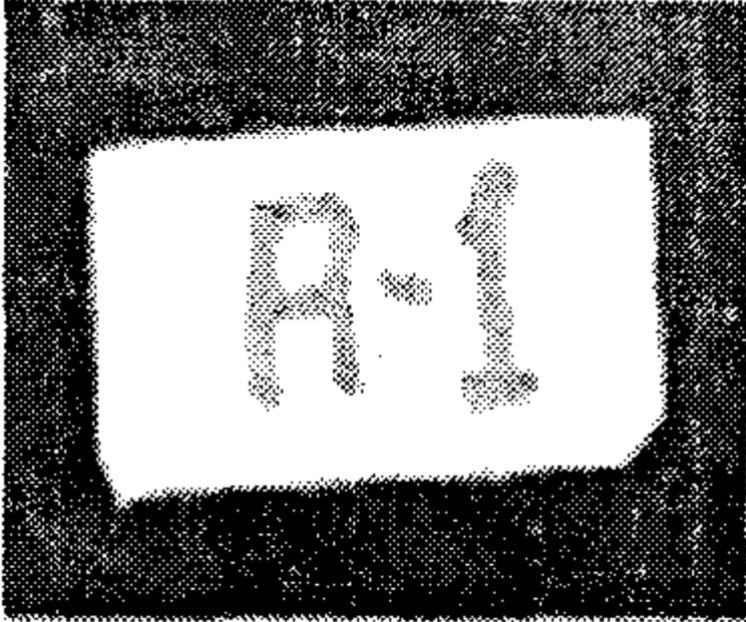
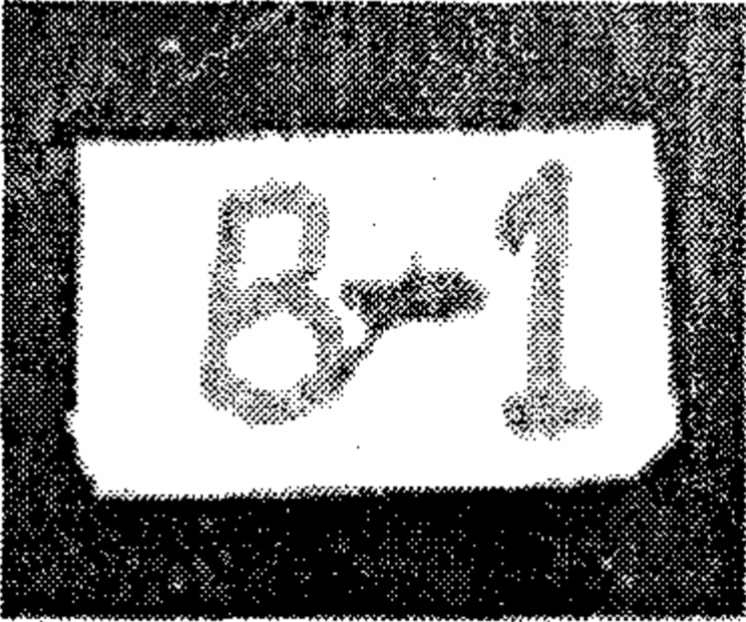
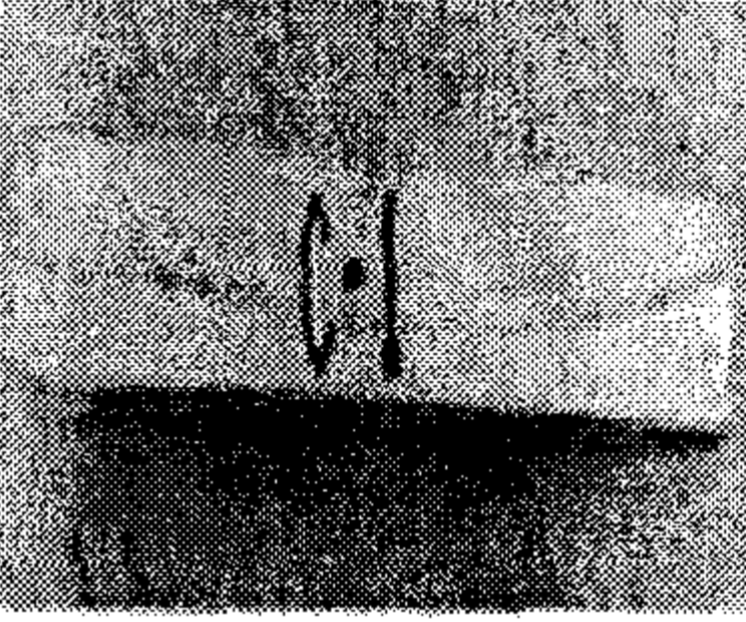
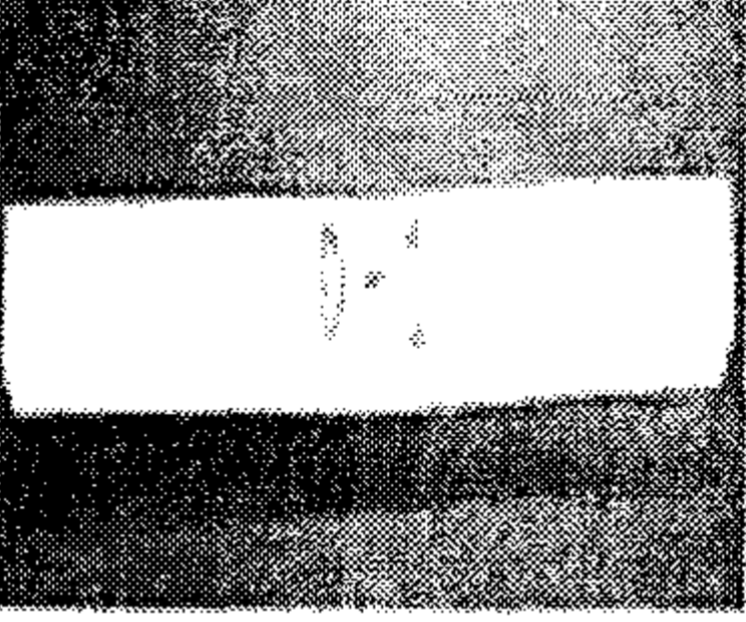
(표 3-12) 식생기반재계 시험체

구 분	제품형태 및 명칭	형 상
G	식생기반재계A	
H	식생기반재계 B	
I	식생기반재계 C	

### 3) 목재계

목재계는 일반적으로 방부각재를 우물 정자 형태로 적층하고 볼트로 체결하여 상자형태의 구조물을 형성하는 것이 많이 사용되어 지고 있다. 방틀 내부에 사석을 속 채움하고, 수생식물을 식재하여 수변의 녹화공간을 창출하거나 하천이나 소호의 하안부 세굴방지와 수질정화 기능 및 수중생물의 서식환경을 향상시키는 역할을 하는 환경친화적 호안 공법이 주로 사용되고 있는 실정이다. 목재계의 일반적인 특성은 중량물의 일체형 연결체 구조로 토목적 안정성이 매우 우수하고 견고성이 우수하고, 마감 후 품질검수가 용이하다는 것이다. 또한 자연스러운 곡선구조의 시공과, 제품 높이의 80 % 이내에서의 수중에서 직접시공이 가능하다는 것이다. 그리고 식생도입의 용이성과 주변 지형과의 연결성을 향상시킬 수 있으며 지역적 지형의 특성이나 설계자의 의도에 따라 맞춤형 목재계를 제작하여 공급할 수 있다는 것이다. 속 채움 골재를 사용하는 경우는 약 150~300 mm의 자연석, 쇠석 등을 사용 할 수 있어 지역에서 직접 공급이 될 수 있다는 장점을 가지고 있다. (표 3-13)은 실험에 사용된 목재계 시험체를 나타낸 것이다.

(표 3-13) 목재계 시험체

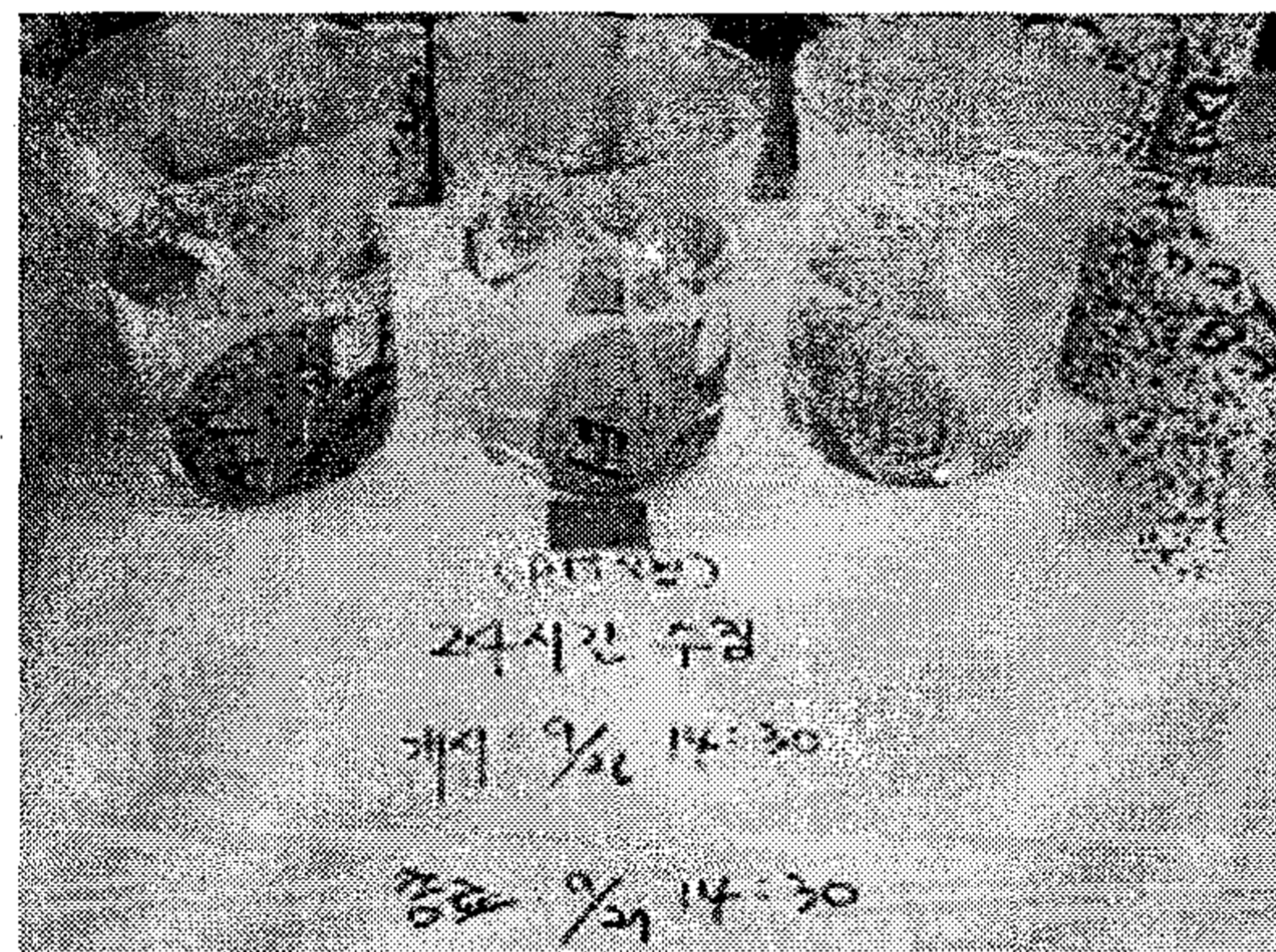
구분	제품형태 및 명칭	사 진
J	목재계 압축강도 A (섬유방향)	
K	목재계 압축강도 B (섬유직각방향)	
L	목재계 충격 C	
M	목재계 휨강도 D	

### 3.3.2 평가시험

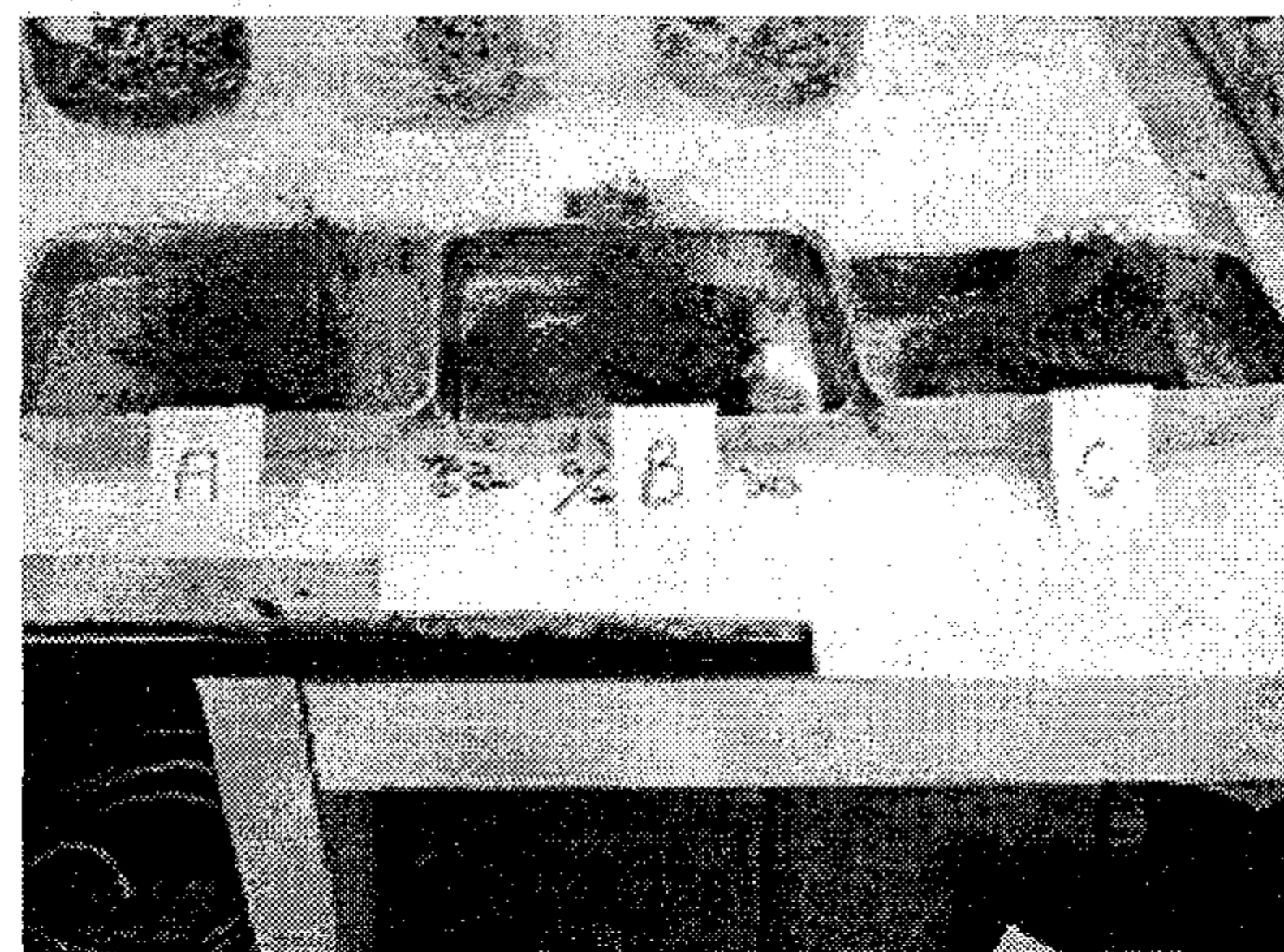
#### 1) pH 시험

##### (1) 시험방법

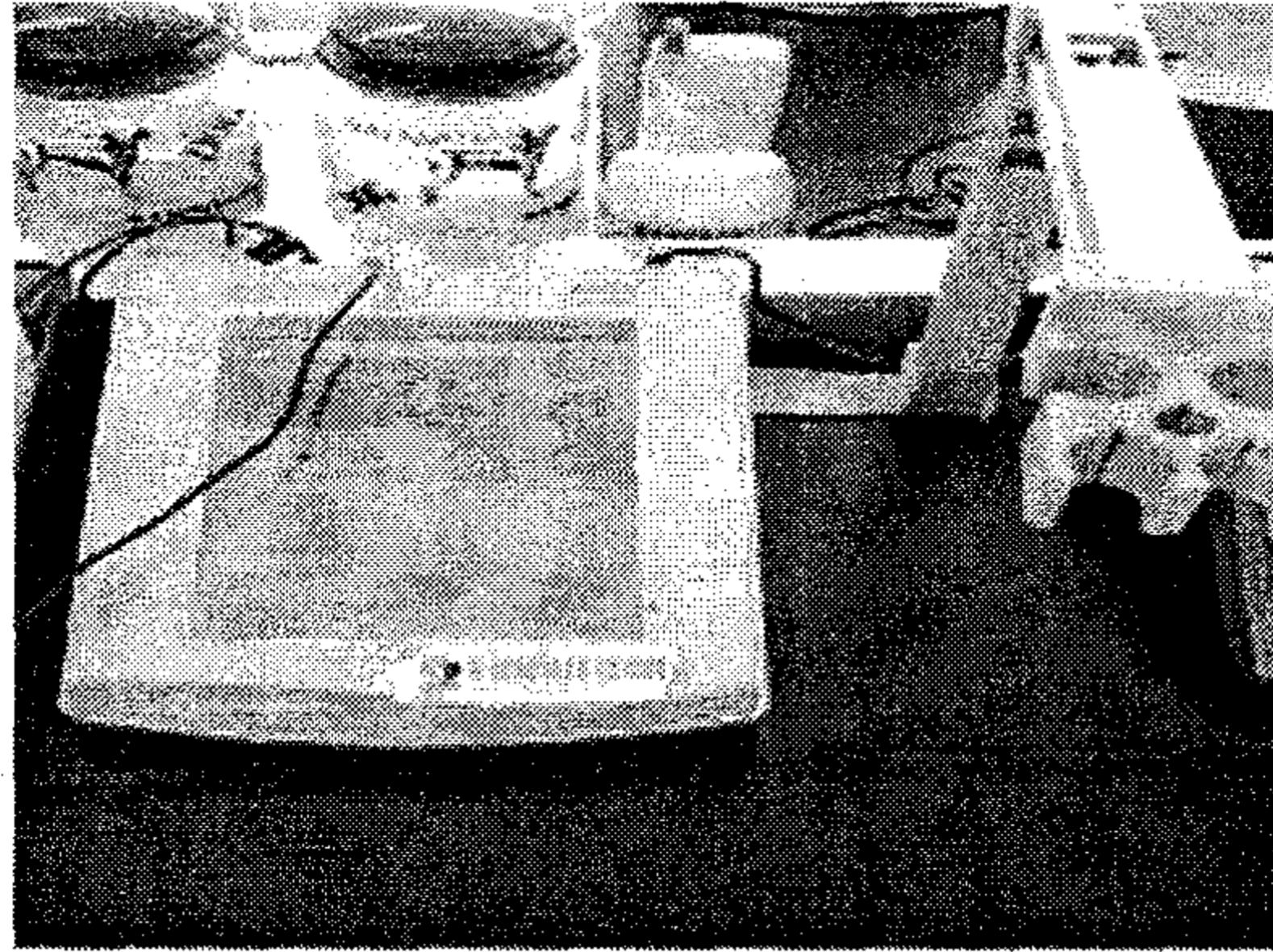
콘크리트 식생블럭계의 식생에 대한 친환경성을 측정하기 위하여 콘크리트의 공시체 부피 5배의 증류수에 24시간 침지하여 밀봉한 후 pH를 측정하여 비교하였으며, pH 시험장치는 유리전극과 비교전극으로 구성된 것을 사용하였다. <그림 3-1>은 콘크리트 식생블럭계를 증류수에 침지시키고 있는 과정을 나타낸 것이고 <그림 3-2>는 식생기반재계를 침지시키고 있는 것을 보여주고 있다. <그림 3-3>은 pH 측정 시험장치를 보여주는 것으로서 이 장치를 이용하여 각각 콘크리트계와 식생기반재계의 pH를 측정하였으며 <그림 3-4>는 pH 측정하는 광경을 나타낸 것이다.



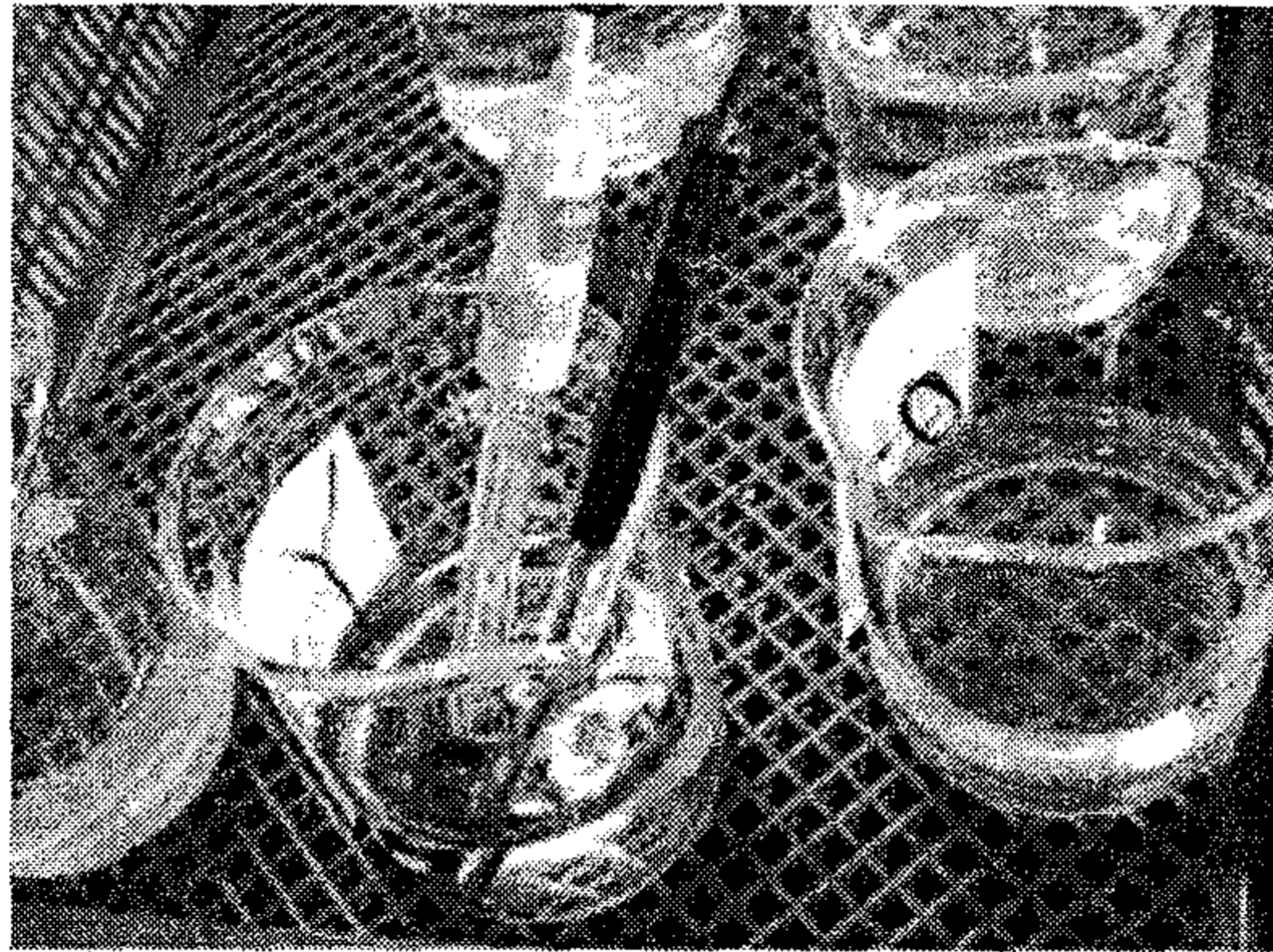
<그림 3-1> 콘크리트 식생블럭계



<그림 3-2> 식생기반재계



<그림 3-3> pH 측정 시험장치



<그림 3-4> pH 측정

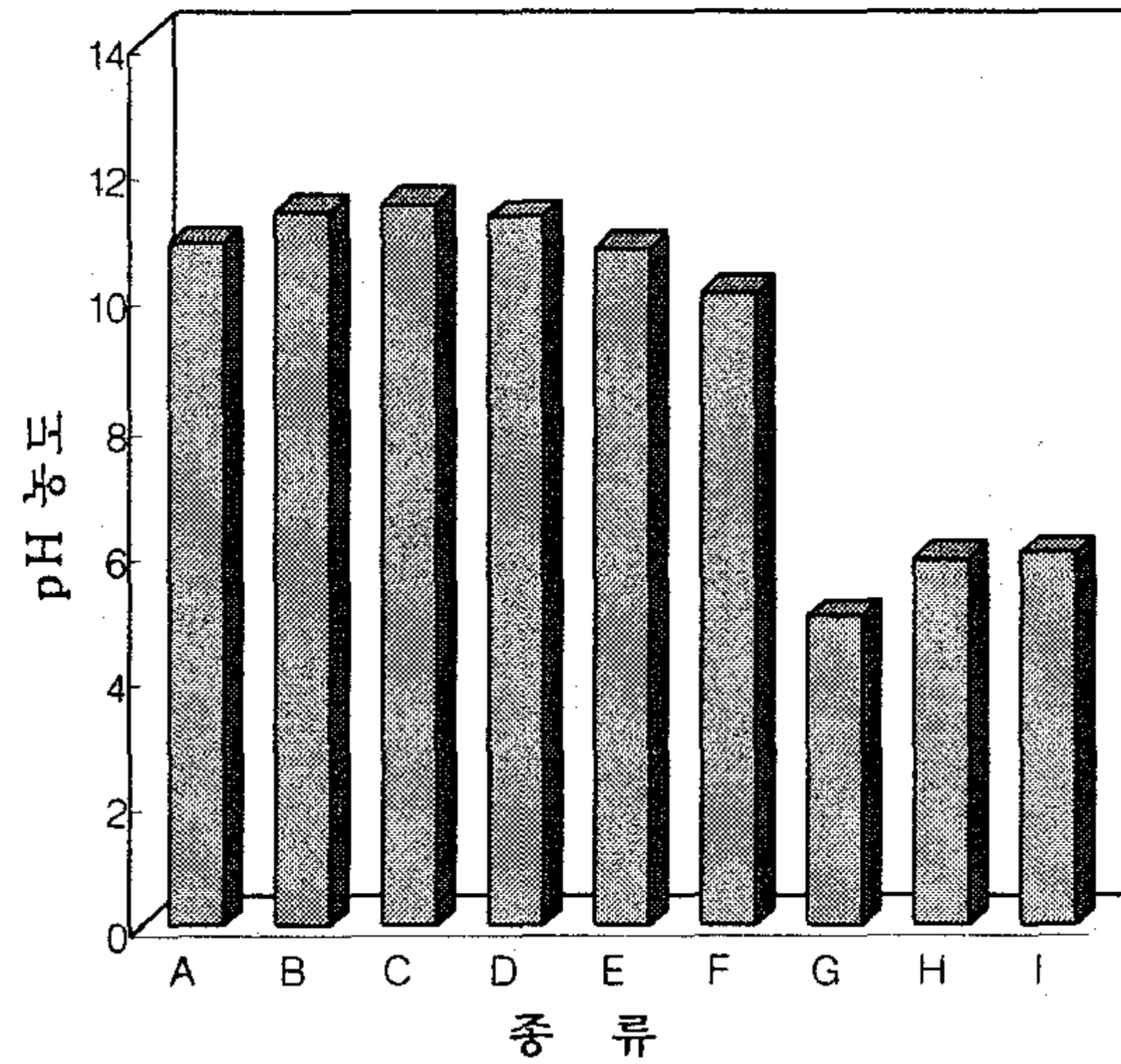
## (2) 시험결과

일반적인 물질의 산성 또는 알칼리성을 판단하기 위해 용액속의 수소이온농도를 측정하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 수소이온농도는 용액에 따라 대단히 큰 차이를 나타내기 때문에 이 수치를 상용로그를 이용해서 수소이온지수(pH)로 1~14까지의 수로 나타내며 pH가 7이하이면 산성, pH가 7이상이면 알칼리성을 나타내는 것으로 판단한다. 식물의 생육에 가장 적절한 pH는 식물의 종류에 따라 다르지만 일반적으로 pH가 5~8이며 최대 9.5의 범위가 가장 이상적인 것으로 알려져 있다. 따라서 콘크리트 식생블럭계에 식생을 하기 위해서는 용출되는 알칼리 농도를 감소시키는 것이 식물 생육초기에 발아율을 높이고 뿌리가 성장하는데 가장 중요한 요인이 된다.

(표 3-14)는 pH 측정실험결과를 나타내는 것으로서 콘크리트 식생블럭계의 pH값의 범위는 대략 10에서 11.4까지의 값을 나타내고 있었다. 이는 콘크리트 배합직 후 수산화칼슘과 수산화알칼리 성분의 영향으로 강알칼리성 pH = 13 정도를 띄는 것으로 알려져 있으며 사용연한이 경과함에 따라 콘크리트 구조물이 처하는 여러 가지 환경여건하에서 탄산화(중성화)가 이루어져 콘크리트 내부 세공에 탄산칼슘 (pH = 8.5~10)이 침적하는 것으로 많은 보고서에서 언급하고 있다. 따라서 콘크리트 식생블럭계의 pH는 식물의 생육하기에 조금 높은 값으로 나타났으며 제품제조 공정상 특별한 처리가 요구된다. 참고문헌<sup>69)</sup>에 의하면 양생에 의한 pH저감방안은 습윤양생과 수중양생이 적합하며 기중양생의 경우는 식생이 가능한 9 이하의 값을 나타낼 수 있다고 하였다. (표 3-13)에서 식생기반재의 경우는 pH값이 4.9에서 5.9의 범위를 나타내어 식물 성장에 상당히 안전한 값을 나타내고 있었다. 이러한 이유는 식생기반재 자체가 식생으로 구성되어 있기 때문이라고 판단된다. 특히 식생기반재계 G는 갈대로 만들어져 있기 때문에 그 값이 더욱 작게 나타난 것으로 사료된다. <그림 3-5>는 콘크리트 식생블럭계와 식생기반재계와의 pH 값을 비교한 것으로 앞에서 언급한 바와 같이 식생기반재계가 콘크리트 식생블럭계보다 상당히 낮은 값을 나타내고 있었다.

(표 3-14) pH 측정실험결과

구 분	pH 값	비 고
A	10.8	콘크리트 식생블럭계
B	11.3	
C	11.4	
D	11.2	
E	10.7	
F	10.0	
G	4.9	식생기반재계
H	5.8	
I	5.9	



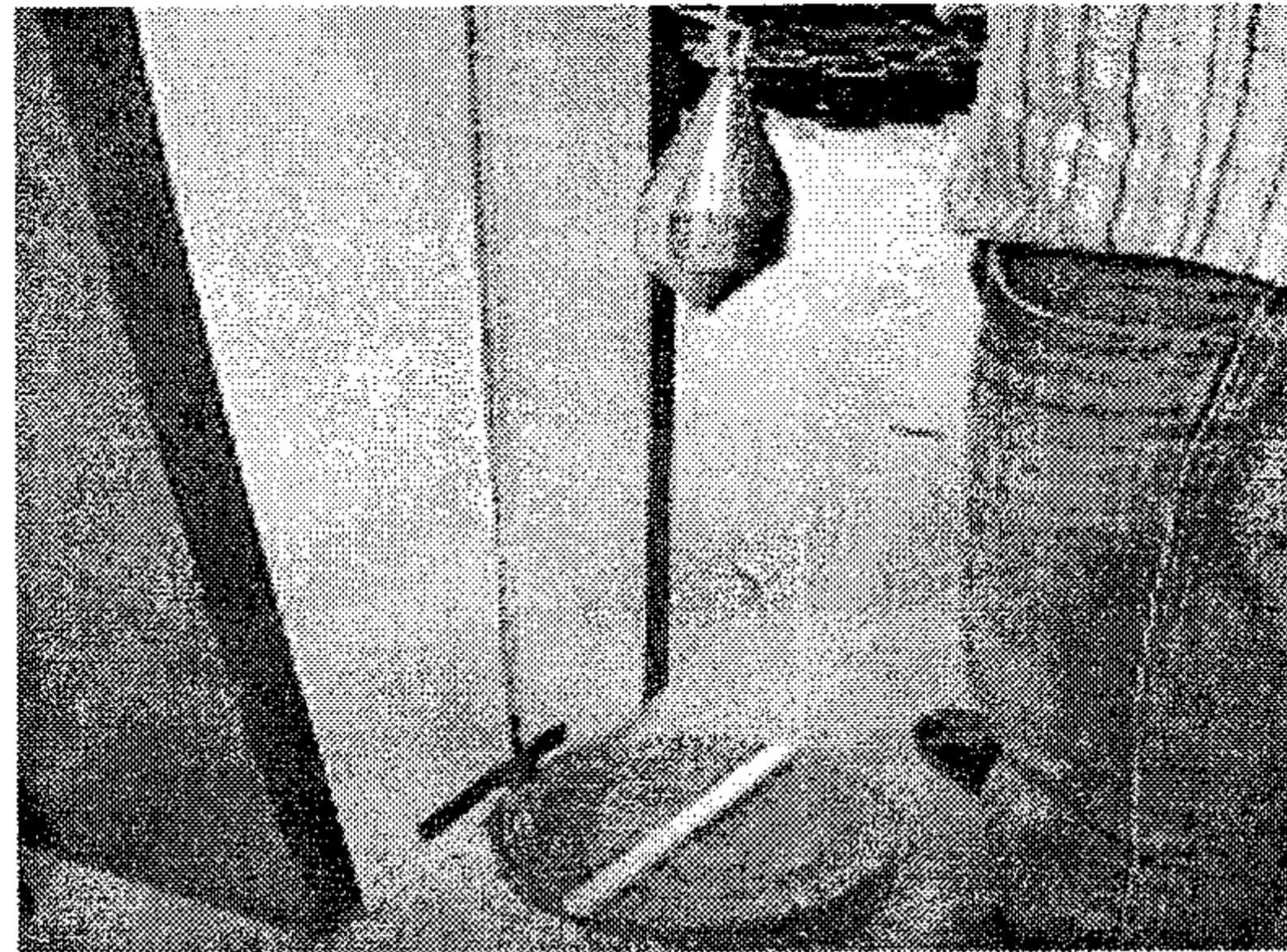
**<그림 3-5> 콘크리트식생블럭계와 식생기반재계의 pH농도 비교**

## 2) 목재계 충격 휨 시험

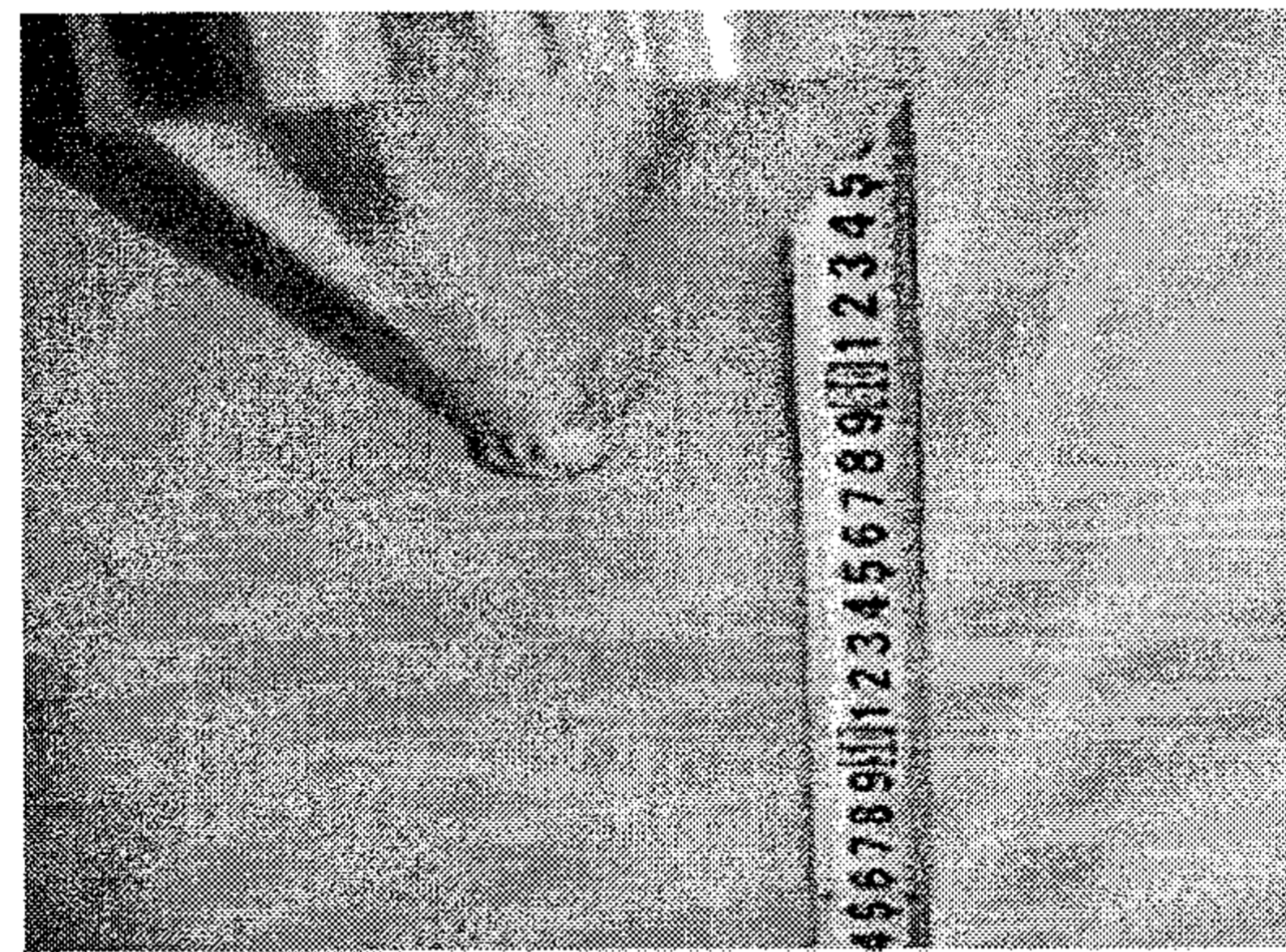
### (1) 시험방법

충격 휨이란 시험편에 휨하중을 정적 하중이 아닌 빠른 시간 내에 작용하는 충격 하중으로 작용시키는 상태로 이 실험결과를 토대로 충격에너지를 구하게 된다. 충격에너지는 어떤 물체가 빠른 속도로 움직이다가 고정된 물체에 부딪혔을 경우에 움직이던 물체의 운동에너지가 고정된 물체에 전달되는 양으로 J(Joule)로 표기되며 1J은 1N(1/9.8kgf)의 무게가 1m를 이동하는데 필요한 일 또는 에너지로 표시된다. KS F 2211(목재의 충격 휨 시험방법)에 규정된 충격 휨시험기기는 시험편의 충격 파괴에 필요한 에너지 또는 일의 양보다 3~5 배 더 큰 에너지 용량을 가지고 있어야 하며 충격을 전달하는 추의 충격면과 시험편 지지대는 15 mm의 곡률반지름을 가지고 있는 것을 사용하였다. 본 실험에서는 일정한 하중을 갖는 추 4.43 kg을 낙하높이 0.5 m에서부터 0.59 m까지 1 cm 단위로 변화를 주어 자유 낙하시켜서 2×2×30 cm의 크기를 갖는 10 개의 목재 시험편의 섬유방향에 수직으로 충격을 줌으로써, 충격 휨 하중을 가하여 목재가 충격 휨 에너지를 흡수하는 능력을 측정하였다. 충격하중의 방향은 목재의 방사단면에서 접선방향으로 충격하중을 작용시켰으며 방사방향

휨의 경우에 접선단면에서 방사 방향으로 충격하중을 작용시켰다. <그림 3-6>은 목재계 충격시험 장치를 나타낸 것이고 <그림 3-7>은 목재계 충격 파괴시 높이를 측정하는 광경을 보여주고 있다. 이 충격 휨 시험의 결과로부터 다음 식에 의하여 충격 휨 흡수에너지를 계산하였다.



<그림 3-6> 목재계 충격 시험 장치



<그림 3-7> 목재계 충격 파괴시 높이

$$A_{ib} = \frac{1000Q}{bh} \text{ (kJ/m}^2\text{)} \quad (3.1)$$

여기서,  $A_{ib}$  : 충격 휨 흡수 에너지(kJ/m<sup>2</sup>)

$Q$  : 충격 에너지(J)

$b$  : 시험편의 방사 단면 치수(mm)

$h$  : 시험편의 접선 단면 치수(mm)



(2) 시험결과

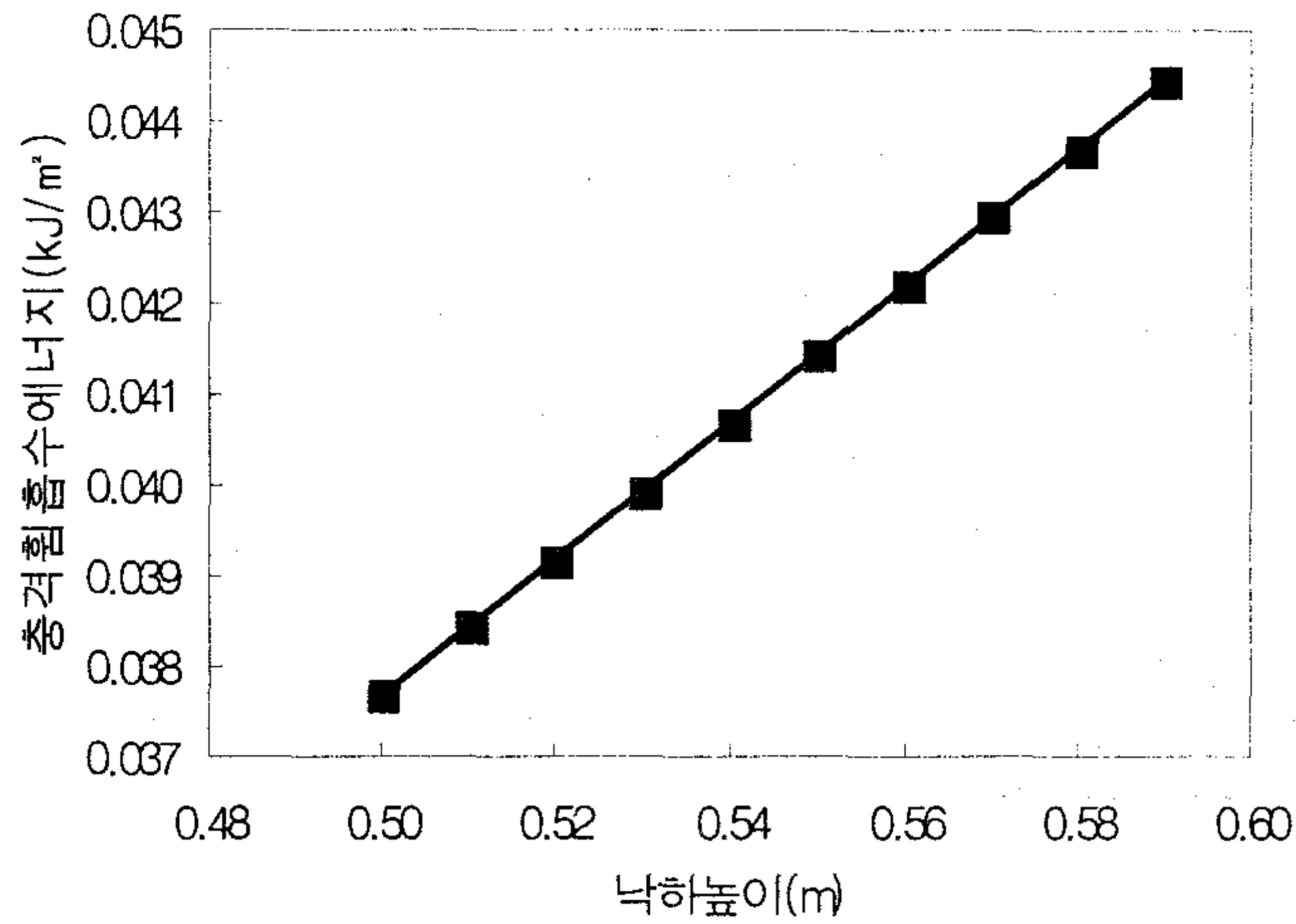
추 4.43 kg을 낙하높이 0.5 m에서부터 0.59 m까지 1 cm 단위로 변화를 주어 자유 낙하시켜 충격 힘 흡수 에너지를 나타낸 것이 (표 3-15)와 같으며 이를 그림으로 나타낸 것이 <그림3-8> 과 같다. (표 3-15)와 <그림 3-8>에서 나타난 바와 같이 낙하높이가 0.58 m와 0.59 m에서 파괴되었으며 낙하높이가 클수록 충격에너지와 충격 힘 흡수 에너지가 증가함을 알 수 있었다. 낙하높이 0.5 m 를 기준으로 0.59 m 인 경우 충격에너지는 약 85 % 증가됨을 알 수 있었는데 이러한 이유는 낙하높이가 증가함에 따라 충격에너지도 증가하기 때문이라고 판단된다. 샘플 시험체 10개에 대한 평균은  $0.0411 \text{ kJ/m}^2$  이었으며 표준편차는  $0.0411 \text{ kJ/m}^2$  , 분산은  $0.0017 \text{ kJ/m}^2$ 로 나타났다.

(표 3-15) 목재계 충격 힘 에너지 비교표

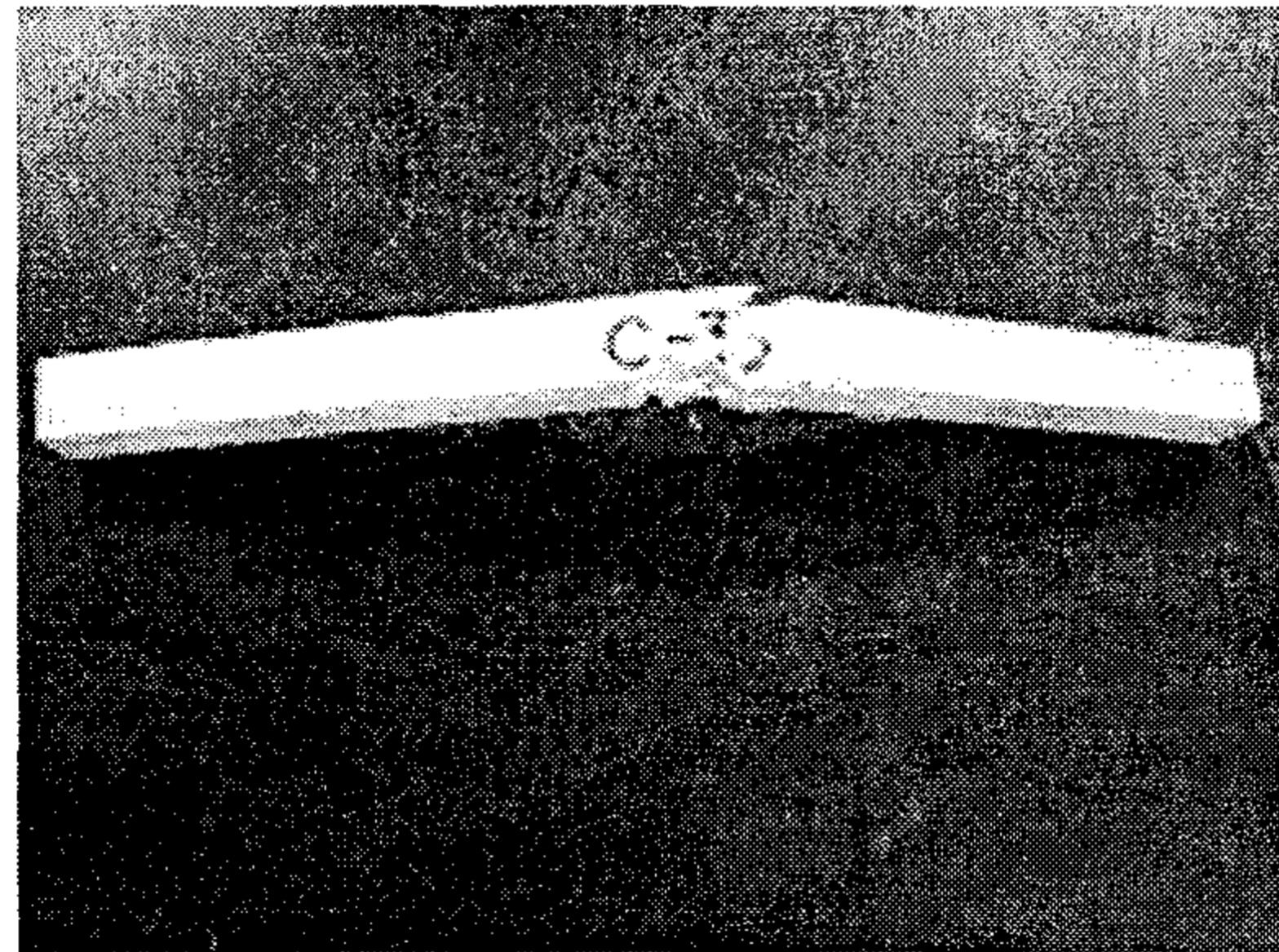
구 분	낙하높이(m)	충격에너지(J)	충격힘 흡수에너지( $\text{kJ/m}^2$ )	비 고
M1	0.50	0.226	0.0377	-
M2	0.51	0.231	0.0384	-
M3	0.52	0.235	0.0392	-
M4	0.53	0.240	0.0399	-
M5	0.54	0.244	0.0407	-
M6	0.55	0.249	0.0414	-
M7	0.56	0.253	0.0422	-
M8	0.57	0.258	0.0429	-
M9	0.58	0.262	0.0437	파괴
M10	0.59	0.267	0.0445	파괴

\* 평균 :  $0.0411 \text{ kJ/m}^2$ , 표준편차 :  $0.0411 \text{ kJ/m}^2$ , 분산 :  $0.0017 \text{ kJ/m}^2$

<그림 3-9>는 충격 힘시험후 목재의 파괴양상을 나타낸 것으로서 그림에서 보는 바와 같이 충격이 가해진 부분에서 목재가 구부러졌으며 목재의 섬유방향으로 파괴되는 현상을 보였다.



<그림 3-8> 낙하높이에 따른 충격휨 흡수에너지



<그림 3-9> 목재계 파괴형태

### 3) 목재의 함수율

#### (1) 실험방법

KS F 2211(목재의 충격 휨 시험방법)에 의하여 충격휨시험을 하고 난 시험편의 파괴 부위 근처에서 함수율 시험편을 채취하여 KS F 2199에 의하여 함수율을 측정하였다. 이 측정은 전체 시험편을 대상으로 실시되어야 하지만 본 실험에서는 평균값을 구하고자 시험의 목적을 만족시킬 수 있는 최소한 9개 이상의 시험편을 채취하여 실험하였다.

그리고 목재의 함수율 측정을 위하여 시험편을  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 유지되는 건조기

내에서 항량 즉 6시간마다 질량을 측정하여 연속 두 번 같거나 또는 질량 변화율이 0.5%이하에 도달할 때까지 건조시킨 후 질량 감소분을 측정하였다. <그림 3-10>은 목재의 9개의 시험체를 건조기에서 건조하는 광경을 나타낸 것이다.



<그림 3-10> 목재의 함수율 측정장치

## (2) 실험결과

목재의 질량 감소분을 시험편의 건조 후 질량으로 나누어 백분율로 계산하였으며 각각의 시험편의 함수율은 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{함수율(\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \quad (3.2)$$

여기서,  $m_1$  : 시험편의 건조 전 질량(g)

$m_2$  : 시험편의 건조 후 질량(g)

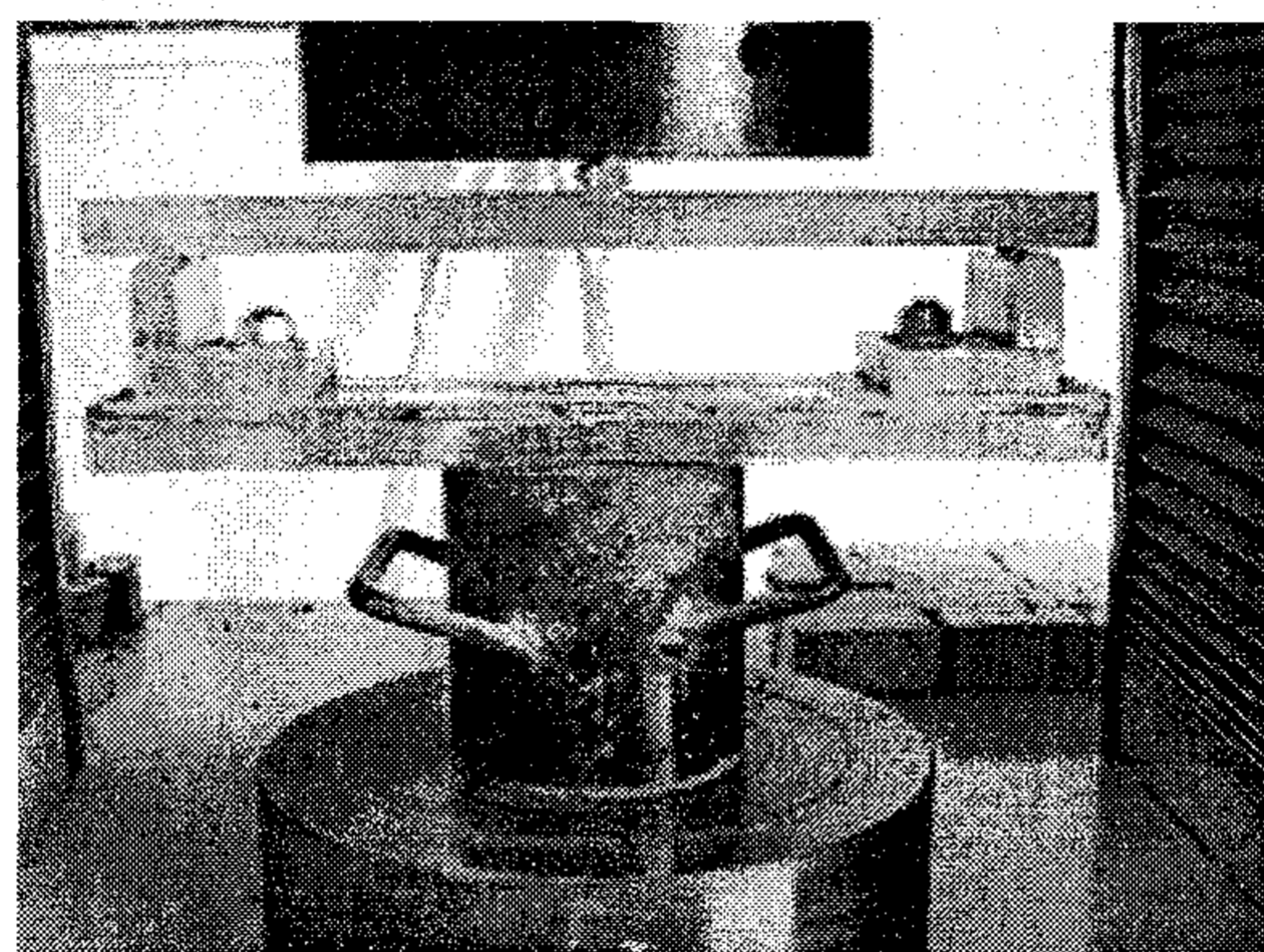
실험에 의한 목재의 함수율은 평균 27.5 %로 나타났으며 표준편차의 범위는 1.19 %정도였다. 따라서 목재계를 사용하여 농촌종합개발사업에 사용하기 위해서는 특히 물과 많이 접하는 구조물의 경우에는 그 함수율이 약 27 %이내의 범위에 들어야 한다고 판단된다.

## 4) 목재 휨 시험

### (1) 시험방법

목재의 휨 시험방법은 휨 하중을 시험편의 중앙에 가하여 하중과 변형의 관

계로부터 비례 한도 응력과 탄성계수(MOE)를 계산하고, 최대하중으로부터 휨 강도 또는 파괴계수(MOR)를 계산하는 방법으로 KS F 2208(목재의 휨 시험 방법)에 준하여 실험을 실시하였다. 시험편의 크기는 2×2×36 cm 의 크기를 갖는 시험체 10개를 사용하여 휨 강도를 측정하였다. 강도시험기는 최대용량 20,000 N이상의 설비를 사용하였으며 일정한 하중속도를 유지할 수 있으며 1%의 정확도로 하중을 측정하였다. 하중블럭과 지점은 <그림 3-11>에서 보여 주는 바와 같이 하중블럭은 시험편에 휨 하중을 올바르게 가할 수 있도록 하였고 지점은 휨 하중이 작용하는 동안 시험편을 확실하게 지지 할 수 있도록 장치를 구성하였다. 하중블럭과 지점이 시험편과 접촉하는 부위는 30 mm의 곡률반지름을 갖도록 하였다.



<그림 3-11> 목재 휨 시험 장치

## (2) 실험결과

시험편의 중앙에서 접선 단면에 수직으로 하중을 가하여 시험편이 1~2분 이내에 파괴되도록 균일한 속도로 휨 하중을 가하여 시험을 실시하였다. 그리고 시험편의 최대 하중으로부터 휨강도 또는 파괴계수(MOR)를 다음 식에 의해 계산하였다.

$$MOR = \frac{3P_{\max}l}{2bh^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.3)$$

여기서,  $P_{\max}$  : 최대하중(N)

$l$  : 지간거리(mm)

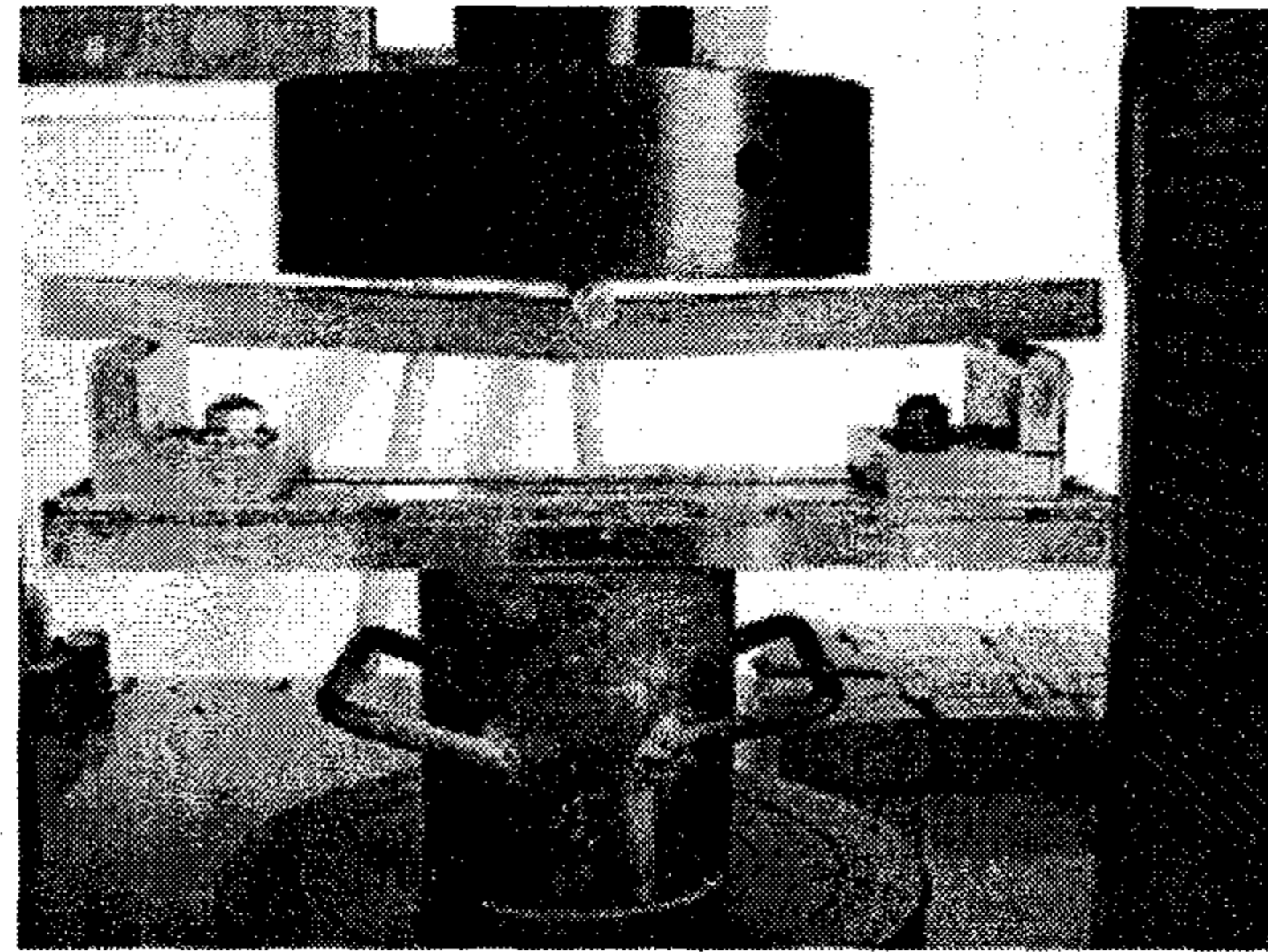
$b$ : 시험편의 폭(mm)

$h$ : 시험편의 깊이(mm)

<표 3-16>은 목재계 휨강도 시험결과를 나타낸 것으로 목재의 휨강도는 0.34~0.50 MPa의 범위를 나타냈으며, 일반적으로 거의 균일한 상태를 보였다. 10개의 시험체의 평균은 0.403 MPa 였고 표준편차는 0.051 MPa, 분산은 0.0026 MPa로 나타났다. <그림 3-12>는 휨 시험 파괴 후 전경을 나타낸 것으로 휨시험 중앙부에서 휨 파괴 양상을 나타냈다.

(표 3-16) 목재계 휨강도 시험결과

구 분	최대하중 (N)	지간거리 (mm)	시험편의 폭(mm)	시험편의 깊이(mm)	휨강도(MPa)	비 고
M1	6.5	300	20	20	0.36	
M2	6.7	300	20	20	0.38	
M3	8.1	300	20	20	0.44	
M4	7.1	300	20	20	0.39	
M5	6.5	300	20	20	0.36	
M6	8.4	300	20	20	0.46	
M7	6.5	300	20	20	0.36	
M8	8.1	300	20	20	0.44	
M9	6.2	300	20	20	0.34	
M10	9.0	300	20	20	0.50	



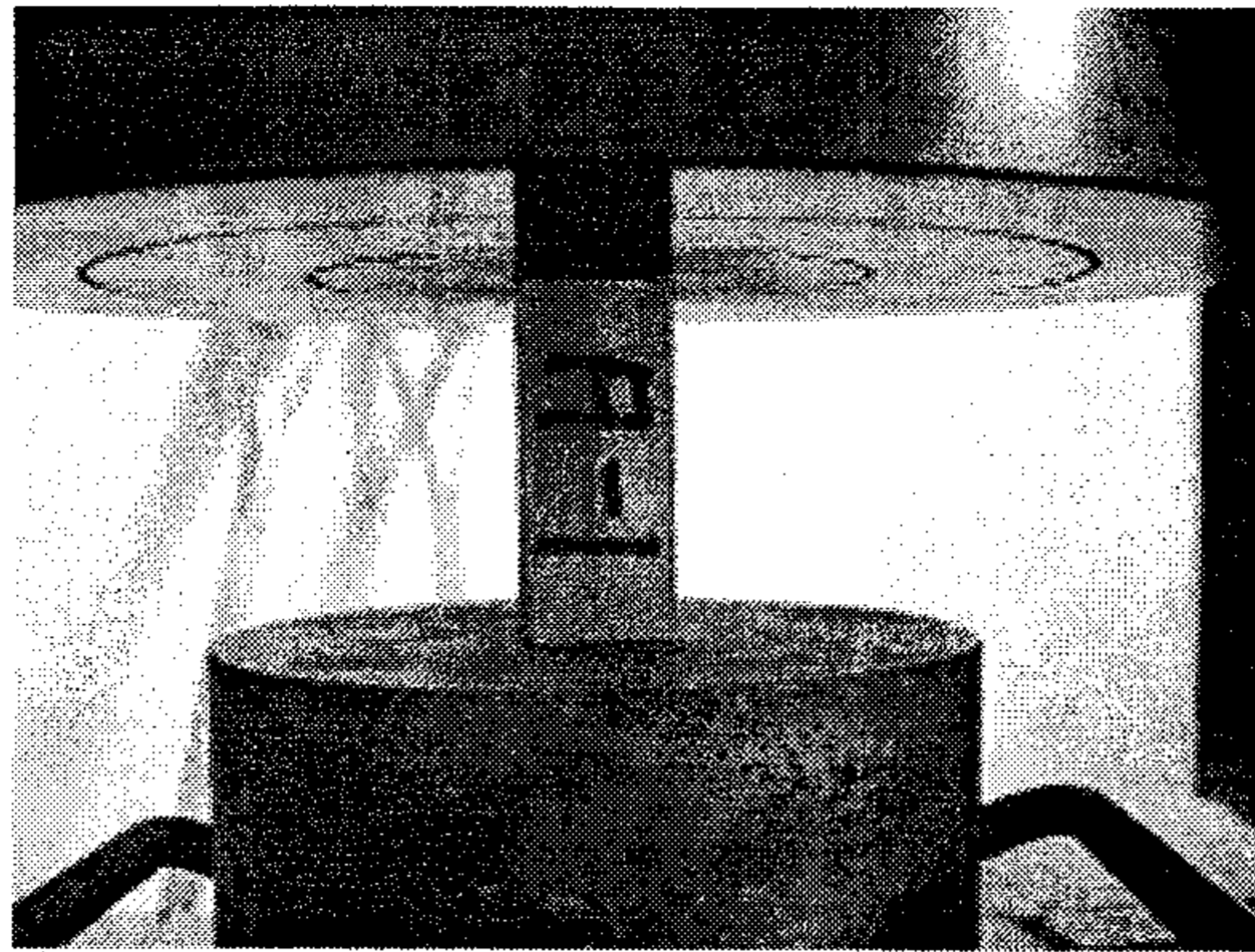
<그림 3-12> 목재계 휨 시험 파괴 후  
전경

## 5) 목재압축강도 시험

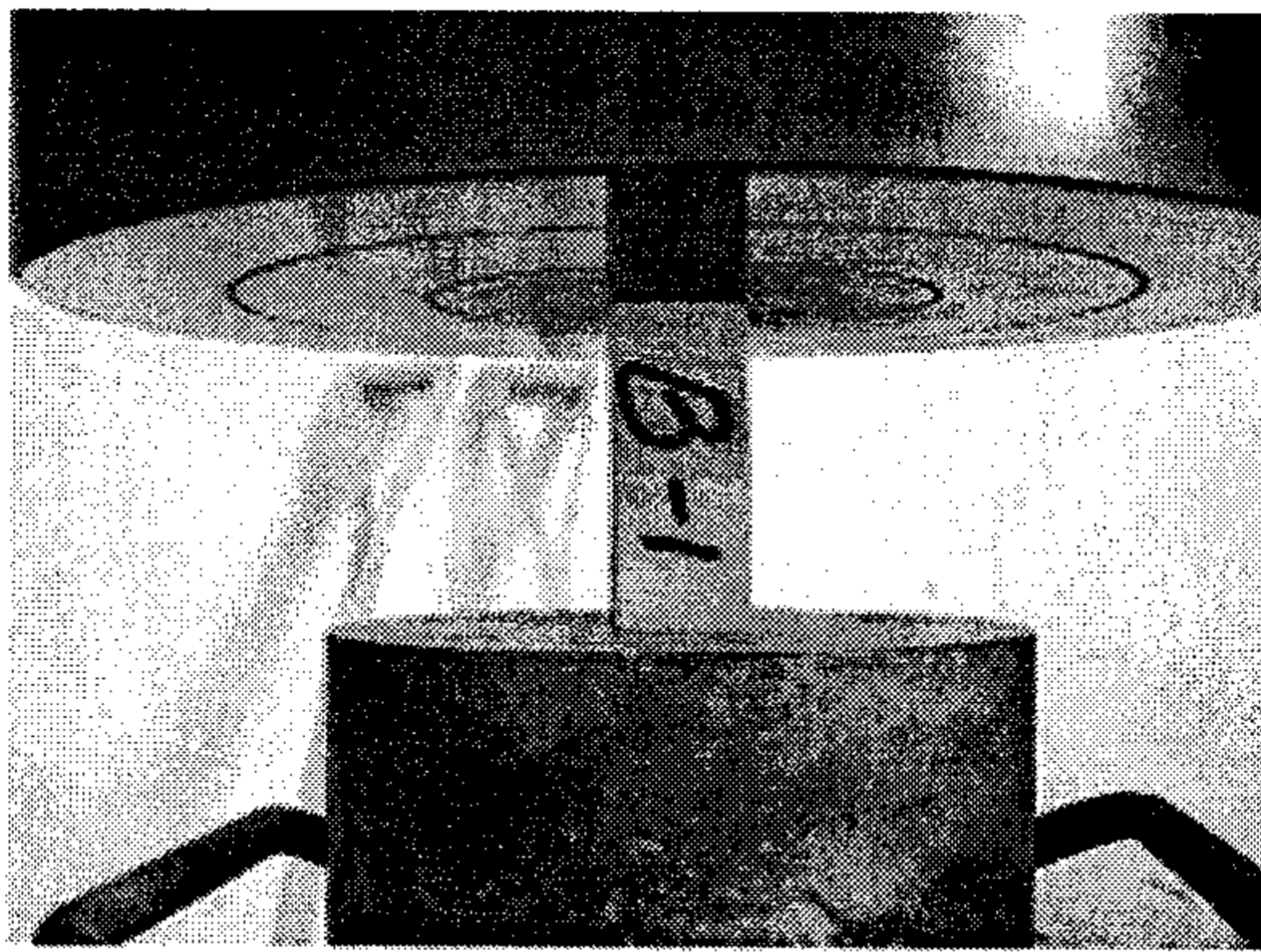
### (1) 시험방법

목재의 압축시험 측정의 원리는 목재의 섬유 방향에 평행(섬유 방향 압축) 또는 수직(섬유 직각 방향 압축, 부분 압축)한 하중을 가하여 하중과 변형의 관계로부터 비례 한도와 탄성계수를 계산하고, 필요한 경우에는 최대 하중으로부터 압축강도를 구하는 방법이다. 여기서 섬유방향 압축의 정의는 시험편의 섬유방향에 압축하중이 평행하게 작용하는 상태를 말하며 섬유 직각 방향 압축은 시험편의 섬유방향에 압축하중이 수직하게 작용하는 상태이다.

본 실험에서는 KS F 2206(목재의 압축강도 시험 방법)에 규정된 방법에 따라 2×2×5cm를 갖는 시험체를 10개 이상을 사용하여 섬유방향과 섬유직각방향에 대하여 각각 압축강도 시험을 실시하였다. 이때 시험은 하중블록 사이에 시험편의 횡단면이 상하로 향하도록 위치시키고, 시험편이 1.5 ~2분 이내에 파괴되도록 균일한 속도로 하중을 가하여 시험을 실시하였으며, 시험중의 하중을 측정하였다. <그림 3-13>은 하중재하 전 섬유방향 시험장치를 나타낸 것이고 <그림 3-14>는 하중재하 전 섬유직각방향의 시험장치를 나타낸 것이다.



<그림 3-13> 하중재하 전(섬유방향)



<그림3-14>하중재하전(섬유직각방향)

## 2) 시험결과

압축강도 시험편의 최대 하중으로부터 압축강도( $\sigma_{max}$ )는 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.4)$$

여기서,  $P_{max}$  : 최대하중(N)

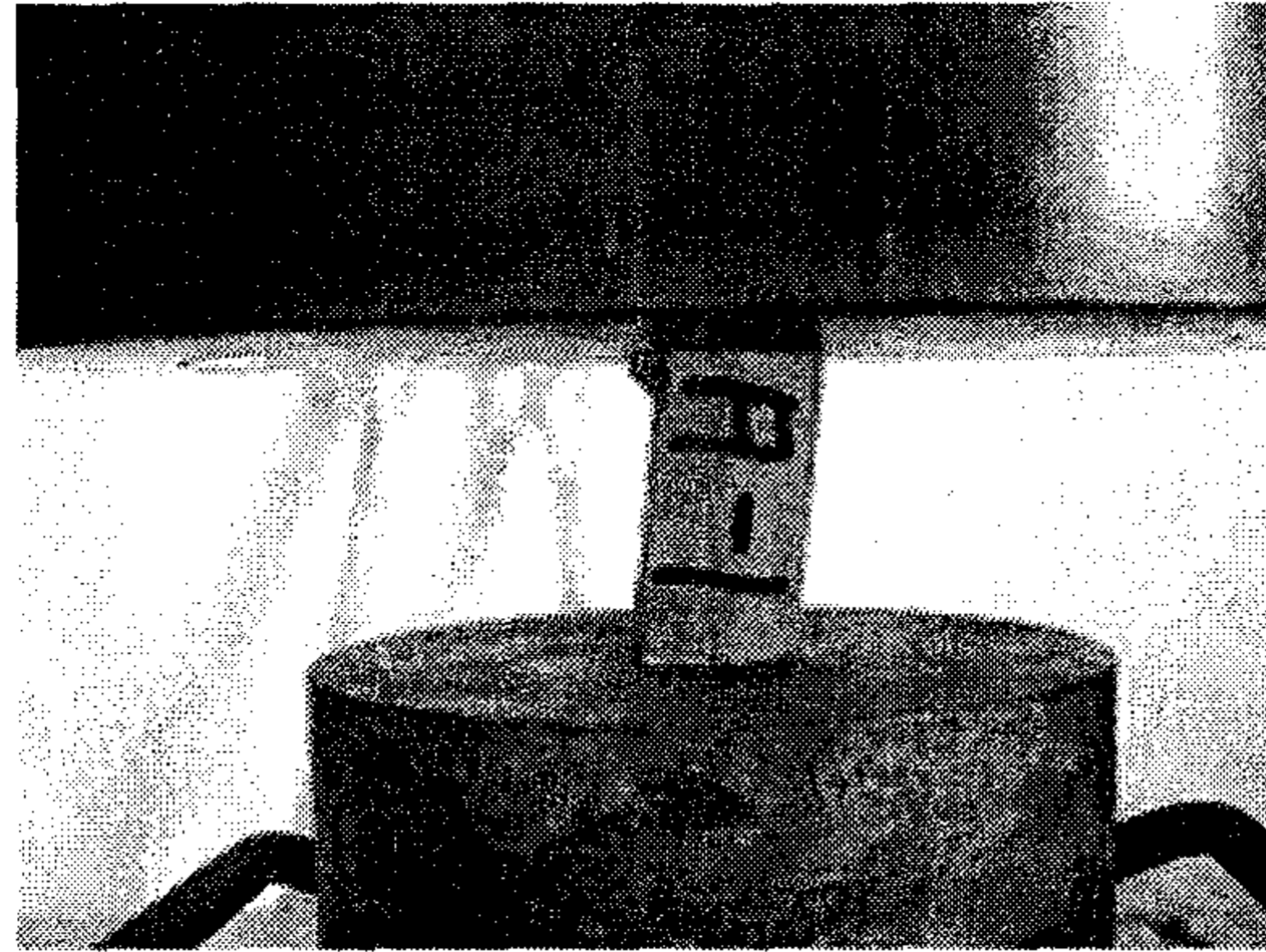
$A$  : 단면적(mm<sup>2</sup>)

목재의 압축강도 시험결과 섬유방향의 목재 압축강도 범위는 14 ~ 20 Mpa 정도의 강도를 나타냈으며, 파괴형태는 목재가 더 이상 변형이 일어나지 않는 지점까지 측정하였다. 섬유방향 목재의 함수율은 29.3 %, 섬유직각방향 목재의 함수율은 26.4 %로 섬유방향 목재가 섬유직각방향보다 조금 크게 나타났다. 시험결과 10개 시험편에 대한 섬유방향의 압축강도 평균은 17.2 Mpa 이었고 표준편차는 1.62 Mpa, 분산은 2.62 Mpa 이었다. 그리고 섬유직각방향에 대한 압축강도 평균은 6.20 Mpa, 표준편차는 0.82 Mpa, 분산은 0.67 Mpa 로 각각 나타났다. (표 3-17)은 목재계 압축강도 시험결과를 나타낸 것이며 <그림 3-15>는 하중재하 후(섬유방향), <그림 3-16>은 하중재하 후(섬유직각방향)의 광경을 보여주는 것이다. 이러한 시험결과를 바탕으로 목재계를 구조물로 사용할 경우 외력저항에 대한 최소 목재의 압축강도는 17.0 Mpa 이상의 값을 갖는 목재를 사용하여야 한다고 판단된다.

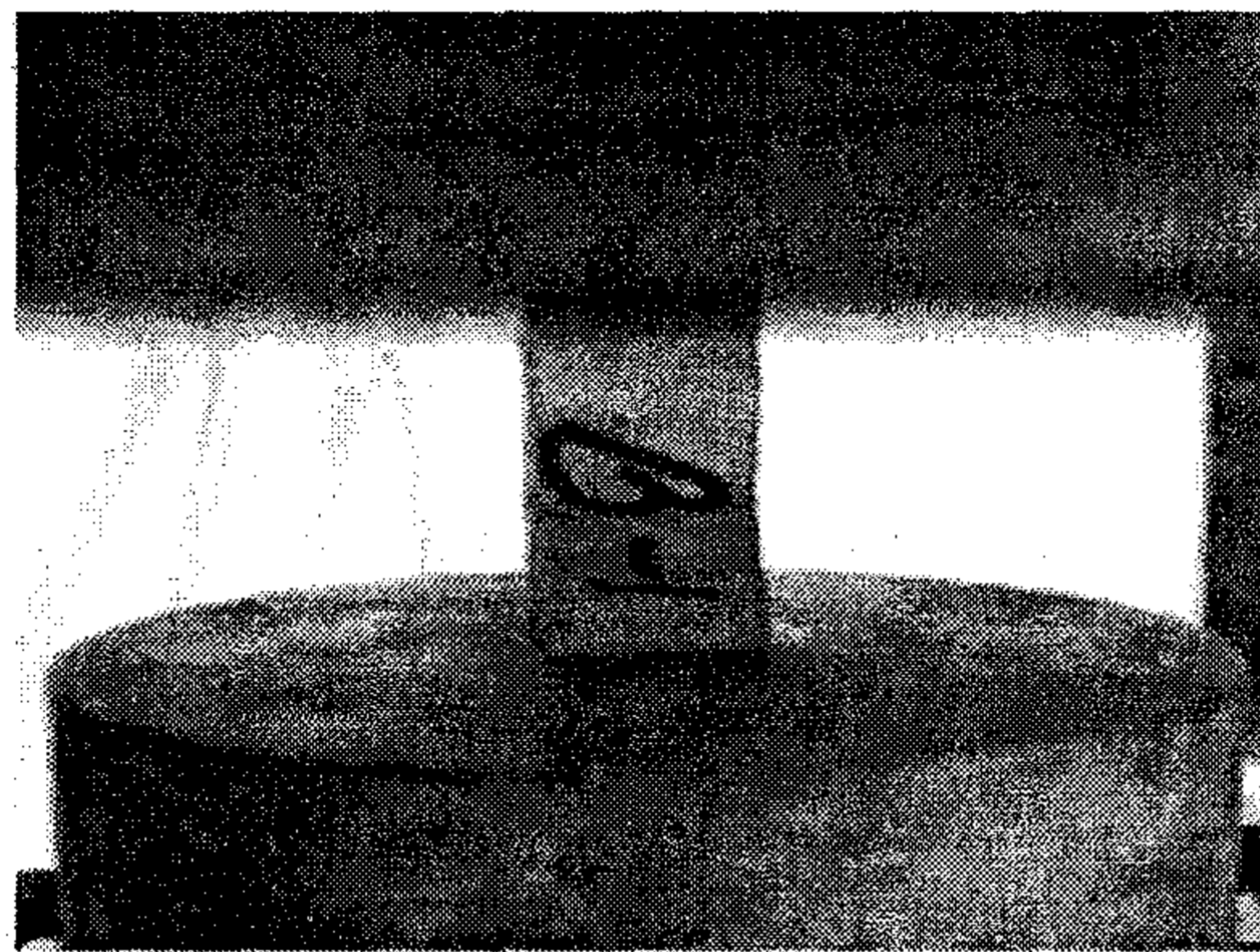
(표 3-17) 목재계 압축강도 시험결과

구분	파괴강도 (kg)	면적(cm <sup>2</sup> )	압축강도 (Mpa)	구분	파괴강도 (kg)	면적(cm <sup>2</sup> )	압축강도 (Mpa)		
섬유 방 향	J1	770	4.0	19.25	섬 유 직 각 방 향	K1	287	4.0	7.18
	J2	744	4.0	18.60		K2	223	4.0	5.58
	J3	724	4.0	18.10		K3	217	4.0	5.43
	J4	639	4.0	15.98		K4	278	4.0	6.95
	J5	706	4.0	17.65		K5	293	4.0	7.33
	J6	562	4.0	14.05		K6	253	4.0	6.33
	J7	648	4.0	16.20		K7	247	4.0	6.18
	J8	565	4.0	14.13		K8	278	4.0	6.95
	J9	630	4.0	15.75		K9	235	4.0	5.88
	J10	669	4.0	16.73		K10	269	4.0	6.73
	J11	743	4.0	18.58		K11	226	4.0	5.65
	J12	694	4.0	17.35		K12	256	4.0	6.40
	J13	724	4.0	18.10		K13	247	4.0	6.18
	J14	776	4.0	19.40		K14	249	4.0	6.23
	J15	715	4.0	17.88		K15	159	4.0	3.98



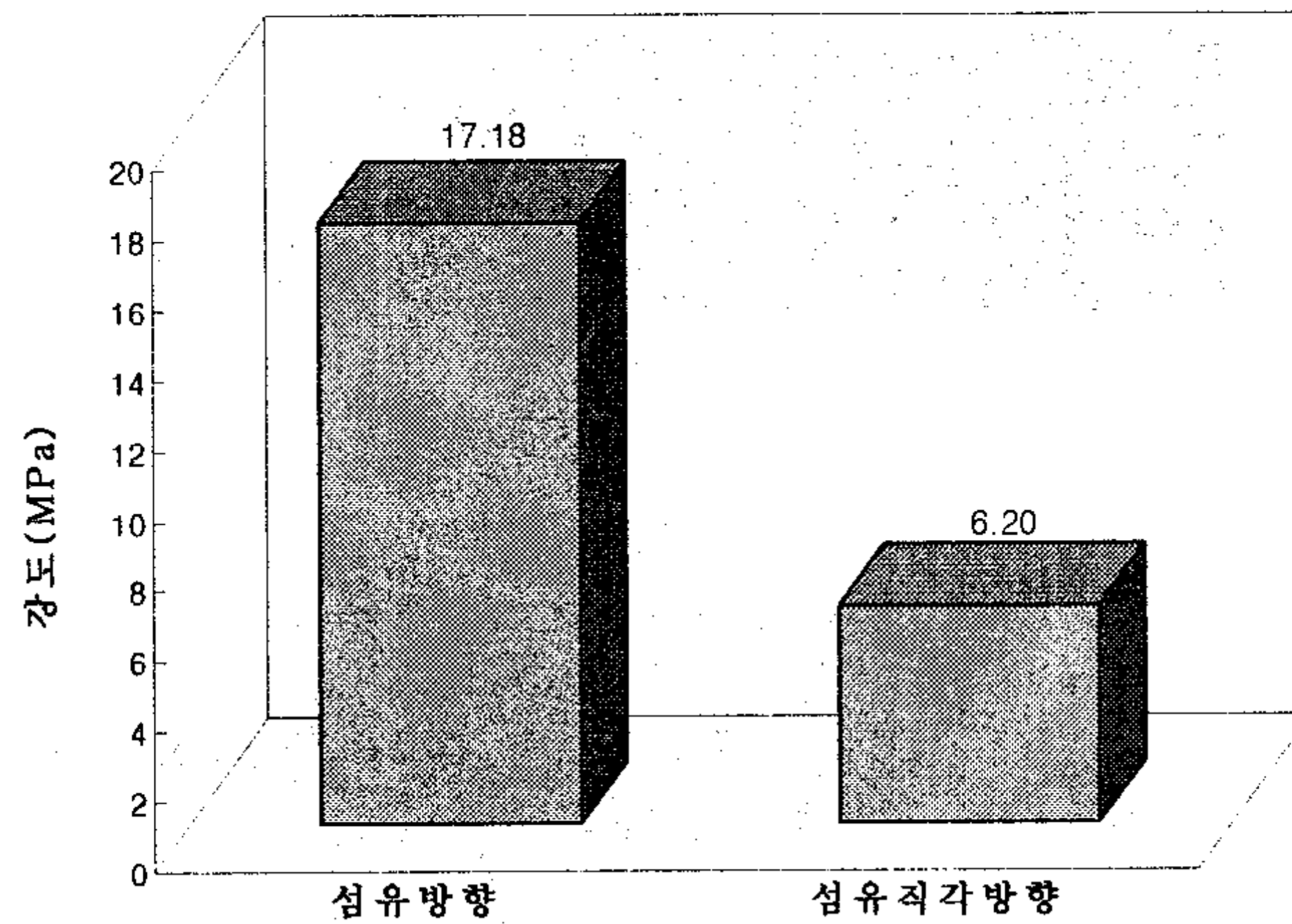


<그림 3-15> 하중제하 후(섬유방향)



<그림 3-16>하중제하후(섬유직각방향)

<그림 3-17>은 섬유방향과 섬유직각방향의 압축강도비교를 나타낸 것으로 섬유직각방향인 목재는 변형의 크기가 섬유방향보다 크게 나타났다. 이때의 최대값은 7.33 Mpa로 나타나 섬유방향의 목재가 섬유직각방향의 목재보다 강도가 약 2.63배 크게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 결과로 분석한 결과 목재계를 이용한 친환경 소재를 사용할 경우에는 섬유방향으로 구조물을 설치하거나 제작하여야 할 것으로 판단된다.

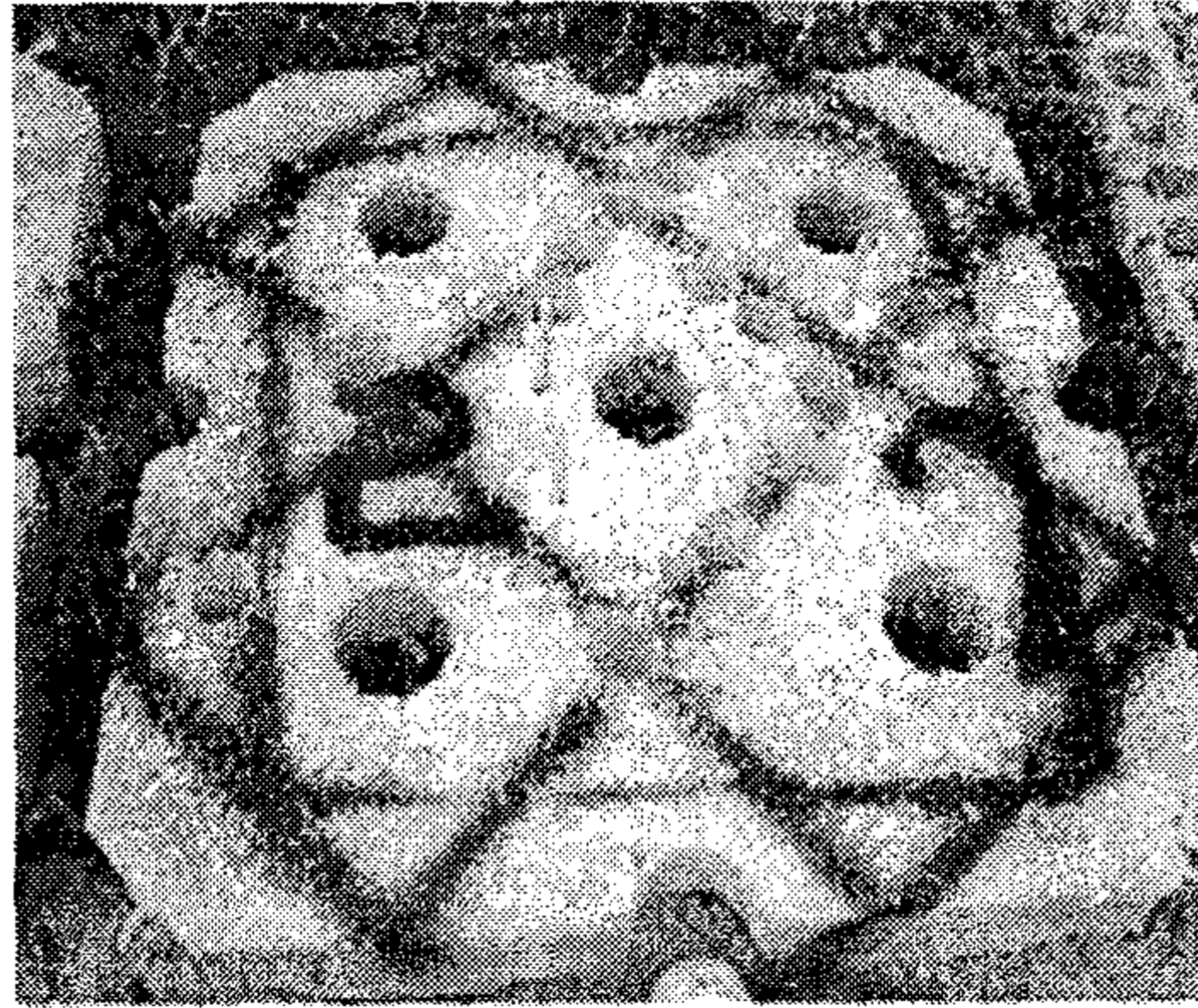


<그림 3-17> 침유계 침유방향에 따른 강도 비교표

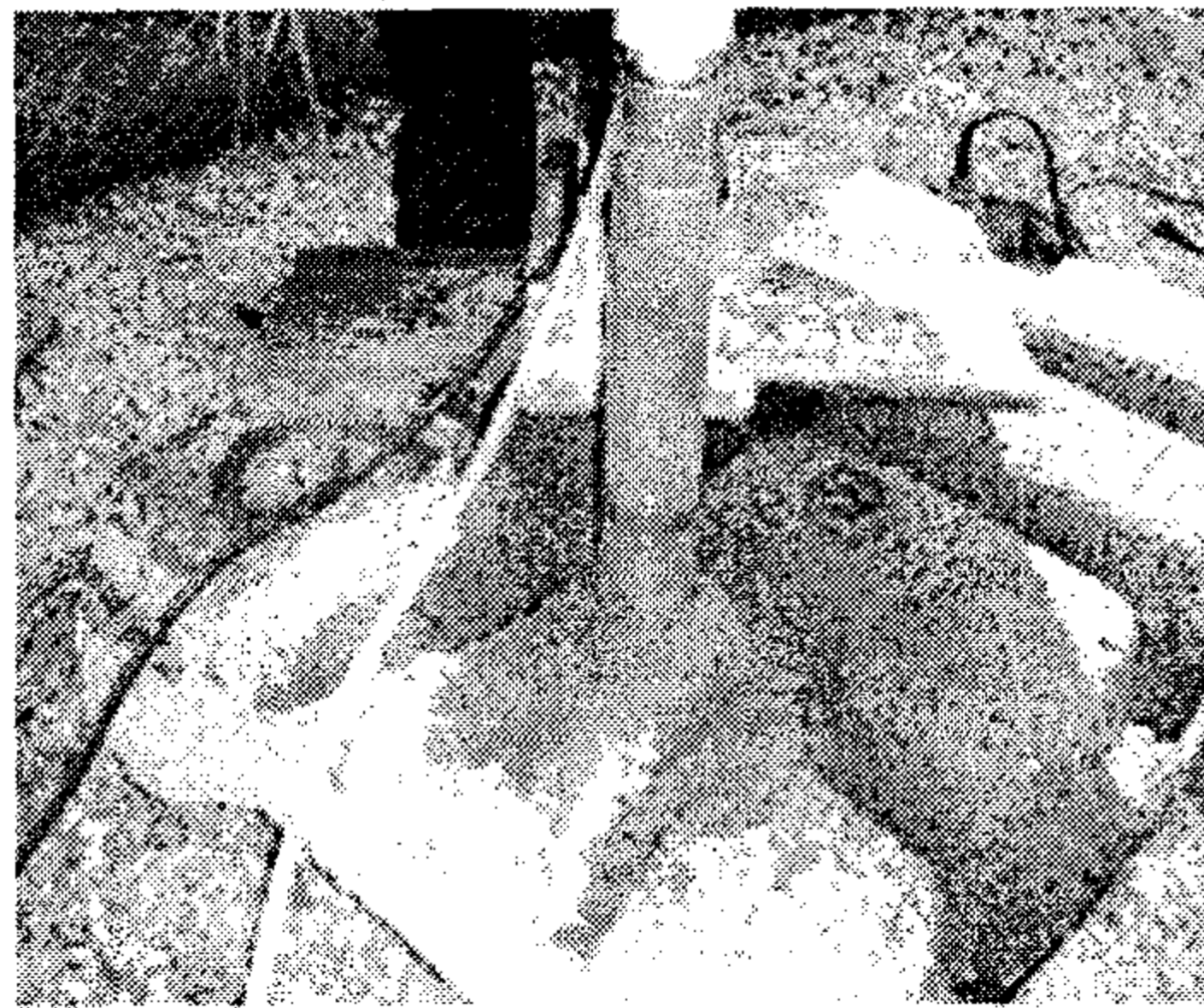
## 6) 콘크리트 식생블럭계 압축강도

### (1) 실험방법

콘크리트 식생블럭계의 압축강도를 측정하기 위하여 콘크리트 제품에서 코어를 채취하여 실제 구조물의 압축강도를 실험하였다. 우선 <그림 3-18>은 콘크리트 코어채취 준비 과정에서 보는 바와 같이 코어채취를 용이하게 하고 코어강도의 정확도를 높이기 위해 철근탐지기로 철근위치를 탐사한 다음 철근이 손상되지 않도록 부위를 마크하고 구조물에 드릴로 구멍을 내어 코어채취기가 흔들리지 않도록 고장한 다음 코어를 채취하였다. 콘크리트 식생블럭계 콘크리트에서  $\Phi 5\text{mm}$ 의 코어 채취기를 이용하여 각 시험체별로 6개이상의 콘크리트 시편을 채취하였다. <그림 3-19>에서 나타나는 바와 같이 콘크리트 코어를 채취하는 광경을 보여주고 있으며 채취한 코어는 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의하여 실내에서 시험하였다.



<그림 3-18> 콘크리트 코어 채취 준비



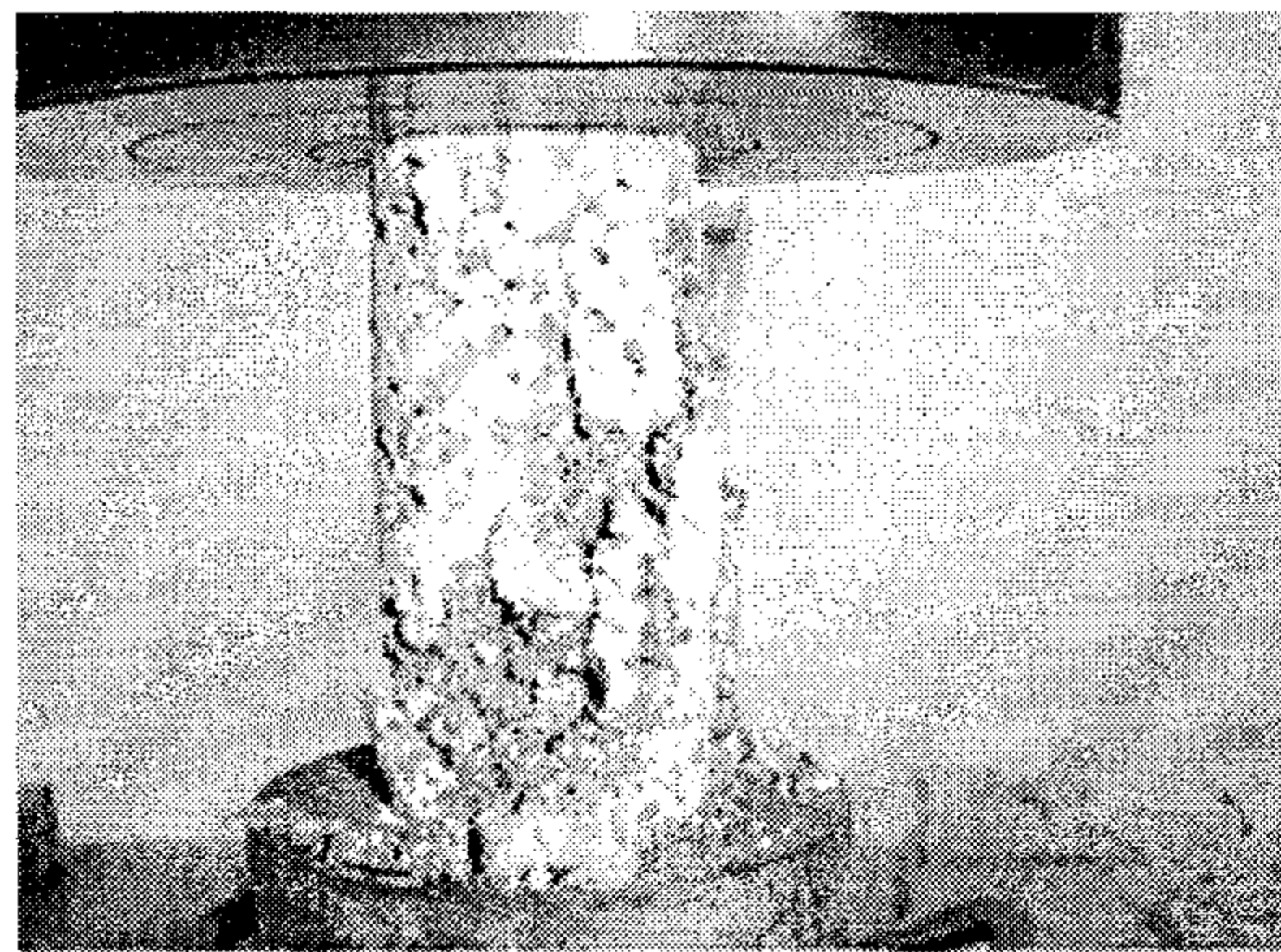
<그림 3-19> 콘크리트 코어 채취 광경

코어채취 된 콘크리트 코어를 실내실험에서 높이와 지름의 비에 대한 보정 계수를 곱하여 지름의 2배 높이를 가진 공시체 강도로 환산하고 KS F 2403에 따라 최종 압축강도를 시험하였다. 시험에 사용되기까지의 양생에 관해서는 코어표면을 물로 충분히 씻고 천 등으로 표건 상태가 될 때까지 닦은 후, 비닐봉투로 밀봉 저장하는 하였다.

## (2) 결과 및 고찰

채취된 코어의 압축강도 시험은 측정시 시료의 건습조건을 거의 일정하게 하기 위하여 48시간 수침을 시켜서 KS F 2422의 시험방법에 의해 실시하였다. 코어의 압축강도의 재하속도는 매초 0.25 Mpa (2.5 kgf/cm<sup>2</sup>)를 유지 유지하도록 하였다. <그림 3-20>은 콘크리트 식생블럭체 파괴사진을 나타낸 것이고

(표 3-18)은 압축강도 시험결과표를 나타낸 것으로 13.4 Mpa ~ 28.8의 범위를 나타내고 있었다. 표에서 보는 바와 같이 콘크리트 식생블럭계 F의 경우가 압축강도가 상당히 크게 나타났는데 그러한 이유는 단위시멘트량이 다른 제품에 비하여 많고 공극률이 현저히 낮기 때문이라고 판단된다. 그리고 콘크리트 식생블럭계 A의 경우 표준편차가 다른 시험결과보다 크게 나타났는데 그 원인을 추정한 결과 압축강도 코어채취시 사용자의 숙련도나 연마기로 면을 연마할 때 정확성이 떨어져서 편심작용이 발생해 표준편차가 크게 나타난 것으로 판단된다. 압축강도 시험결과 모든 시험체들은 기준강도를 약 20 %정도 상회하는 값을 나타내었다. <그림 3-21>부터 <그림 3-25>까지는 압축강도 시험후 파괴양상을 나타낸 것으로 대부분이 전단파괴를 나타내었는데 이 경우 콘크리트 식생블럭이 파괴직전까지 결합력과 내부마찰력에 의해 파괴에 저항하다 종국에 파괴되는 양상을 나타내었다. 이러한 실험결과를 토대로 콘크리트 식생블럭계의 압축강도는 보통 콘크리트와 같이 시멘트와 같은 사용재료 또는 물-시멘트량, 배합조건, 제품제조상이 조건 등에 의해 결정되어 진다고 할 수 있다. 이중에서 콘크리트 식생블럭계의 강도를 좌우할 수 있는 것은 공극률이라고 할 수 있을 것이다.



<그림 3-20> 콘크리트 식생블럭계  
파괴사진

(표 3-18) 압축강도 시험결과표

구 분	압축강도 평균값(Mpa)	표준편차(Mpa)	분산(Mpa)	비고
A	20.4	2.6	7.1	
B	16.2	1.7	2.9	
C	13.4	0.7	0.5	
D	14.5	1.4	1.9	
E	14.0	1.1	1.2	
F	21.1	0.2	0.04	



<그림 3-21> 압축강도 시험 후  
A시험체 파괴양상



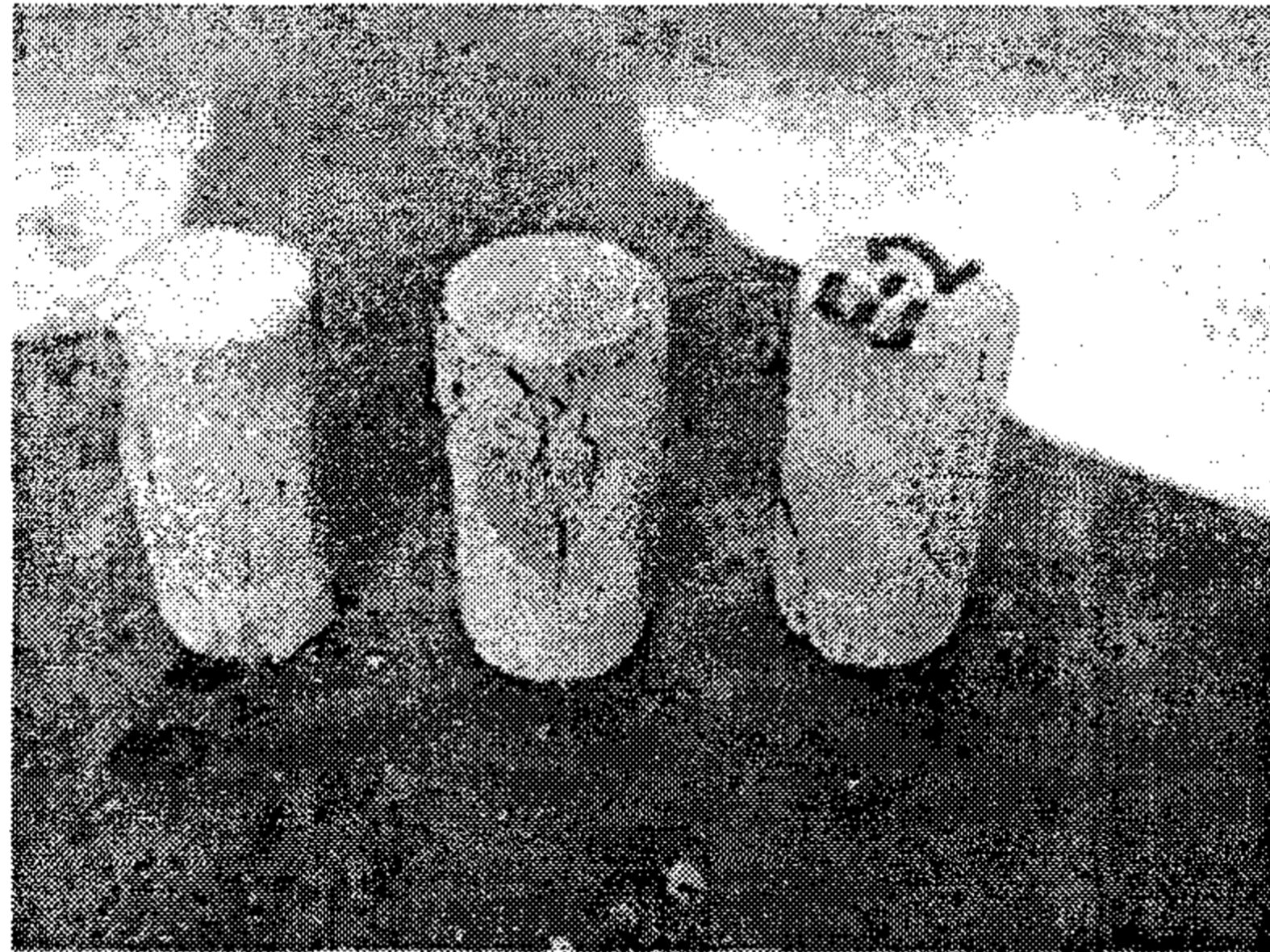
<그림 3-22> 압축강도 시험 후  
B시험체 파괴양상



<그림 3-23> 압축강도 시험 후  
C시험체 파괴양상



<그림 3-24> 압축강도 시험 후  
D시험체 파괴양상



<그림 3-25> 압축강도 시험 후  
E시험체 파괴양상

## 7) 비파괴강도

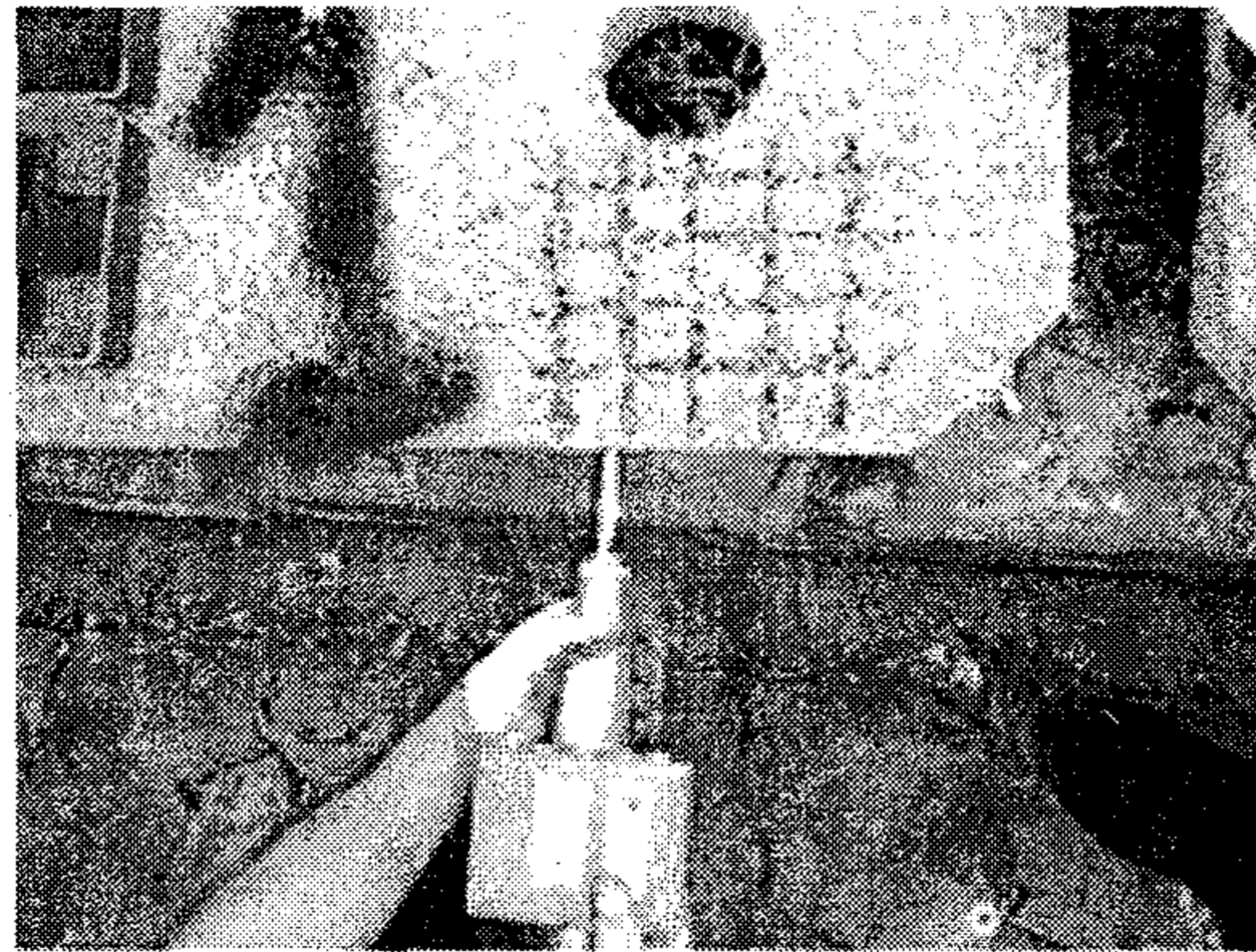
### (1) 실험방법

본 시험법은 콘크리트의 표면경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트 압축강도를 비파괴로 판정하는 방법이다. 반발 경도법은 타격방법중 하나의 방법이며, 콘크리트의 표면을 해머로 타격하여 표면의 손상정도나 반발정도를 측정하는 방법이다. 일반적으로 국내에서 반발경도를 구하는 측정하는 슈미트 해머(Schumit Hammer)법이 가장 널리 이용되고 있다. 이 방법은 측정하는 콘크리트의 종류·품질에 대하여 적당한 기종을 선택하여 사용하는 것이 중요

한데 본 정밀조사 시에는 보통콘크리트에 적용가능한 NR형을 사용하여 시험을 실시하였다. 반발경도법의 원리를 간단히 설명하면 슈미트해머로 경화 콘크리트 면을 타격시 반발도(R)과 콘크리트 압축강도와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 바탕으로 조사하는 것이다. 타격시 해머의 중추 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법이다. 하지만 이 방법은 콘크리트의 표면부 품질과 타격조건에 따라 영향을 받으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하다. 그리고 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트해머로 표면에 국부적 타격을 하는 경우 반발도(R)는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤 상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 변동 폭이 크게 차이가 난다고 학계에 보고되고 있다. 따라서 강도추정의 유일한 방법으로 사용 시에는 많은 문제가 있게 될 수 있다. 하지만 본 조사에서는 간편하고 짧은 시간에 강도추정이 가능하고 콘크리트 수리구조물 전체에 대해 강도측정이 가능하다는 점에서 이 방법을 사용하였다. 슈미트 해머로 콘크리트의 비파괴 압축강도 측정시 정확한 측정치가 유지되도록 테스트 안빌(Test Anvil)로 정밀도를 검정 및 보정하였다. 슈미트해머로 테스트 안빌에 타격시 반발도가  $R_0 = 80 \pm 1$ 이 되게 하고 이 범위를 초과하는 경우에는 조정을 하였다. 측정방법으로는 타격점을 선정함에 있어 슈미트해머의 타격점은 25점을 표준으로 하였고, 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 하여 종으로 5열 횡으로 5열의 선을 그어 직교되는 25점을 타격하였다.

본 연구에서는 콘크리트 식생블럭계에 슈미트해머 타격시 수평타격을 원칙으로 하였다. 그 이유는 대부분의 실험 자료들이 수평타격에 대한 것으로 측정치가 안정된 값을 나타냈기 때문이다. 측정치의 처리는 타격점이 움푹 들어간 값과 평균 타격값의  $\pm 20\%$ 를 상회하는 값은 이상치로 보고 제외시켰다. 이들 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발도(R)로 산정하였다. 반발도 평균 타격값의  $\pm 20\%$ 를 상회하는 값과 기타 이상치를 제외시킨 평균 반발도(R)를 구하고, 구해진 반발도(R)에 타격각도를 보정하였다. <그림 3-26>은 콘크리트 식생블럭계의 비파괴강도 측정을 보여 주고 있다.





<그림 3-26> 비파괴 강도 측정

(2) 실험결과

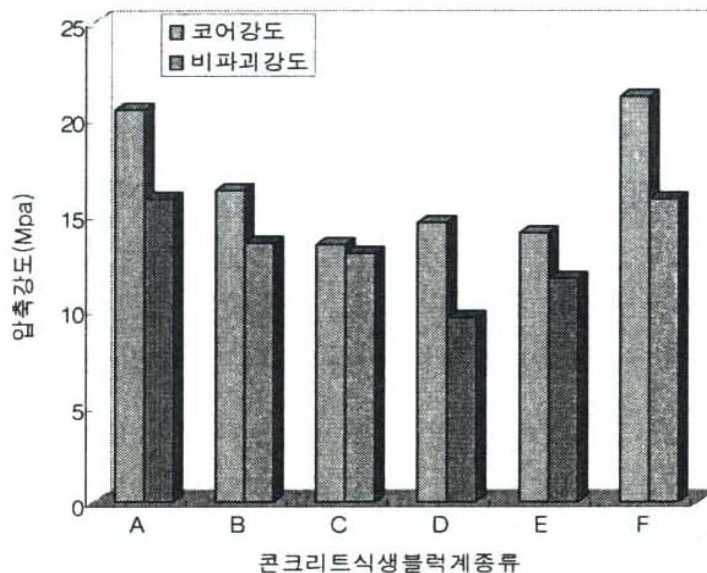
비파괴 강도는 콘크리트의 균질성을 살펴보고 다른 콘크리트의 상호비교에 유용하게 사용되며 절대적인 조건내에서 콘크리트의 강도를 알아보는 지표로써 사용되어야 한다고 보고되고 있다. 비파괴시험에 의한 강도추정은 많은 변수들이 있으며 예를 들어 골재의 형태와 크기, 재령, 습윤함유량, 배합설계 등이 있을 것이다. 본 실험에서는 비파괴 강도를 추정하여 콘크리트 식생블럭계의 압축강도를 추정 할 수 있는가를 검증하고자 실험하였다. (표 3-19)는 비파괴 강도 시험결과표를 나타낸 것이다. (표 3-19)에서 나타난 바와 같이 비파괴 강도의 범위는 9.6 ~ 15.8 의 범위를 나타내고 있었으며 표준편차의 범위는 0.4 ~ 2.1의 값을 보여주었다.

(표 3-19) 비파괴 강도 시험결과표

구분	압축강도 (Mpa)	표준편차(Mpa)	분산(Mpa)	비고
A	15.8	1.5	2.3	
B	13.5	1.3	1.7	
C	14.7	1.7	3.1	
D	9.6	0.4	0.2	
E	11.6	2.1	4.5	
F	15.8	1.3	1.7	

### (3) 압축강도와 비파괴 강도와의 비교

<그림 3-27>은 콘크리트 식생블럭계의 압축강도와 비파괴 강도를 비교하여 나타낸 것으로 비파괴 강도가 압축강도보다 낮은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이러한 이유는 일반적인 콘크리트의 압축강도는 반발경도법 및 초음파 속도법에 의해 간편하게 강도를 평가 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 그 정확도는 다소 떨어지긴 하지만 코어채취에 의한 압축강도 평가는 매우 정확하게 추정할 수 있는 방법이다. 그림에서 보는 바와 같이 비파괴 강도는 코어강도보다 약 3 ~ 33 %의 변동이 큰 강도감소율을 나타내고 있었지만 각 제품의 설계기준강도는 상회하는 강도 값을 나타내고 있었다. 이 실험결과로 내구성 및 안정성을 평가하고자 할 때 코어채취를 위한 압축강도를 실시하거나 비파괴 강도시험을 통한 압축강도 추정이 가능할 것으로 판단된다.



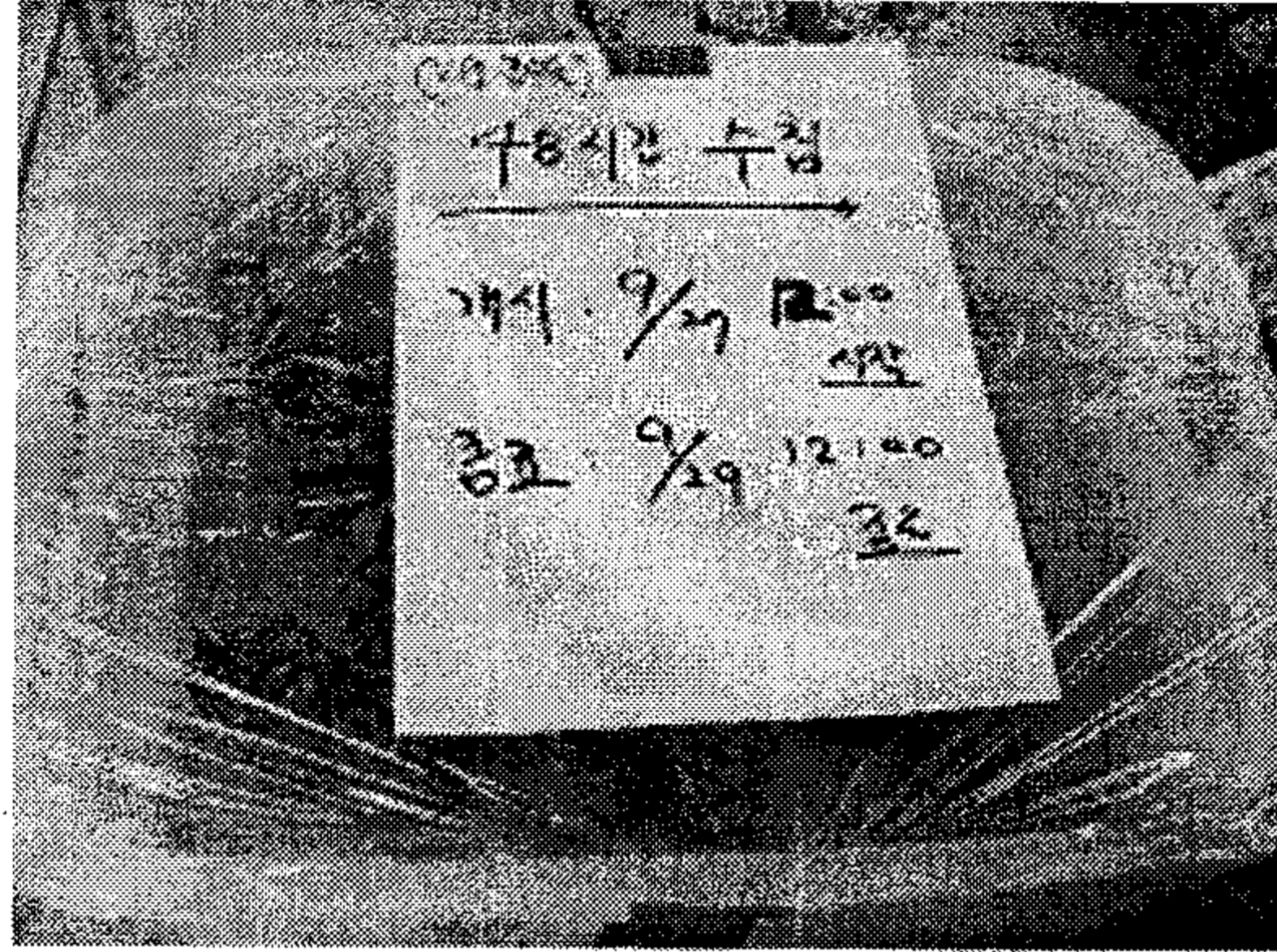
<그림3-27> 코어강도와 비파괴 강도 비교

## 8) 콘크리트 코어 흡수율시험

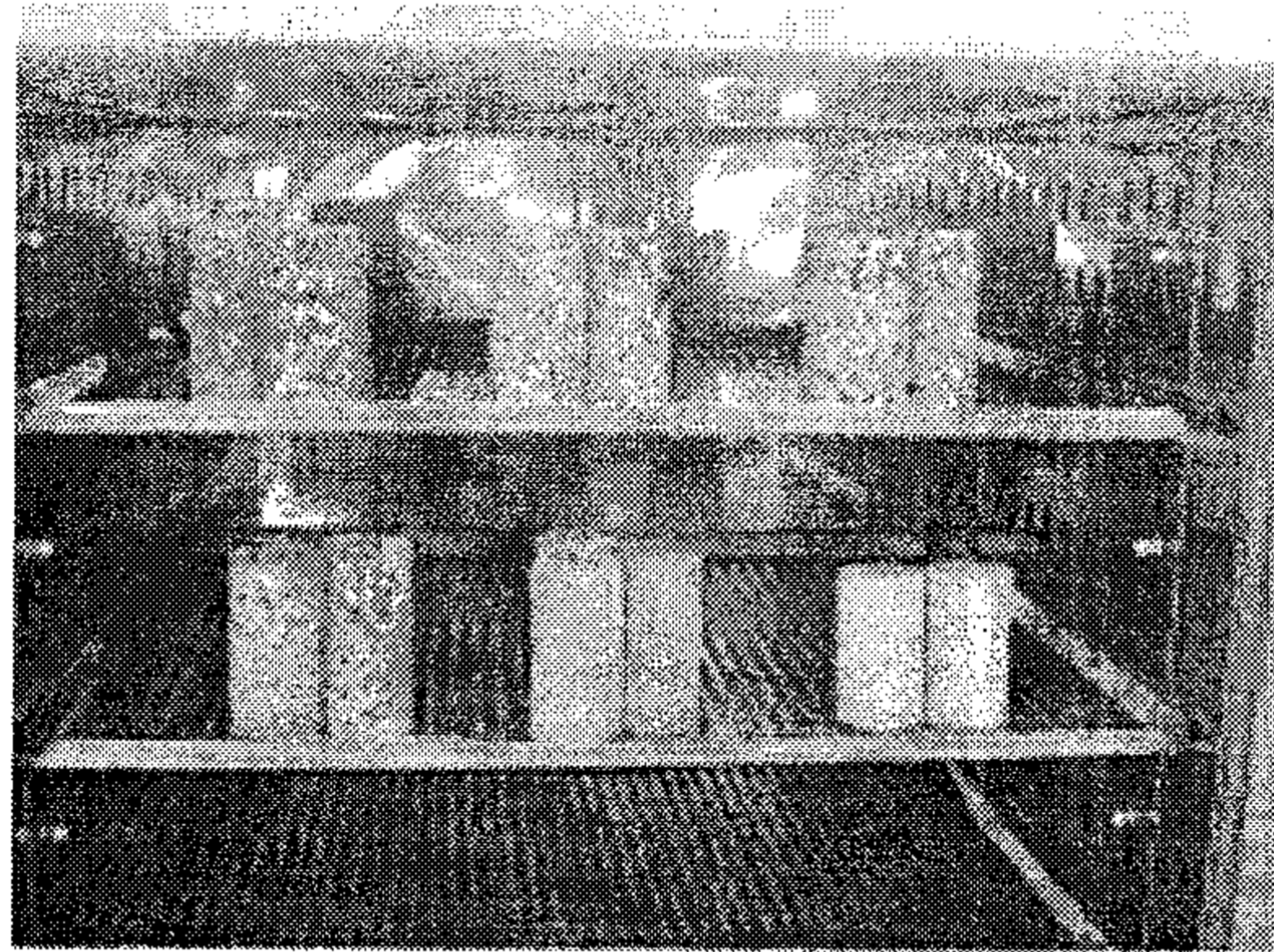
### (1) 시험방법

식생을 위한 콘크리트 식생블럭계의 시료를 채취하기 위하여 콘크리트 코어 채취기를 압축강도 공시체와 동일하게 3개 이상을 채취한 후 시험체를 건조로에서 24시간 건조시킨 후 건조 공시체 질량을 측정하였다. 그리고 48시간 동안 증류수에 침수시킨 후 침수 후 공시체의 질량을 측정하여 시험체의 흡수율

을 측정하였다. 이때 콘크리트의 흡수율은 KS F 2518(석재의 흡수율 및 비중 시험 방법)에 준하여 실시하였다. <그림 3-28>는 시험체를 증류수에 수침하는 광경을 보여주는 것이고 <그림 3-29>은 건조로에서 양생을 하고 있는 전경을 나타낸 것이다.



<그림 3-28> 증류수 수침



<그림 3-29> 건조로에서 양생

## (2) 실험결과

각 공시체의 흡수율은 다음 식에 따라 계산하였으며 (표 3-20)는 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 흡수율 시험결과를 나타낸 것이다.

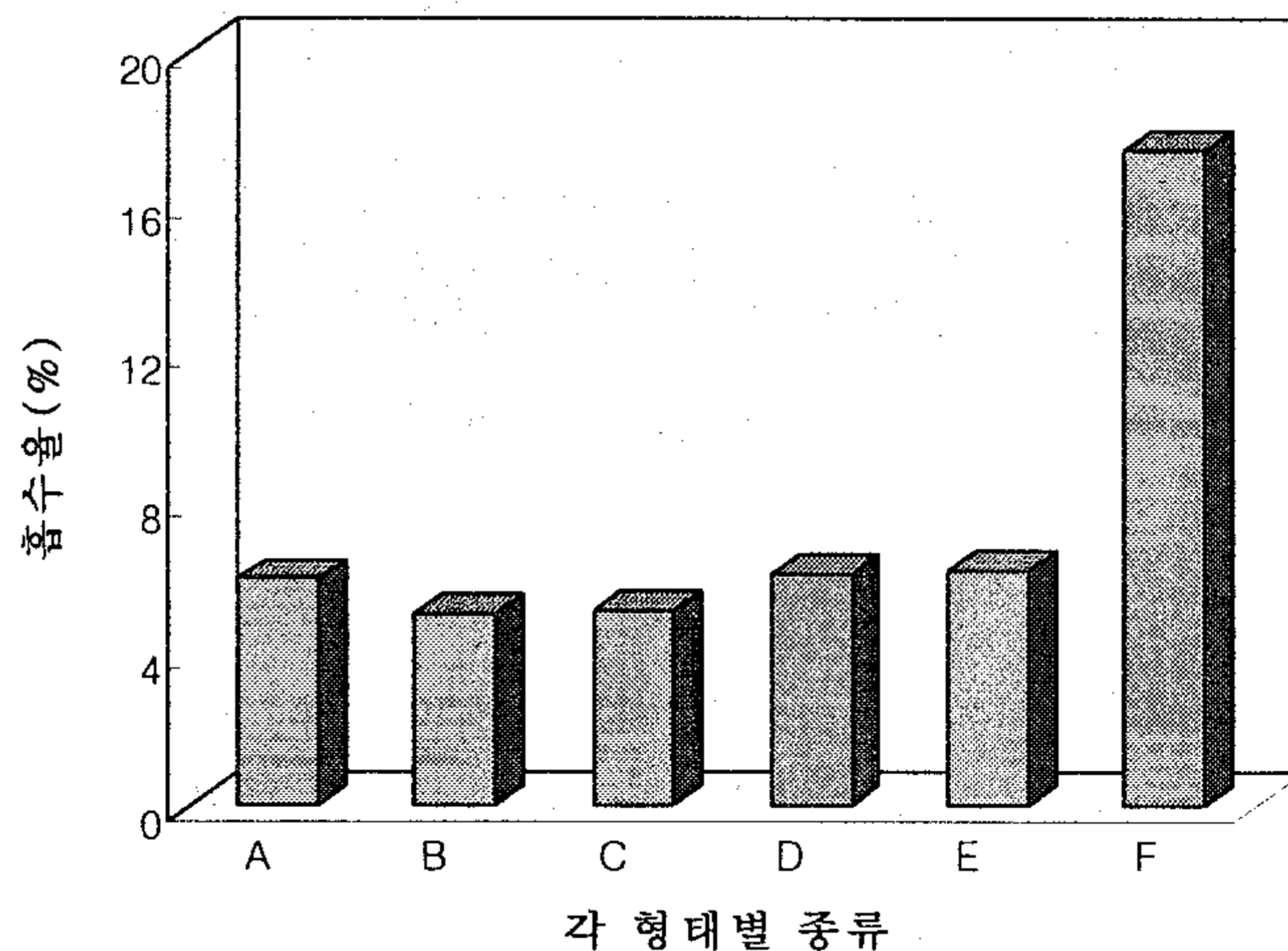
$$\text{흡수율}(\%) = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (3.5)$$

여기서, A : 건조 공시체의 질량(g)  
 B : 침수 후 공시체의 질량(g)

시험결과 시험체 A부터 E까지는 5.0~6.2 %의 범위 값을 나타내고 있었으며, F는 17.4 %의 비교적 큰 값을 나타냈다. 이는 콘크리트 식생블럭계 F는 주요 구성성분이 황토를 함유하고 있어 다른 시험체보다 흡수율이 상당히 높게 나타난 것으로 판단된다. <그림 3-30>은 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 흡수율 비교표를 도표화하여 나타낸 것이다.

(표 3-20) 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 흡수율

구 분	각 종류별 평균 흡수율(%)	비 고
A	5.98	
B	5.06	
C	5.17	
D	6.12	
E	6.22	
F	17.43	



<그림 3-30> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 흡수율비교표

9) 콘크리트 코어 비중시험

(1) 시험방법

콘크리트 식생블럭계의 비중 측정은 흡수율 시험에 사용했던 공시체를 사용하여 측정하였다. 이때 실험방법은 흡수율 시험방법과 동일한 KS F 2518(석재의 흡수율 및 비중 시험 방법)에 준하여 실시하였다. 표면 건조 포화 상태의 비중은 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{표면건조포화상태의비중} = \frac{A}{B-A} \quad (3.6)$$

여기서, A: 공시체의 건조 질량(g)

B: 공시체의 침수 후 표면 건조 포화 상태의 공시체의 질량(g)

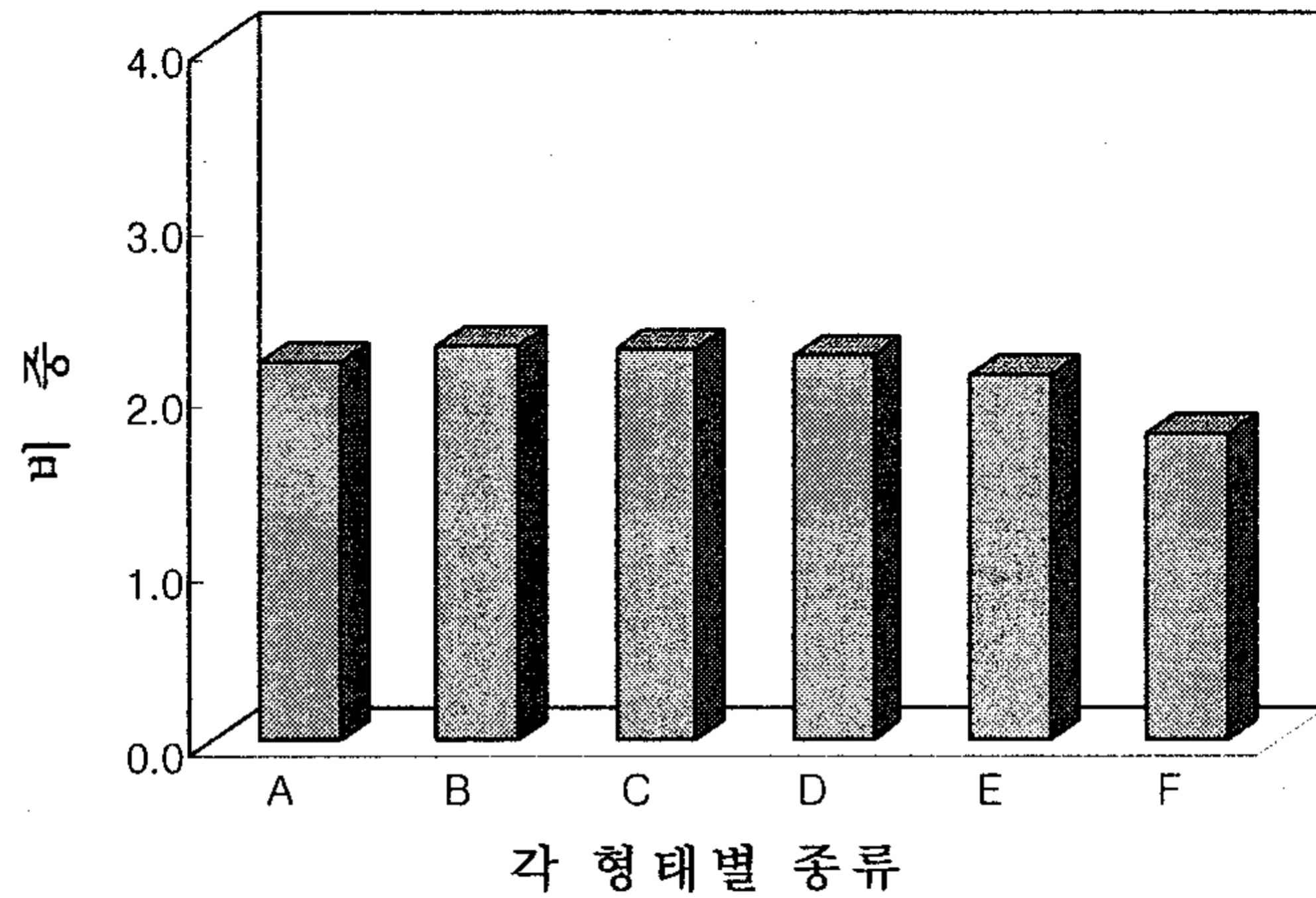
C: 공시체의 물 속 질량(g)

(2) 시험결과

<표 3-21>은 콘크리트 식생블럭계에 따른 비중 결과표를 분석한 것으로 각각의 콘크리트 식생블럭계 비중은 약 1.77~2.28의 범위를 나타내고 있었다. 시험체 B가 2.28로 가장 크게 나타났는데 이러한 이유는 다른 시험 단위시멘트량이 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 시험체 F가 1.77로 가장 낮게 나타났는데 그 주요원인은 그 주성분이 황토로 이루어져 있기 때문이라고 사료된다. <그림 3-31>은 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 비중 비교분석을 막대그래프로 나타낸 것이다.

(표 3-21) 콘크리트 식생블럭계에 따른 비중 결과표

구 분	각 종류별 평균 비중	비 고
A	2.19	
B	2.28	
C	2.26	
D	2.22	
E	2.11	
F	1.77	



**<그림 3-31> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 비중 비교분석**

10) 콘크리트 코어 공극률 시험

(1) 시험방법

콘크리트 식생블럭계 공극률 시험은  $\Phi 5 \times 10 \text{cm}$  인 시험체를 콘크리트 코어 채취기를 이용하여 채취하였으며, 이때 시험은 일본 콘크리트 공학협회 에코 콘크리트 연구 위원회의 포러스 콘크리트의 공극률 시험방법(안) 중 용적법에 준하여 재령 28일에 의한 식을 이용해 공극률을 측정하였다.

$$P_o = \left(1 - \frac{W_2 - W_1}{V}\right) \times 100(\%) \quad (3.7)$$

여기서,  $P_o$  = 콘크리트 공극률(%)

$W_1$  : 공시체 수중질량(g)

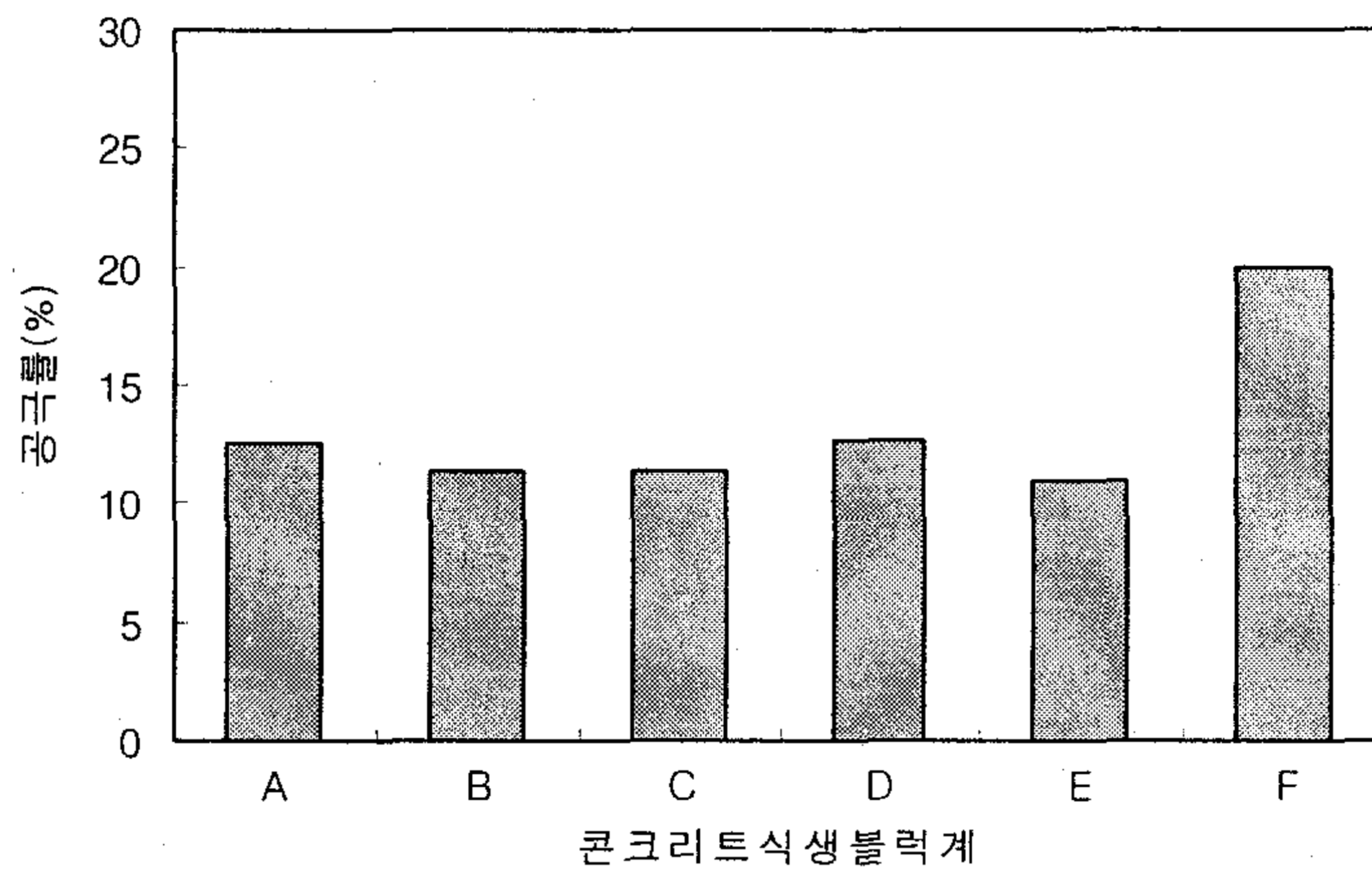
$W_2$  : 24시간 방치 후 기건중량(g)

$V$  : 시험체의 용적( $\text{cm}^3$ )

(2) 시험결과

식생을 위한 콘크리트 식생블럭계의 가장 중요한 변수로 작용하는 것은 구조적으로 안정한 구배와 한계유속에 저항하여야 하고 식물이 빠른 시간 내에

활착할 수 있도록 하는 것이 매우 중요한 요인이다. 특히 식물이 자랄 수 있는 환경을 제공할 수 있기 때문이다. 따라서 공극율의 증가에 따른 강도의 저하 및 단위시멘트량의 증가에 따라 공극율의 감소를 배합적 측면에서 충분히 고려되어야 할 것이다. <그림 3-32>는 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 공극률을 나타낸 것으로 본 실험에서는 공극률이 11~12%의 범위를 나타내고 있었다. 시험체 F의 경우에는 구성소재가 황토로 이루어져 다른 콘크리트 식생블럭계보다 공극률이 크게 나타남을 알 수 있었다. 기존 문헌에 의하면 공극률을 측정함으로써 품질관리면에서 사전에 관리평가 가능한 관계식을 제시한 것이 보고되고 있다.

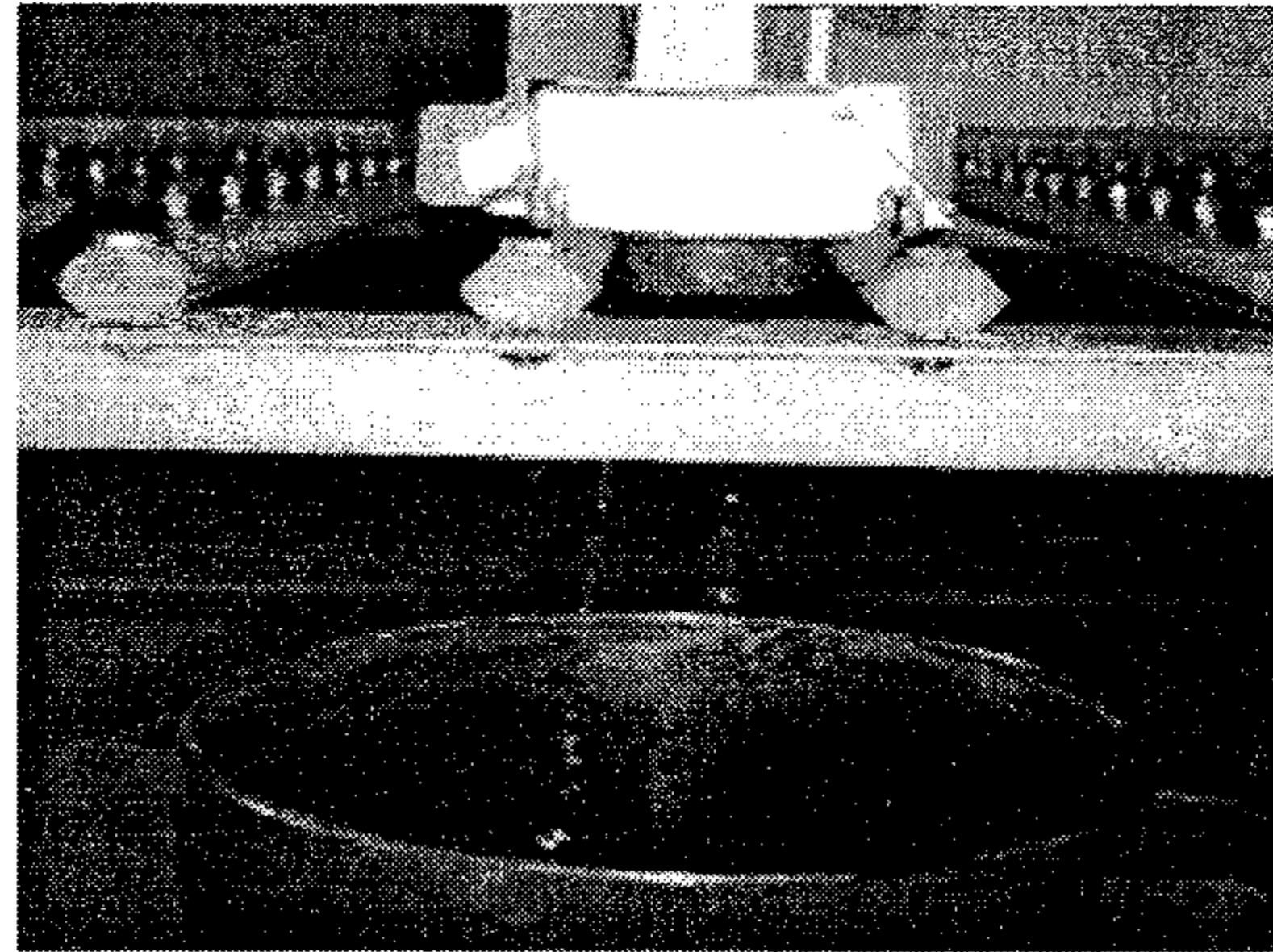


<그림 3-32> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 공극률 비교

#### 11) 투수계수 시험

##### (1) 시험방법

투수계수 시험은  $\Phi 5 \times 10$  cm의 투수용 시험체를 특별히 제작한 원통에 수밀하게 밀착 시킨 후 5ℓ의 물을 투입해서 물이 모두 투과되었을 때의 시간을 측정하여 3회 반복 시험한 결과를 평균하여 투수계수(cm/s)를 산출하였다. <그림 3-33>은 투수계수 측정 전경을 나타낸 것이다.



<그림 3-33> 투수계수 측정

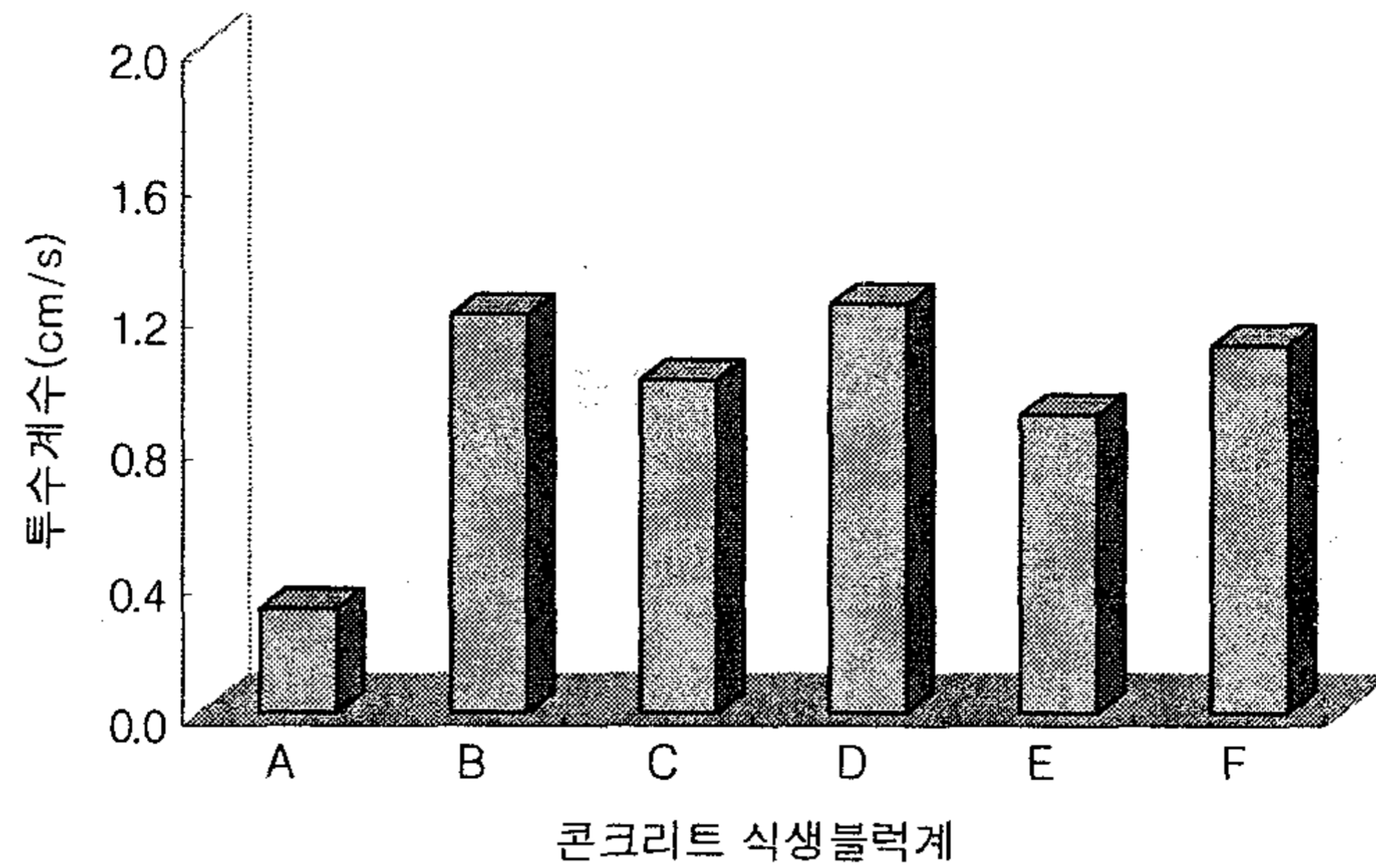
(2) 실험결과

식생을 위한 에코콘크리트에서 식물이 잘 자라기 위해서는 적정량의 수분이 공급되어야 한다. 식물의 뿌리가 블록을 통과하여 원지반과 고착한 후 지반으로부터 계속적으로 수분을 공급받아야 성장하는데 지장이 없기 때문에 우수 등에 의해 물이 블록의 공극을 통과하여 지반에 전달되어야 하며, 항상 토양이 수분을 보유하고 있어야 한다. 에코콘크리트에서 투수에 영향을 미치는 요인은 공극률과 공극의 크기로서, 이것은 골재의 입도 및 크기에 의해 좌우된다. (표 3-22) 및 <그림 3-34>는 투수계수 시험 결과를 나타낸 것이며, 본 실험에서는 바이오식생블럭 B, C, D는 투수계수가 유사하게 나타났고, 바이오식생블럭 A는 0.31 cm/s로 비교적 낮게 나타났다.

(표 3-22) 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 투수계수

구 분	각 종류별 평균 투수계수(cm/s)	비 고
A	0.31	
B	1.20	
C	1.00	
D	1.23	
E	0.90	
F	1.10	

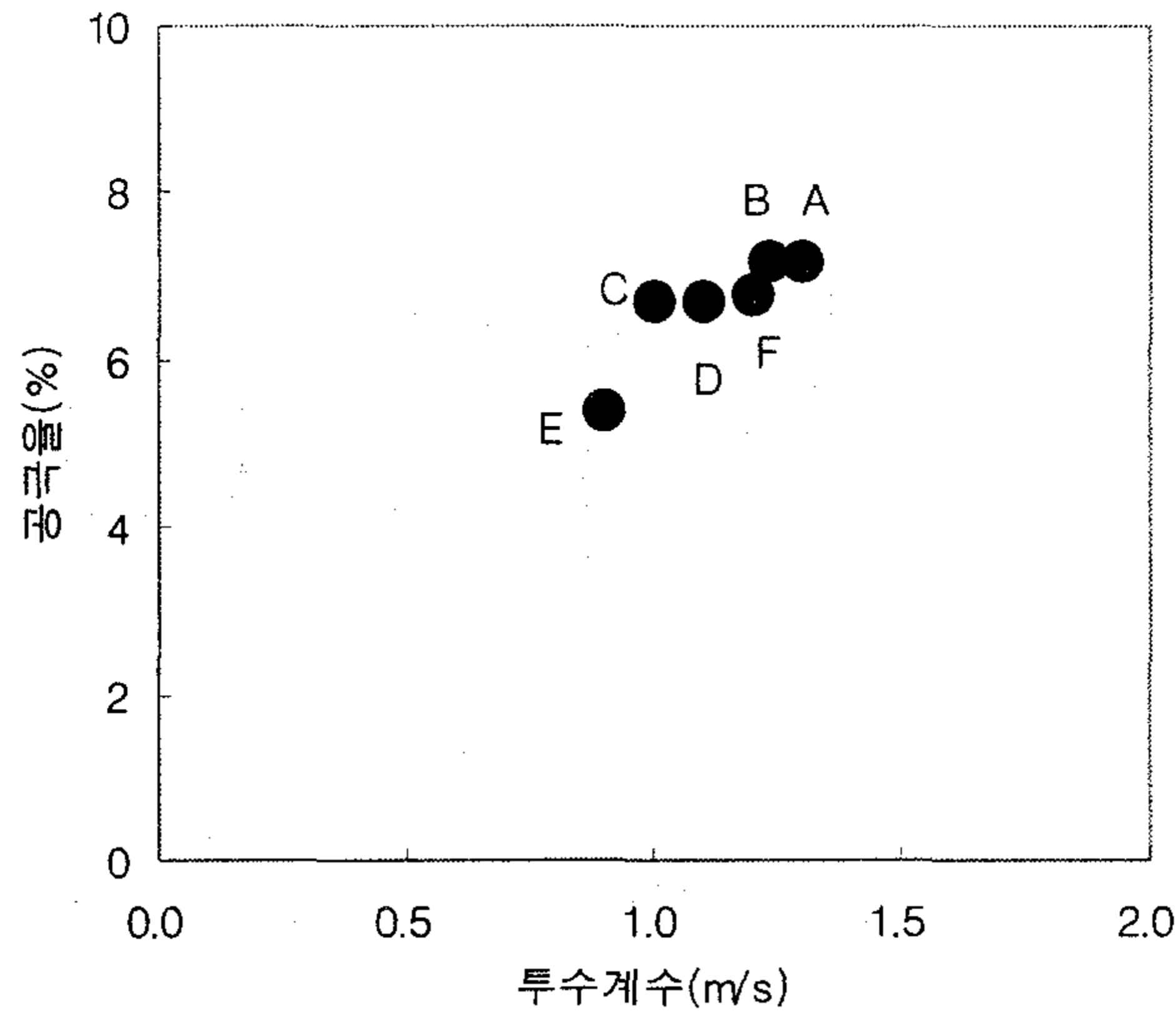




<그림 3-34> 콘크리트 식생블럭계 종류에 따른 투수계수 비교

(3) 콘크리트 코어의 투수계수와 공극률 관계

일반적으로 투수계수와 공극률과의 관계는 상당히 밀접한 관계가 있다. <그림 3-35>는 투수계수와 공극율과의 관계를 나타낸 것이며 그림에서 보는 바와 같이 공극률이 증가할수록 투수계수도 증가하는 경향을 실험을 통하여 알 수 있었다. 이러한 이유는 골재와 결합재 사이의 간격이 작을수록 입자사이가 조밀하게 이루어져 수밀성이 커져서 투수계수가 작게 나타나는 것이다. 이러한 공극율과 투수계수의 상관관계는 콘크리트 식생블럭계에서 식물이 생육관계와 배면에서 침출하는 유수를 어느 정도 빨리 배출할 수 있게 하는가를 평가할 수 있는 평가지표로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 3-35> 공극율과 투수계수 상관관계

### 11) 콘크리트 코어 동결융해시험

#### (1) 실험개요

내구성지수를 평가하기 위하여 KS F 2456 (급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항시험방법)에 따라 실험을 하였으며, 일반적인 장치구분은 다음과 같다. 동결융해 장치는 공시체가 소정의 동결융해 사이클을 받는 데 적당한 체임버, 동결 및 가열장치 고정의 요구 온도 하에서 연속적이고 자동적으로 재현성 사이클을 발생시킬 수 있는 장치로 구성하였다. 정상적인 동결융해 사이클은 공시체의 온도를 2시간 내지 4시간 사이에서 교대로, 4℃에서 -18℃로 떨어뜨리고, 다음에 -18℃에서 4℃로 상승시키는 것이다. 총시간의 20%보다 적게 사용해서는 안 된다. 냉각시간이 끝나는 순간의 공시체의 중심온도는  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ 이어야 하며, 가열시간이 끝나는 순간의 온도는  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 이어야 하고, 언제라도 공시체의 온도가  $-19^\circ\text{C}$ 이하 또는  $6^\circ\text{C}$  이상이 되어서는 안 된다고 규정 되어 있다. 임의의 공시체 중심에서의 온도가 3℃에서  $-16^\circ\text{C}$ 로 떨어지는데 소요되는 시간은 냉각시간의 1/2이하가 되어서는 안 되고, 또  $-16^\circ\text{C}$ 에서 3℃로 상승하는데 소요되는 시간은 가열시간의 1/2이하가 되어서는 안 된다. 상호 비교를 목적으로 하는 공시체에서는 임의의 공시체의 중심 온도가 2℃에서  $-12^\circ\text{C}$ 로 변화하는데 소요되는 시간이 다른 공시체에서 소요되는 시간이 다른 공시체에서 소요되는 냉각시간의 1/6 이상 차이가 나서도 안 된다. 또, 임의의 공시체의

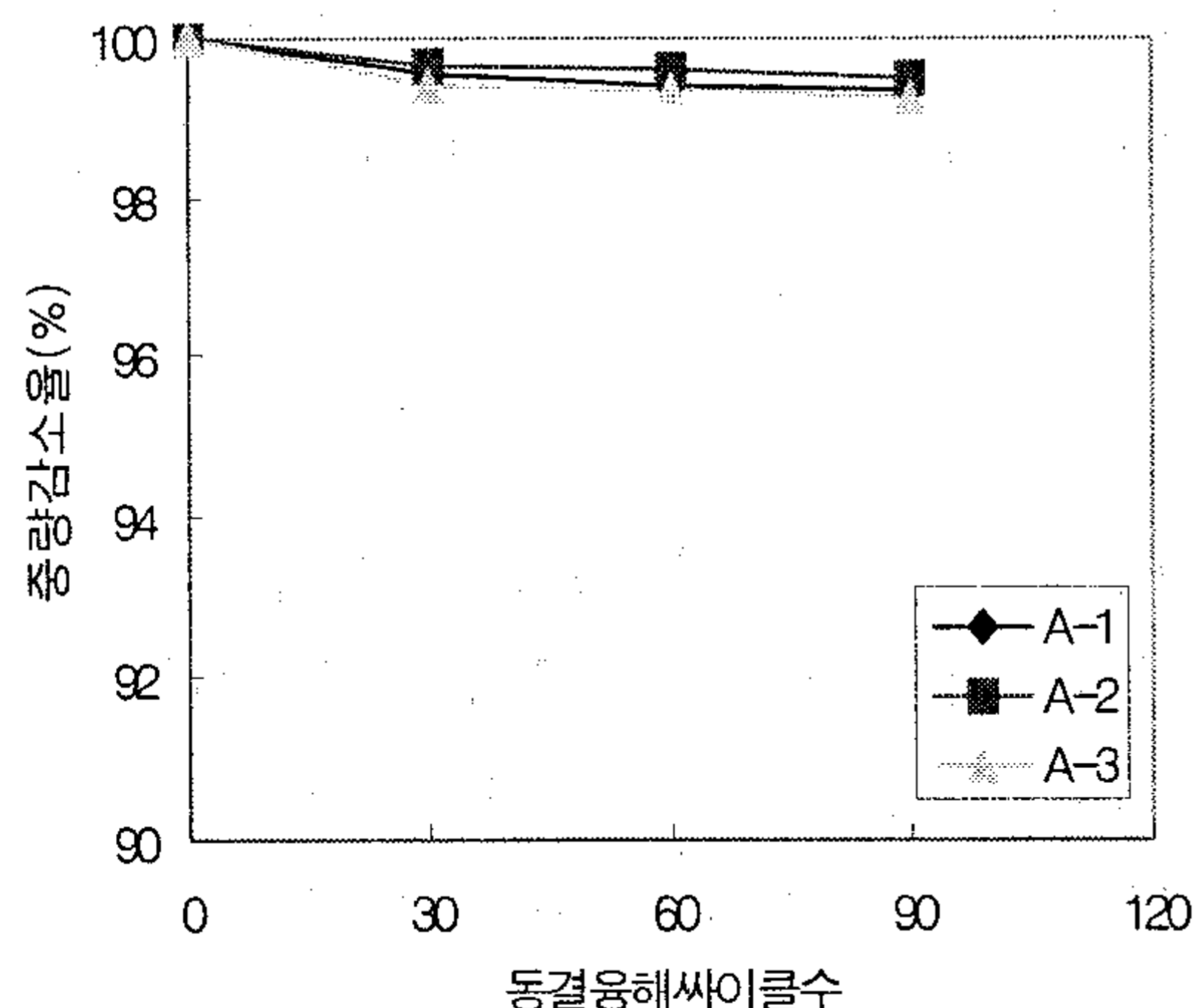
중심 온도가  $-12^{\circ}\text{C}$ 에서  $2^{\circ}\text{C}$ 로 변하는데 소요되는 시간이 다른 공시체에서 소요되는 가열 시간의 1/3이상 차이가 나서는 안 된다. 장치 내에서 공시체의 저항 하중을 일정하게 유지하면 쉽게 균등한 온도와 시간조건을 조절 할 수 있다. 공시체의 저항 하중을 이용할 수 없을 경우에는 빈 공간을 임의의 모조 공시체로 채워야 한다. 또한 공시체의 중심과 표면의 온도차는 항상  $28^{\circ}\text{C}$ 를 초과해서는 안 된다. 동결융해에서 상태가 바뀌는 순간의 시간이 10분을 초과해서는 안 된다고 되어 있다.

특별히 다른 재령으로 규정되어 있지 않는 한, 공시체는 14일간 양생한 후 동결융해 시험을 시작하였다. 동결 상태의 초기에 용해수 내에 공시체를 넣고 동결융해 시험을 시작한다. 동결융해 사이클이 360사이클을 초과하지 않는 범위의 간격으로 용해 상태에서 장치로부터 공시체를 꺼낸다. 다음에 바로  $6\pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 온도 조건하에서 가로 1차 주파수 시험을 하고, 무게를 단 후 다시 시험 장치내로 옮겼다. 공시체가 온전히 용해상태에 있는지, 그리고 어떤 특정 온도 조건으로 조절 수조 내에 놓여있는지를 확인하고, 또한 용해 사이클이 끝날 때까지 시험 중인 각 공시체 전체가 이런 상태가 되도록 공시체를 충분히 동결해 시험기 내에 두었는지를 확인한다. 공시체를 장치에서 꺼낸 동안 함수량의 손실이 없도록 보호하고, 다시 넣을 때는 양끝이 반대가 되도록 돌려놓는다. 각 공시체는 100사이클이 될 때까지 시험을 실시하였다. 1차 진동 주파수 시험은 공시체마다 매번하며, 또한 육안으로 관측한 공시체의 상태를 기록하고, 그 기록지에 나타난 결점에 대한 평가도 기록하였다. 본 실험에서는 콘크리트 내에 공극이 많이 형성되어 있어 상대동탄성계수 실험은 실시하지 못하였고 일정 싸이클수에 따른 무게감소량을 측정하여 100싸이클이 되는 순간에 압축강도를 실험하여 압축강도 중량감소율을 구하는 방식으로 하였다.

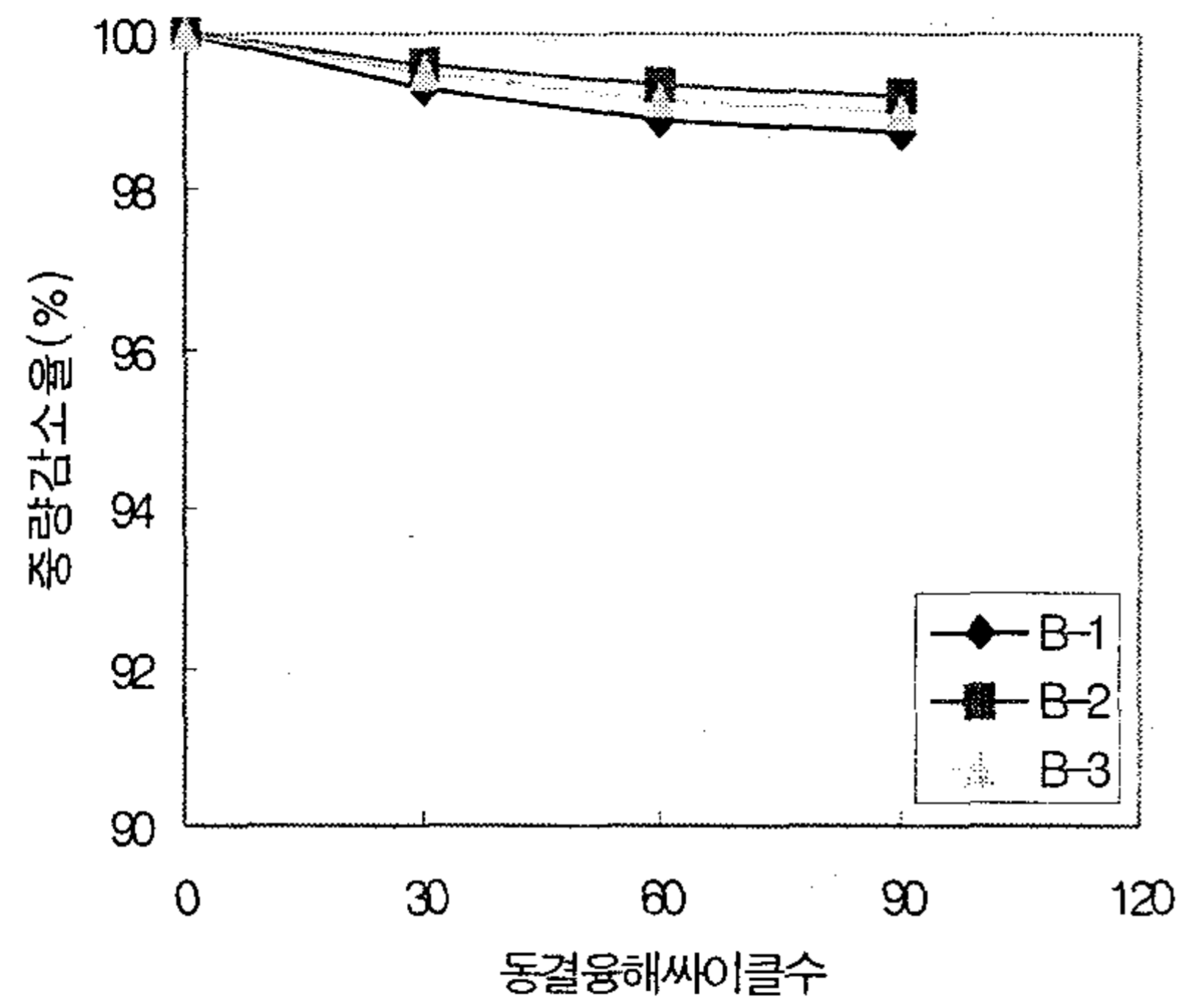
## (2) 결과 및 고찰

현재 국내에서 콘크리트 식생블럭계의 내구성에 관한 연구는 아직 미흡한 상태이지만 콘크리트 식생블럭계는 다량이 공극이 존재하여 이 공극내로 수분이 유입되면 동결팽창압으로 인해 일반 시멘트 콘크리트에 비하여 동결융해 저항성이 상당히 낮게 나타나는 것으로 밝혀지고 있다. 특히 농촌종합개발을 위한 친환경 소재를 사용할 경우 물과 많이 접촉하는 구조물의 경우는 동결융해 저항성이 우수한 소재를 잘 선택하여 시공하여야 한다. <그림 3-36>부터 <그림 3-41>까지는 콘크리트 식생블럭계의 종류에 따른 동결융해싸이클수와

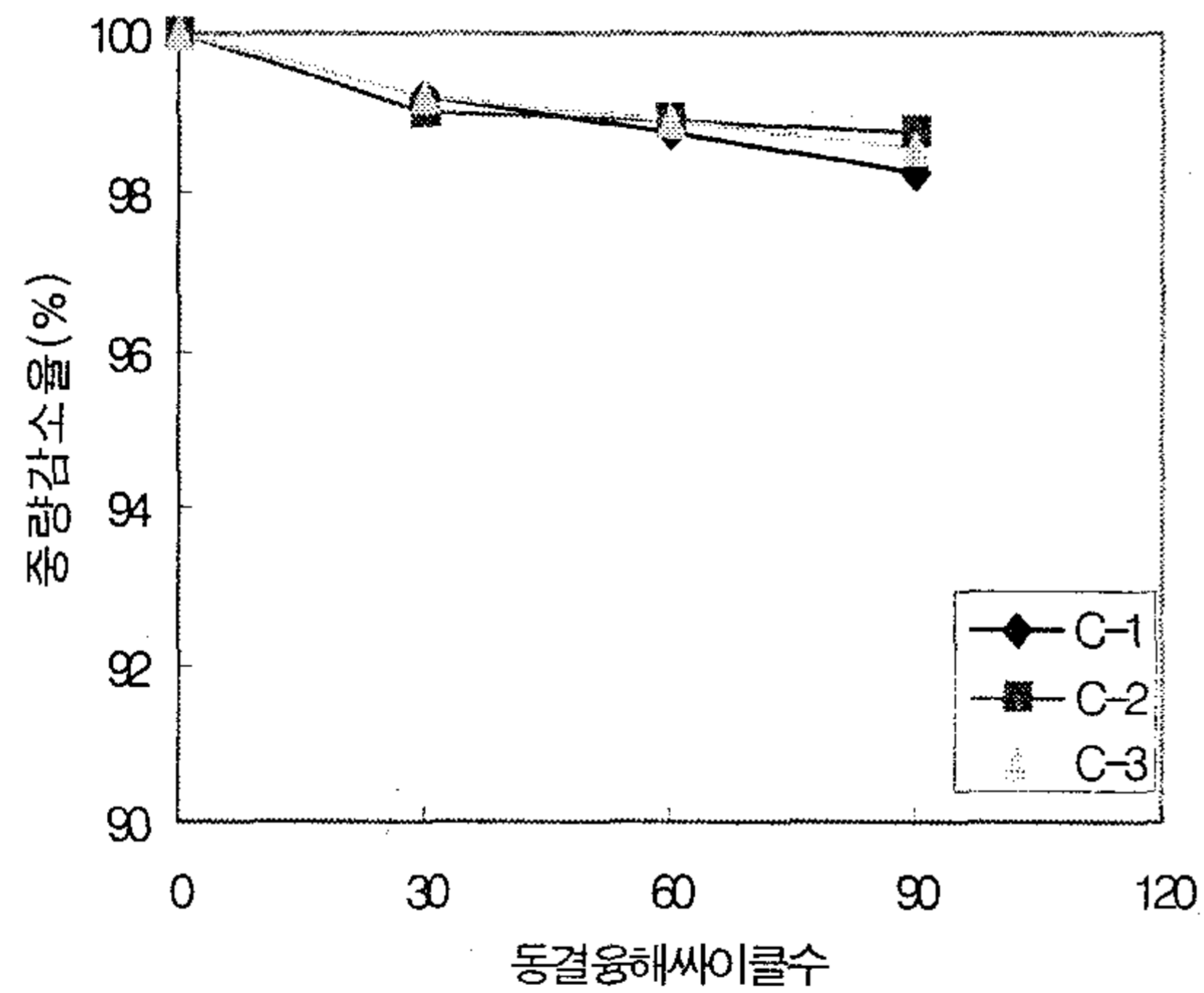
중량 감소율을 나타낸 것이다. <그림 3-36>에서부터 <그림 3-40>까지의 동결융해사이클수에 따른 중량감소율을 분석해보면 100사이클까지 중량감소율은 10 % 이내로 나타났다. 하지만 <그림 3-41>의 경우에는 30 사이클과 60 사이클에서 모두 파괴가 발생하였는데 이러한 이유는 식생블럭계의 재료요소가 황토가 30 %, 마사황토 55 %, 무기질 결합재 15 %로 이루어져 콘크리트 식생블럭계보다 작은 사이클수에서 동결융해 파괴시 발생한 것으로 보인다. 기존 문헌에 따르면 동결융해저항성에 대해서는 수중동결 수중융해법이 기중동결 수중융해법에 의한 저항성이 낮은 것으로 나타나고 있는데 이러한 이유는 공극 내의 얼음의 팽창압을 직접받기 때문이라고 보고하고 있다. 본 실험에서는 수중동결 수중융해법을 사용하였기 때문에 동결융해 저항성이 급속하게 이루어진 것으로 판단된다. 본 실험의 결과를 분석해 보면 콘크리트 식생블럭계를 물과 많이 접하는 곳에 적용하는 경우에는 상당한 주의가 요망된다고 할 수 있다. 콘크리트 식생블럭계의 내구성면에서 또 하나 고려되어야 할 사항은 식물의 뿌리에서 용출되는 산과 보수성 충전물 및 뿌리의 썩음에 의해 생성되는 유기산에 의한 것이다. 아직까지는 그에 대한 실험보고가 미흡한 편이지만 식물이 성장하는 상태에서의 동결융해로 인한 강도저하는 식물이 활착할 수 있는 1년 정도까지는 큰 무리가 없다고 학회에 보고되고 있다. 따라서 본 실험을 통하여 콘크리트 식생블럭계의 대부분은 내구성면을 고려할 때 동결융해에 의한 중량감소율은 10 %이내가 되어야 한다고 판단된다.



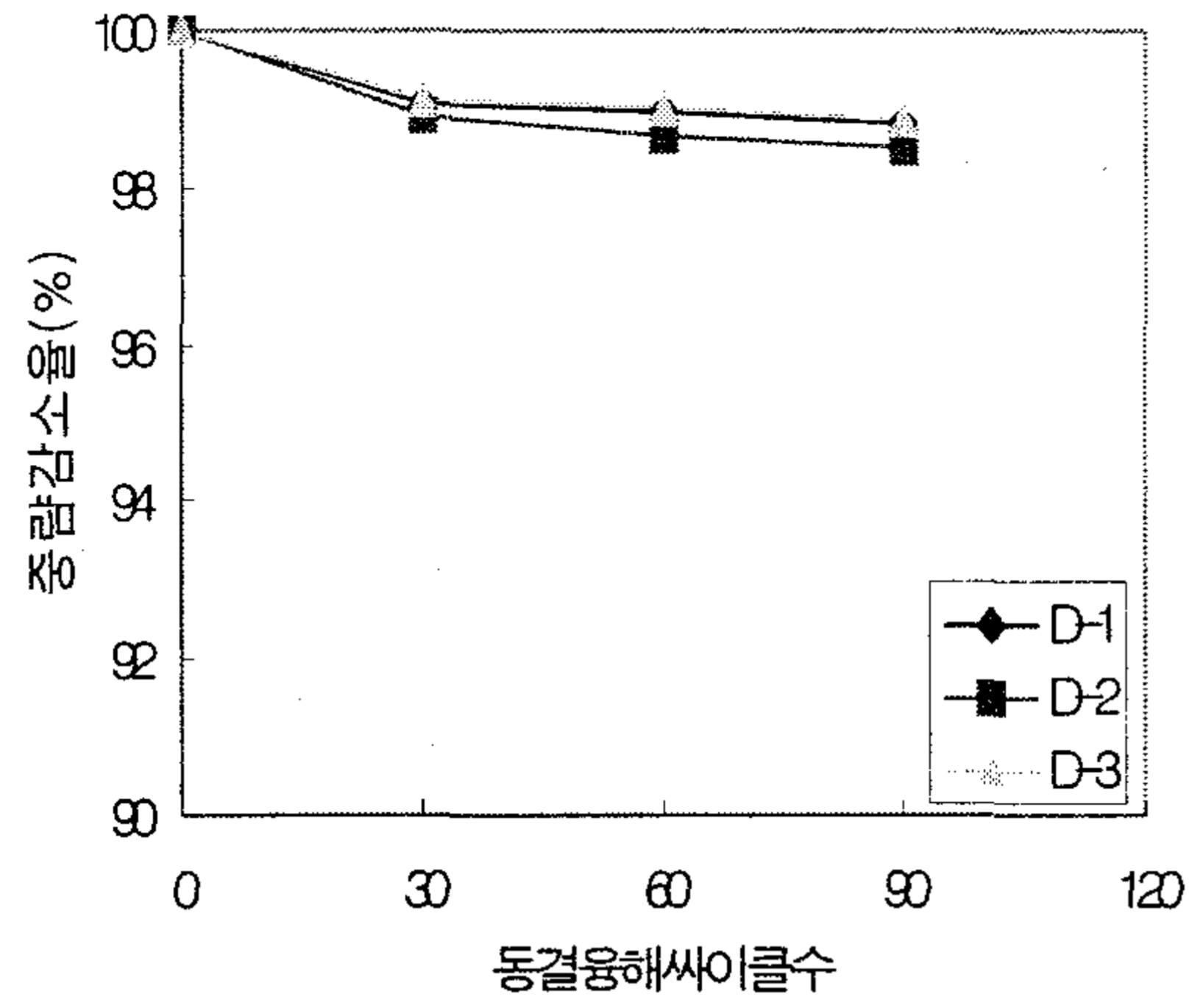
<그림 3-36> 콘크리트 식생블럭계 A시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계



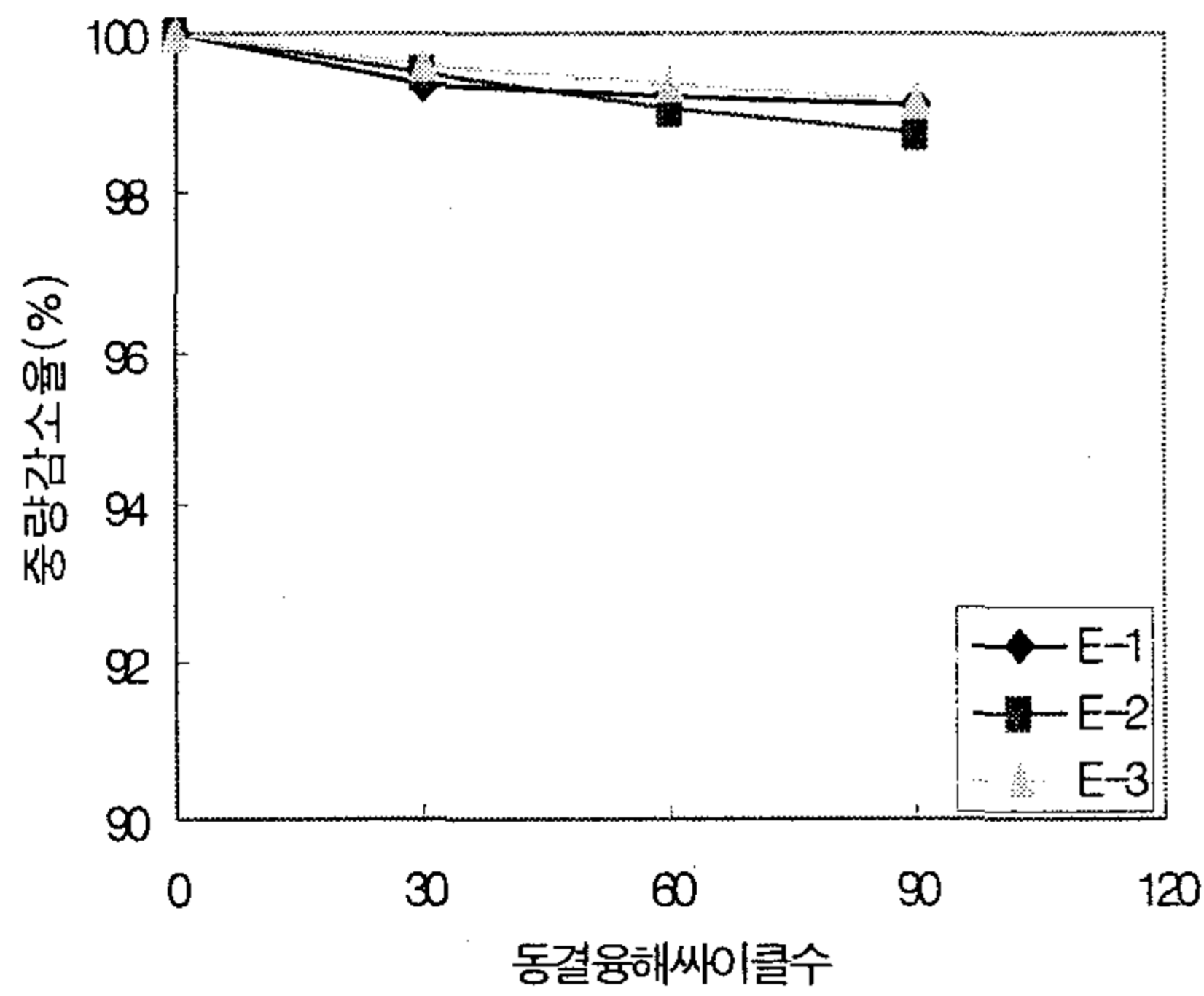
<그림 3-37> 콘크리트 식생블럭계 B시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계



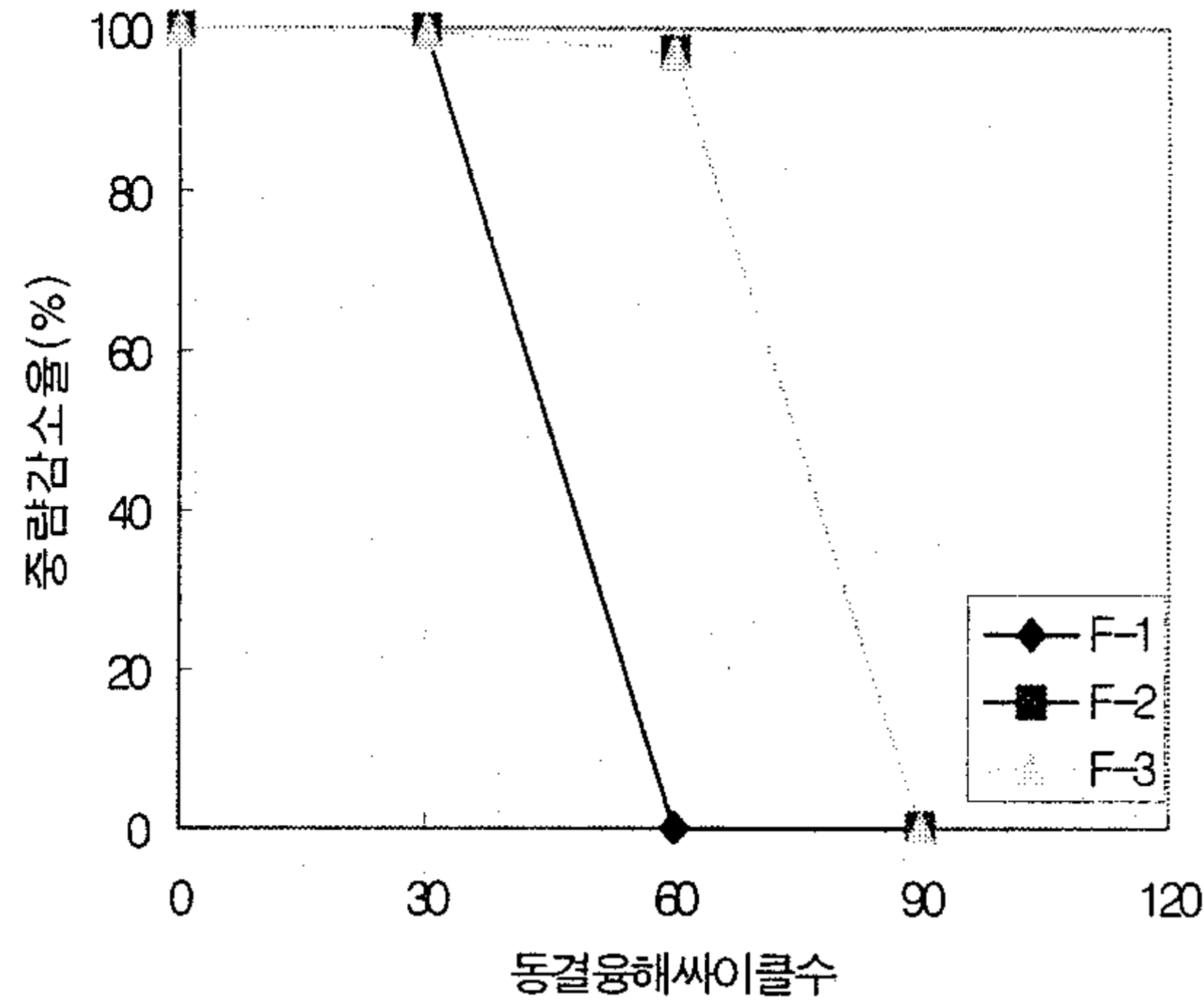
<그림 3-38> 콘크리트 식생블럭계 C시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계



<그림 3-39> 콘크리트 식생블럭계 D시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계

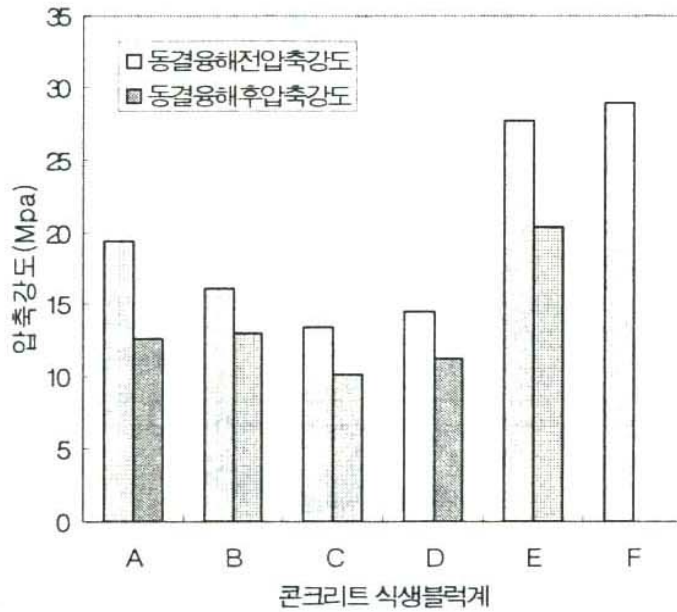


<그림 3-40> 콘크리트 식생블럭계 E시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계



**<그림 3-41> 콘크리트 식생블럭계 F시험체의 동결융해사이클수와 중량감소율 관계**

<그림 3-42>는 동결융해 전후 콘크리트 식생블럭계의 압축강도를 비교한 것으로 동결융해 100 사이클후에 압축강도를 측정하는 것이 동결융해전 압축강도보다 A 시험체의 경우는 약 34 % 낮게 나타났고 B시험체는 19 %, C시험체는 24 %, D 시험체는 22 %, E시험체는 22 %로 나타남을 알 수 있다. F 시험체의 경우는 30 ~ 60 사이클에서 파괴가 일어나 비교를 할 수 없었다. 따라서 본 실험에서 얻어진 결과는 동결융해 후의 강도가 약 20 ~ 34 % 정도의 범위에서 적게 나타나는 경향을 나타내고 있다. 농촌종합개발에 사용되는 콘크리트 식생블럭계의 경우 본 실험을 통하여 본 결과 내구성을 평가하기 위해서는 동결융해 후의 압축강도가 동결융해전 압축강도보다 강도감소율이 약 30 % 이내에 있으면 적절할 것으로 판단된다.



<그림 3-42> 동결응해 전후 압축강도 비교

### 3.3.3 안전성

내하력(안전성) 확인을 위한 품질관리기준으로는 로트별 임의의 제품을 샘플링을 하여 내하력 검사하는데 내하력 검사는 토압, 수압등 외력에 저항하기 위한 외력저항 휨강도( $P_{\sigma_1}$ ), 설계기준강도, 단면치수에 따른 공칭저항 휨강도( $P_{\sigma_2}$ ), 샘플제품 시험시 측정된 휨강도( $P_{\sigma_3}$ )의 대소관계를 분석하여 검사하는 과정을 거치게 된다. 품목별, 규격별 외력저항 휨강도( $P_{\sigma_1}$ ) 결정은 제품특성(작용하중조건 등)을 고려하여 가장 위험한 단면에 나타나는  $P_{\sigma_1}$ 은 합리적인 방법으로 품목별, 규격별로 결정해야 할 것이다.  $P_{\sigma_1}$ 은 다음과 같은 방법으로 결정할 수 있다. <그림 3-43>은 공칭저항 휨강도 산정을 위한 그림을 나타낸 것이다.

$$P_{\sigma_1} = 4I \sum_{i=1}^5 (H_i \times y_i) \div l_{\sigma} \quad (\text{배면 지하수위가 일반적인 경우})$$

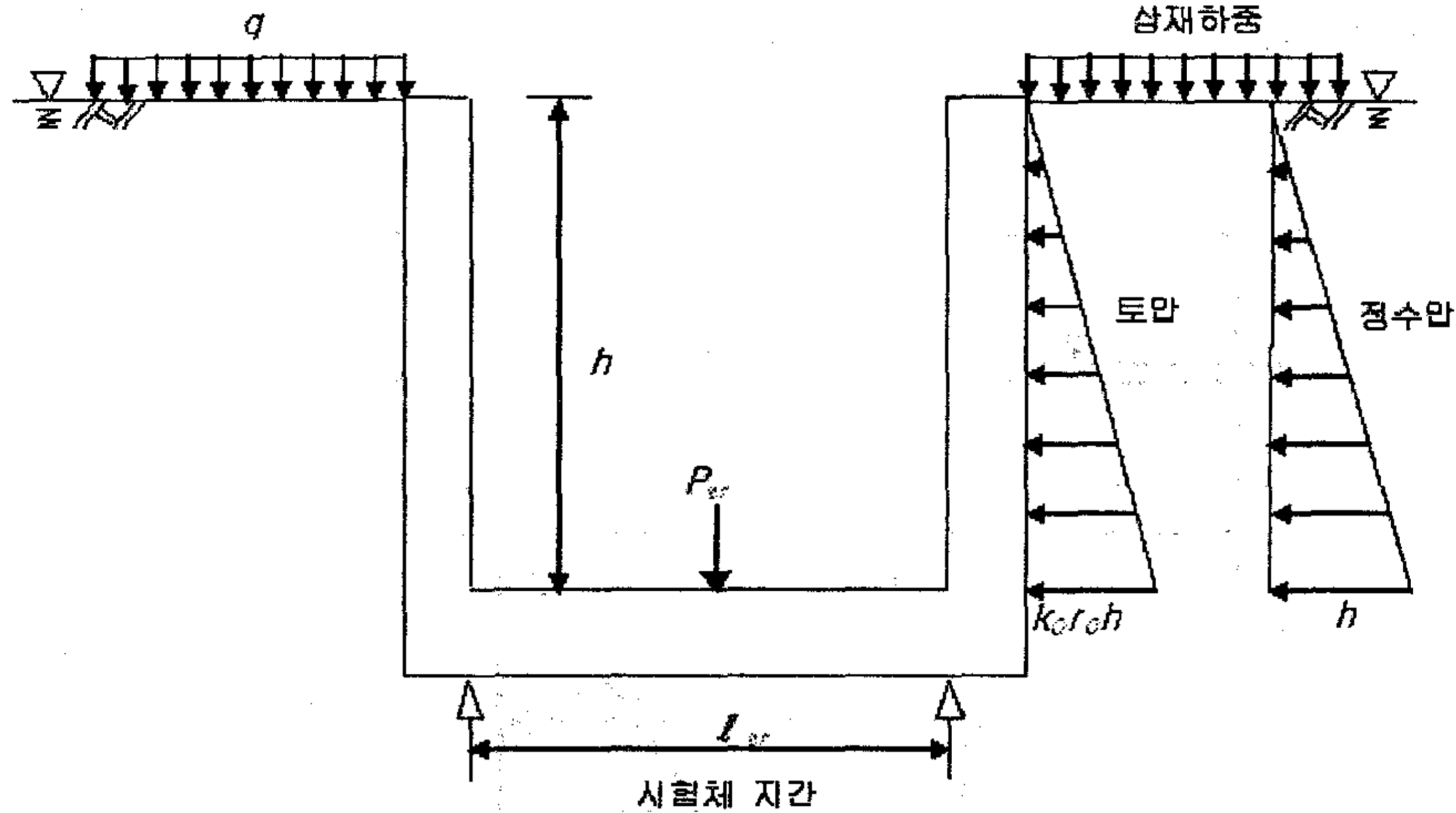
$$P_{\sigma_1} = 4I \frac{h^3}{6} (1 + k_0 r_0) + \frac{h^2}{2} k_0 d \div l_{\sigma} \quad (\text{지표까지 지하수로 포화된 경우})$$

여기서,  $k_0$  : 배면 흙의 정지토압계수 (=  $1 - \sin\phi$ , 보통 흙은 0.5 표준)

$r_0$  : 흙의 수중단위중량( $t/m^3$ , 조사설계기준에 따름, 보통 흙은 1.0)



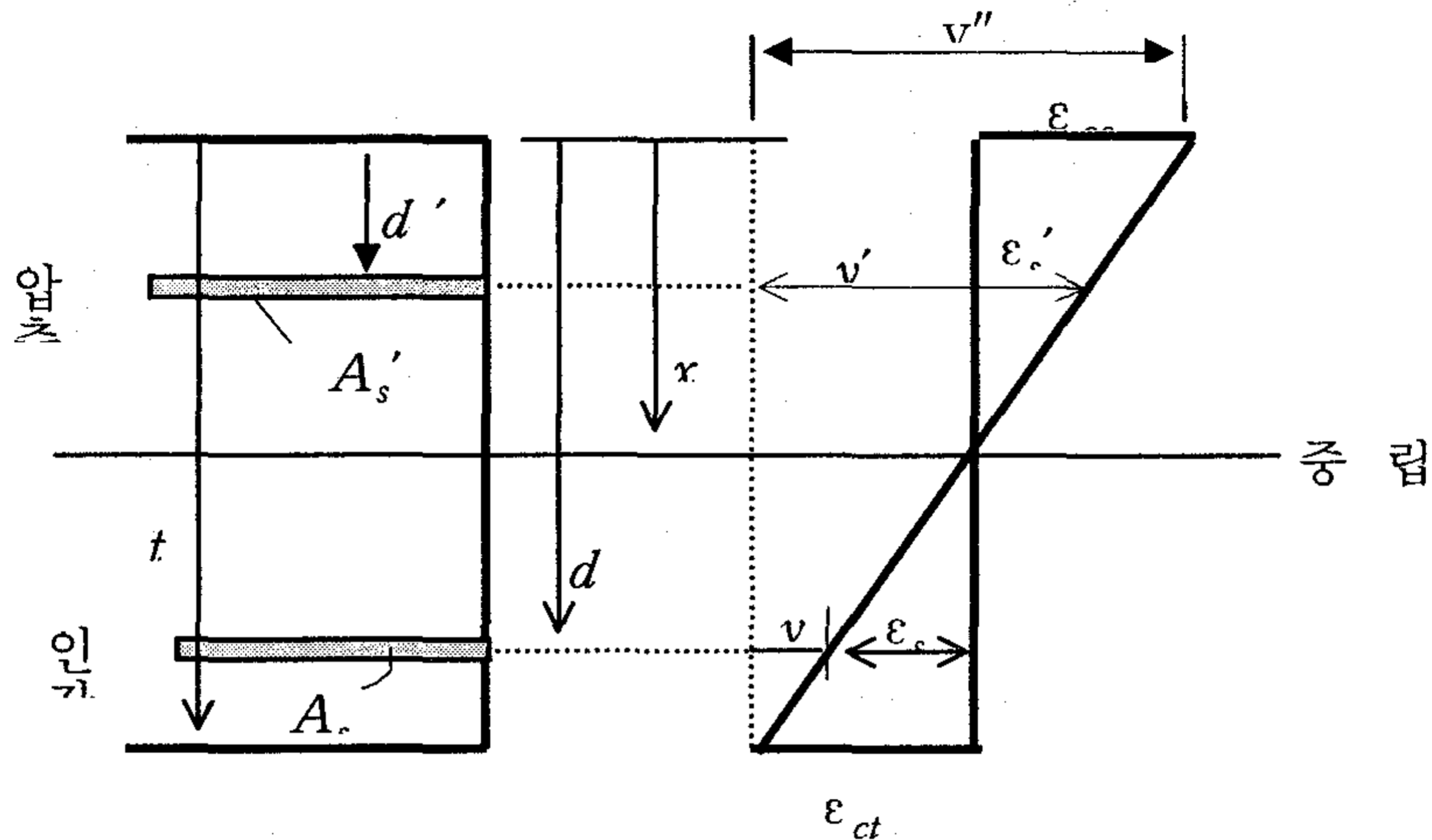
- $l$  : 휨강도 시험체의 종방향 길이(m)
- $l_{cr}$  : 휨강도 시험체의 지간거리(m),  $h$  : 배면토 깊이(m)
- $q$  : 등분포 상재하중(t/m) (조사설계실무요령 준수, 보통 0.7 t/m 적용)



<그림 3-43> 공칭저항 휨강도 산정

품목별, 규격별 공칭저항 휨강도( $P_{cr2}$ ) 결정은 해당 부서장이 제품특성(작용하중조건 등)을 고려하여 가장 위험한 단면에 배근된 철근(선)량과 단면두께 및 설계기준강도를 고려하여 해당 부서장이 합리적인 방법으로 품목별, 규격별로 결정하여야 한다. 내구성을 고려한 설계기준강도는 270 kg/cm<sup>2</sup> 를 표준으로 할 것이다. 단, 다공성 콘크리트 제품이 동결융해시험(KS F 2456) 결과 내구적이라고 공인받아 제조사가 설계기준강도 크기 변경을 요구하는 경우 변경 가능하도록 할 것이다.  $P_{cr2}$ 와  $P_{cr1}$  사이에는  $P_{cr2} \geq S.F(\text{안전율}) \times P_{cr1}$ 의 관계가 있어야 하며, 보통 안전율(S.F.)는 1.5 ~ 2.0사이에 있는 것이 경제적인 단면이라고 판단된다. 공칭저항 휨강도 ( $P_{cr2}$ )는 다음을 참고하여 합리적 방법으로 정할 수 있어야 한다. 비 KS 조립식 제품의 형상, 치수, 설계기준강도, 매설 철근량 등이 다양하므로 제품특성(작용하중조건 등)을 고려하여 가장 위험한 단면에 나타나는 공칭저항 휨강도( $P_{cr2}$ )를 합리적인 방법으로 품목별, 규격별로 결정하여야 하며 업체가 특별히 요구하는 경우가 아니면  $f_{ck} = 270\text{kg/cm}^2$  (설계기준강도)과 배근된 철근(선)량 및 단면두께 등을 고려하여 탄성이론을 사용하여 합리적으로 결정하여야 하는 방법을 강구하여야 한다. 다공성 콘크리트 제품이 동결융해시험(KS F 2456) 결과 내구적이라고 공인받아 업체가 설계기준강도 크기 변경을 요구하는 경우 변경 크기를 적용 가능하다. 휨강도

시험체 두께가 종(길이)방향으로 균일한 경우 제품 전체를 시험체로 하여 휨강도시험을 하며, 종(길이)방향 두께가 균일하지 않은 경우 균일한 두께가 확보되도록 제품 일부(시료)를 채취하여 휨강도시험을 실시할 것을 전제로  $P_{\sigma_2}$  결정하여야 한다.



<그림 3-44> 콘크리트의 등가직사각형 응력블럭

$$P_{\sigma_2} = \phi \left[ \frac{4 f_{bt} \cdot I_g}{l_{\sigma} m (t-x)} \right]$$

여기서,  $f_{bt}$  : 콘크리트의 허용휨인장응력 (=  $0.3 f_{ck} = 0.12 f_{ck}$ )

$$I_g = \frac{l}{3} \times [x^3 + m(t-x)^3] + n A_s \times (d-x)^2 + n A'_s \times (d-x)^2$$

$l$  : 휨강도 시험체의 종방향 길이 (2m 길이 제품시험의 경우 2m)

$l_{\sigma}$  : 휨강도 시험체의 지간거리,

$f_{ck}$  : 콘크리트 설계기준강도

$x$  : 중립축거리,  $d$  : 단면 유효깊이,  $t$  : 단면 전 깊이

$A'_s$  : 휨강도 시험체의 종방향 길이 전체에 매입된 압축철근 단면적

$A_s$  : 휨강도 시험체의 종방향 길이 전체에 매입된 인장철근 단면적

$n$  : 철근의 탄성계수/콘크리트 압축탄성계수 (=9)

$m$  : 콘크리트 인장탄성계수/ 콘크리트 압축탄성계수 (=0.6)

$\phi$  : 품질변동에 따른 감소계수 (=0.9)

$P_{\sigma_2}$  계산은 Excel 등의 프로그램 이용 가능하도록 하였다.

(표 3-23) 공칭저항 휨강도 산정 프로그램

구 분		기호	단위	계산결과	
입력변수	단면두께	t	mm	40	
	철근 피복두께	d'	mm	10	
	인장철근	직경		mm	40
		본수		Ea	16
	압축철근	직경		mm	0
		본수		Ea	0
	휨시험체 폭	l	cm	200	
	휨시험체 지간길이	l <sub>σ</sub>	cm	15	
콘크리트 설계기준강도	f <sub>ck</sub>	kgf/cm <sup>2</sup>	270		
콘크리트	압축탄성계수비	m	-	0.6	
	인장탄성계수비	n	-	9	
	허용압축응력		kgf/cm <sup>2</sup>	108	
	휨인장강도		"	32	
중립축	중립축거리	x	cm	1.781	
축하중	축하중 합계		kg	7.0	
상연단을 중심한 저항모멘트	합계 1)		kg · cm	20,216	
단면2차 모멘트			cm <sup>4</sup>	840.6	
저항모멘트	계산 2)	M <sub>cr</sub>	kg · cm	20,203	
휨하중(P <sub>cr</sub> ) 이론치	합계 1)		kg	5,390	
	계산 2)		kg	5,387	
	평균		kg	5,389	
품질변동율			%	90	
휨하중(P <sub>cr</sub> )		기준	kg	4,850	

샘플제품 시험을 통한 휨강도( $P_{\sigma_3}$ ) 결정할 수 있는데 로트별로 샘플링한 제품, 필요시 제품에서 시험편 채취하여 시험시 관측된 휨강도 크기를 결정한다. 단  $P_{\sigma_3}$ 와  $P_{\sigma_2}$  사이에는  $P_{\sigma_2} \geq P_{\sigma_1}$ 의 관계가 있어야 한다.

내하력 검사시험 방법은 휨강도검사시험, 코어강도 검사시험 및 기타방법에 의한 검사시험방법 등을 품목의 특성에 따라 선정할 수 있게 하였다. 휨강도

검사는 콘크리트와 철선 또는 철근의 품질까지 동시에 측정하므로 내하력검사 방법으로서 가장 우선 적용하는 방법이다. 샘플기준은 로트별, 품목별, 규격별 500본 정도로 임의 1개 제품을 샘플링 하여 실험을 실시한다. 검사방법은 샘플링한 제품(필요시 제품에서 시험편 채취)을 대상으로 휨강도 시험을 실시한다. 검사기준은  $P_{cr_1}$ ,  $P_{cr_2}$ ,  $P_{cr_3}$ 가 다음 2 조건을 동시에 만족하면 로트 전체를 합격처리 할 수 있다

$$\textcircled{1} P_{cr_2} \geq S.F_1 (=1.5) \times P_{cr_1}, \quad \textcircled{2} P_{cr_3} \geq P_{cr_2}$$

코어강도 검사는 철근(또는 철선)의 품질(위치, 간격, 직경 등)을 판정하지 못하고 단지 콘크리트의 품질판정에 불과하므로 휨강도검사가 불가능한 또는 무의미한 품목에 한하여 적용할 수 있다. 샘플방법은 로트(품목별, 규격별 500본)별 임의 1개 제품을 샘플링하고 시험방법은 샘플링한 제품별에서 3개 코어를 채취하여 콘크리트의 압축강도 시험을 한다. 이때 코어형상은 달리 정해진 경우를 제외하고 1(직경) : 2(높이) 비율의 원형코어를 표준으로 하여 시험하여야 한다. 이는 콘크리트 표준시방서에 명시되어 있다. 콘크리트의 압축강도는 코어의 압축강도를 시험한 결과, 다음 2개 조건을 동시에 만족하면 콘크리트의 압축강도는 설계기준강도와 동일한 것으로 간주한다.

- ① 각각의 코어 압축강도는 설계기준강도의 75% 이상
- ② 3개 코어 압축강도의 평균치는 설계기준강도의 85% 이상

철근(철선)의 품질 : 철근의 위치, 간격, 직경, 항복강도 등의 품질은 필요시 검사하되, 육안·장비·사진 등 기록물로 확인 하여야 한다. 검사기준은 다음 2 조건을 동시에 만족하면 로트 전체를 합격처리 할 수 있다.

①  $P_{cr_2} \geq S.F_1 (=1.5) \times P_{cr_1}$ ,  $P_{cr_2}$ 는 콘크리트의 설계기준강도, 확인된 철근(철선)의 품질을 고려하여 추정

② 코어압축강도로부터 추정한 콘크리트의 압축강도가 설계기준강도와 동일  
 기타검사방법으로서 테스트햄머에 의한 반발경도 시험방법(KS F 2730)가 있으나 철근(또는 철선)의 품질을 판정하지 못하고 단지 콘크리트의 품질판정에 불과하고, 또한 코어강도검사에 비해 오차도 크므로 코어강도에 의한 콘크리트 품질검사마저도 곤란한 경우에 한해서 적용한다. 샘플방법은 로트(품목별, 규격별 50본)별 임의 2개 제품을 샘플링하고 시험방법은 샘플링한 제품 2개에서 KS F 2730에 의한 압축강도를 확인할 수 있다. 콘크리트의 압축강도

는 샘플제품별 콘크리트의 압축강도 추정치 2개 각각이 모두 설계기준강도 이상이면 콘크리트의 압축강도는 설계기준강도와 동일한 것으로 간주하고 철근(철선)의 품질은: 철근의 위치, 간격, 직경, 항복강도 등의 품질은 필요시 검사하되, 육안·장비·사진 등 기록물로 확인이 가능하다. 검사기준은 다음 2 조건을 동시에 만족하면 로트 전체를 합격처리

①  $P_{\sigma_2} \geq S.F_1 (=1.5) \times P_{\sigma_1}$ ,  $P_{\sigma_2}$ 는 콘크리트의 설계기준강도, 확인된 철근(철선)의 품질을 고려하여 추정

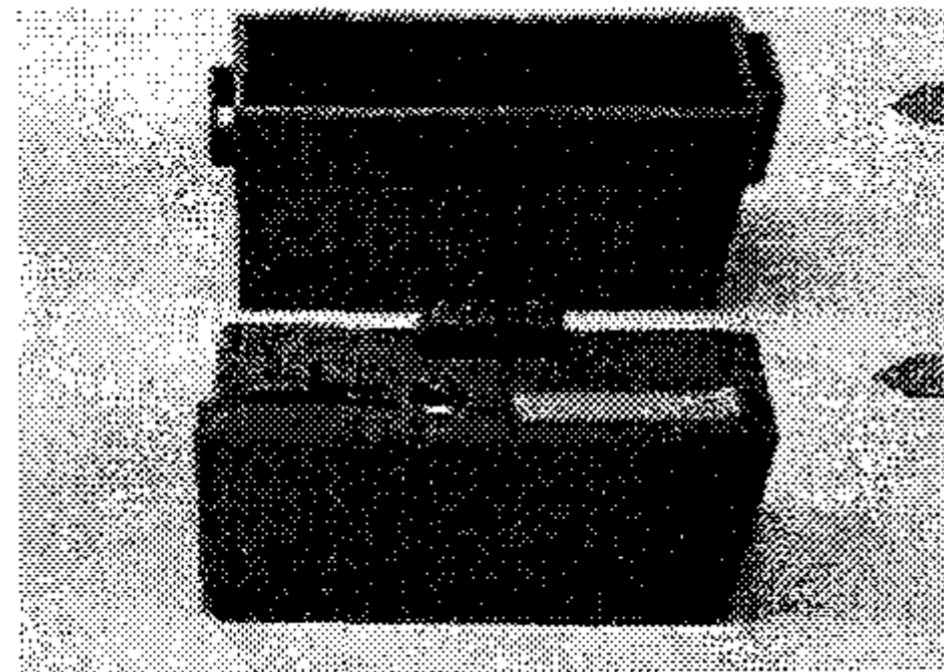
② 샘플제품의 콘크리트의 압축강도 2개가 모두 설계기준강도 이상

### 1) 내구성 확인을 위한 품질관리기준

매 제품마다의 양생품질, 재료품질, 배합품질 확인을 통해 내구성 검사하여야 한다. 특히 양생 품질관리기준은 제품 하나 하나 마다 다음 4가지 조건 동시 만족시키도록 증기양생실의 온도를 생산업체에서는 관리를 하여야 한다. 증기양생 제품의 경우 초기양생이 상당히 중요한데 사전양생시간은 상온에서 2시간 이상이어야 하고 온도 상승속도는 최고온도까지 20°C/hr 이하로 상승하도록 하여야 한다. 그리고 양생시 최고온도는 탈형시 소요강도 발현 및 휨강도 시험시 소요강도가 나타나도록 65°C 기준(허용오차 ±15°C)으로 일정시간 유지하고 온도 하강속도는 최고온도부터 20°C/hr 이하로 상온까지 하강시켜야 한다. 품질검사방법은 제품하나 하나마다 양생품질을 신뢰성 있게 검사할 수 있어서 농어촌정비공사 전문시방서 2-3-4에 규정된 양생온도이력검사시험기기를 사용한 양생품질검사 방법을 우선 적용하여야 한다. 양생과정의 입회를 통한 양생품질 검사방법 등과 같이 더욱 신뢰성 있게 제품하나 하나의 양생품질을 검사할 수 있다고 합리적으로 검증된 방법이 있으면 사용이 가능하다.

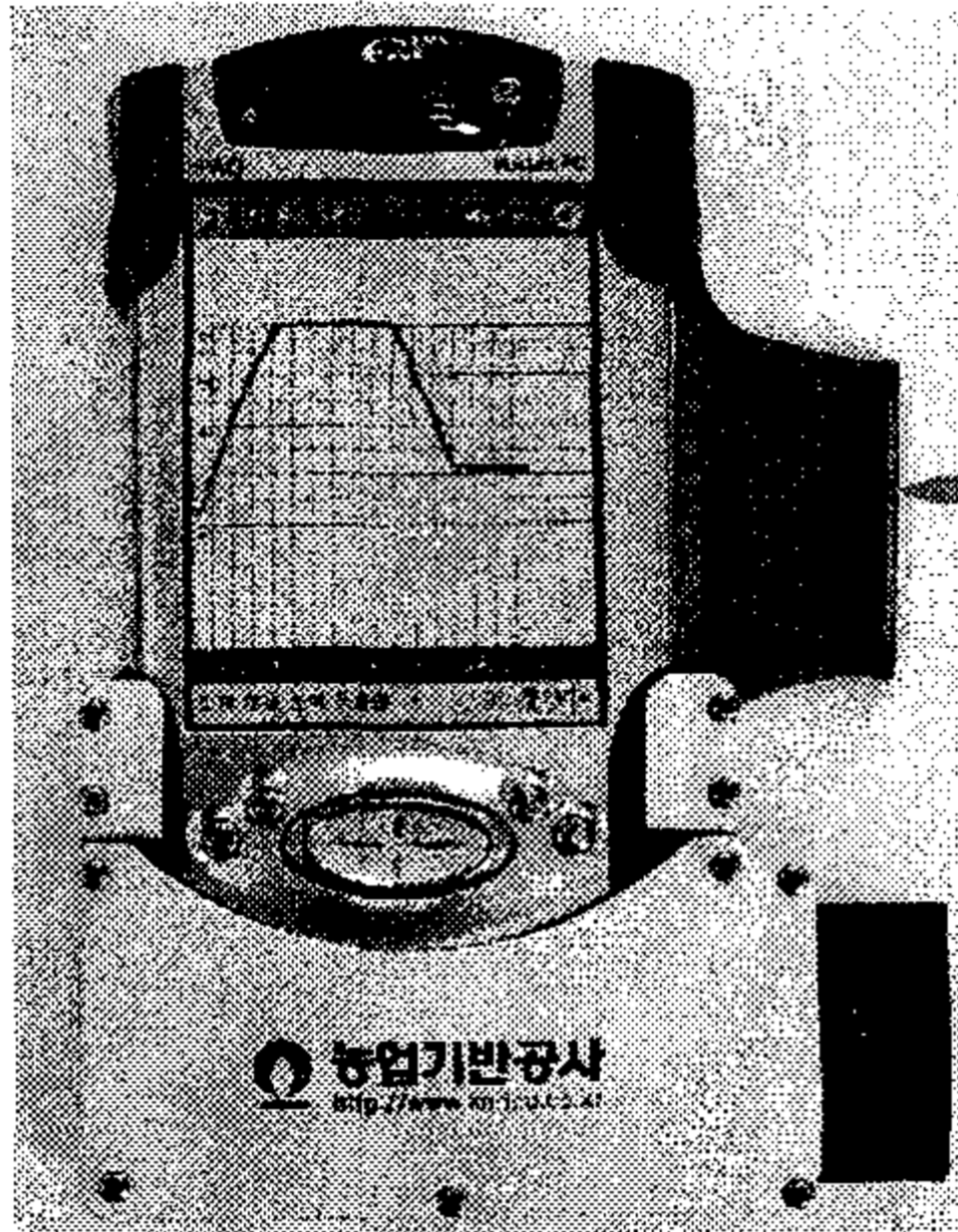
양생온도이력검사시험기기(EM 2004-012) 구성 및 역할은 양생온도측정장치(캡슐+소켓), '검사·기록기', '부대품'으로 구성된다.

양생품질관리 및 검사시험방법은 생산 중 업체의 양생품질 관리방법으로 굳지 않은 콘크리트를 진동다짐하면서 형틀 상단까지 채우고 캡슐"을 "소켓" 내부에 삽입·결합한 "양생온도측정장치"를 굳지 않은 콘크리트 상단 적당한 곳의 콘크리트 속에 매입하되, "소켓"상단이 노출 되도록 하여야 한다.

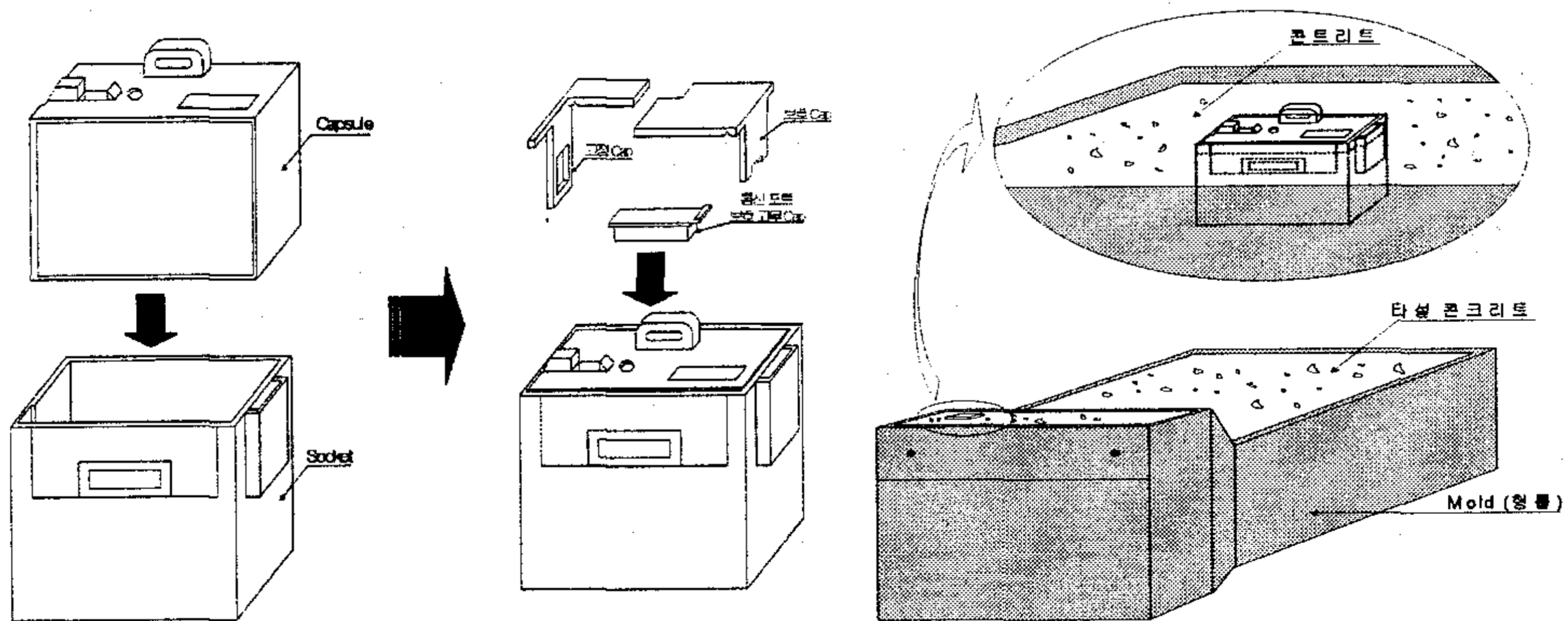
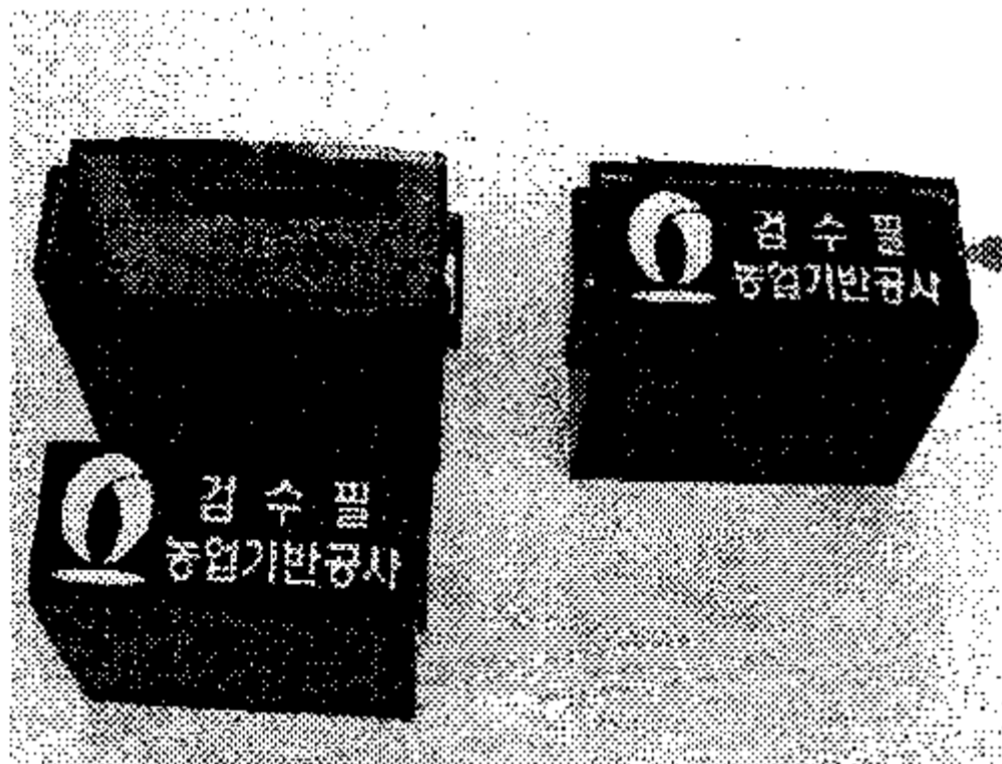


소켓 : 캡슐과 결합시 캡슐 작동 지시(1회용)

캡슐 : 시간별 양생온도 측정 및 저장(100회 재사용)



검사기록기 : 캡슐에 저장된 양생온도-시각을 불러와 합부여부를 판정·기억하는 기기 (생산업체전용과 공인시험기관전용 상이)



- ①소켓과 캡슐 결합
- ②보호캡 삽입
- ③ 균지 않은 콘크리트내 매입

<그림 3-45> 양생온도 이력검사장치

양생온도측정장치가 삽입된 굳지 않은 콘크리트를 형틀 채 증기양생실로 옮기고, 상온에서 2시간 이상 사전양생한 다음 증기양생실 최고온도가 65℃(허용오차 ±15℃) 될 때 까지 증기를 서서히 투입하여 시간당 20℃ 이하의 온도 증가 있도록 양생하여야 한다. 그리고 증기양생실내 온도를 최고온도로 일정시간 지속시킨 다음, 양생실내 온도가 상온이 될 때까지 증기양생실내 온도를 20℃/hr 이하로 하강시켜야 한다. 촉진양생이 완료된 제품은 증기양생실에서 꺼내고 탈형하며 제품 매 본당 삽입된 “캡슐”을 “소켓”에서 분리하여 회수하여야 한다. “검사·기록기”(제품생산업체 전용)를 “캡슐”에 연결하여 저장된 양생 온도-시각자료를 넘겨받아 양생품질의 합부를 판독·저장한 다음, 합격된 제품은 발주자에게 인계될 때까지 야적장에 보관하며, 불합격 제품은 별도 처리하고 발주자가 지정한 “공인시험기관”에 검사시험 의뢰하여야 한다. 공인시험기관의 검사시험방법은 업체(또는 발주자)로부터 품질검사 요청이 있는 경우 “검사·기록기”(공인시험기관용)를 지참하고 지정된 검사장소로 이동한 다음 “검사·기록기”(공인시험기관용)를 “검사·기록기”(제품생산업체용)에 연결하여 제품별 양생품질의 이상유무나 중복 검사시험 유무검사 등 양생품을 검사하여야 한다. 양생품질검사와 내구성(재료품질, 배합비품질)검사, 내하력(휨강도)검사, 관 및 치수검사를 실시한 다음 이상이 없는 경우 비어있는 “소켓”을 “검사필증”으로 봉인하여 검사시험성적서를 업체에 발부하는 과정을 거치도록 하였다.

재료에 관한 품질관리기준은 KS F 4010에 규정된 모래, 자갈 등 재료 품질 기준을 준용하고 품질검사방법은 재료 반입시 받은 재료별 시험성적서가 검사 기준을 만족하는지 확인한다. 그리고 검사방법의 신뢰성을 높이기 위해 보관 중인 재료에서 채취한 시료를 시험하여 재료별 품질을 확인할 수도 있다.

배합비에 관한 품질관리기준은 다음 모든 제품이 다음 2가지 조건 동시 만족하여야 하는데 공기량은 5%±1.5%이고, 물/시멘트비는 45% 이하로 규정하도록 하였다. 품질검사방법은 배합시험성적서에 나타난 공기량, 물/시멘트비 기록으로부터 제품의 배합비가 검사기준을 만족하는지 확인하고 검사방법의 신뢰성을 높이기 위해 타설 중인 콘크리트에서 채취한 시료를 시험하여 공기량, 물/시멘트비를 측정, 확인할 수 있다.

이러한 과정을 거쳐 친환경 콘크리트 제품의 품질관리절차는 업체가 “품질관리요령”에 따라 자율 품질관리 및 생산하고 제품표면에 제조식별문(제조사, 제조일자 등) 표식을 하여야 한다. 그리고 업체가 발주자 지정 공인시험기관에 제품의 품질검사 의뢰하여 공인시험기관 품질검사자가 공장방문 검사시험,

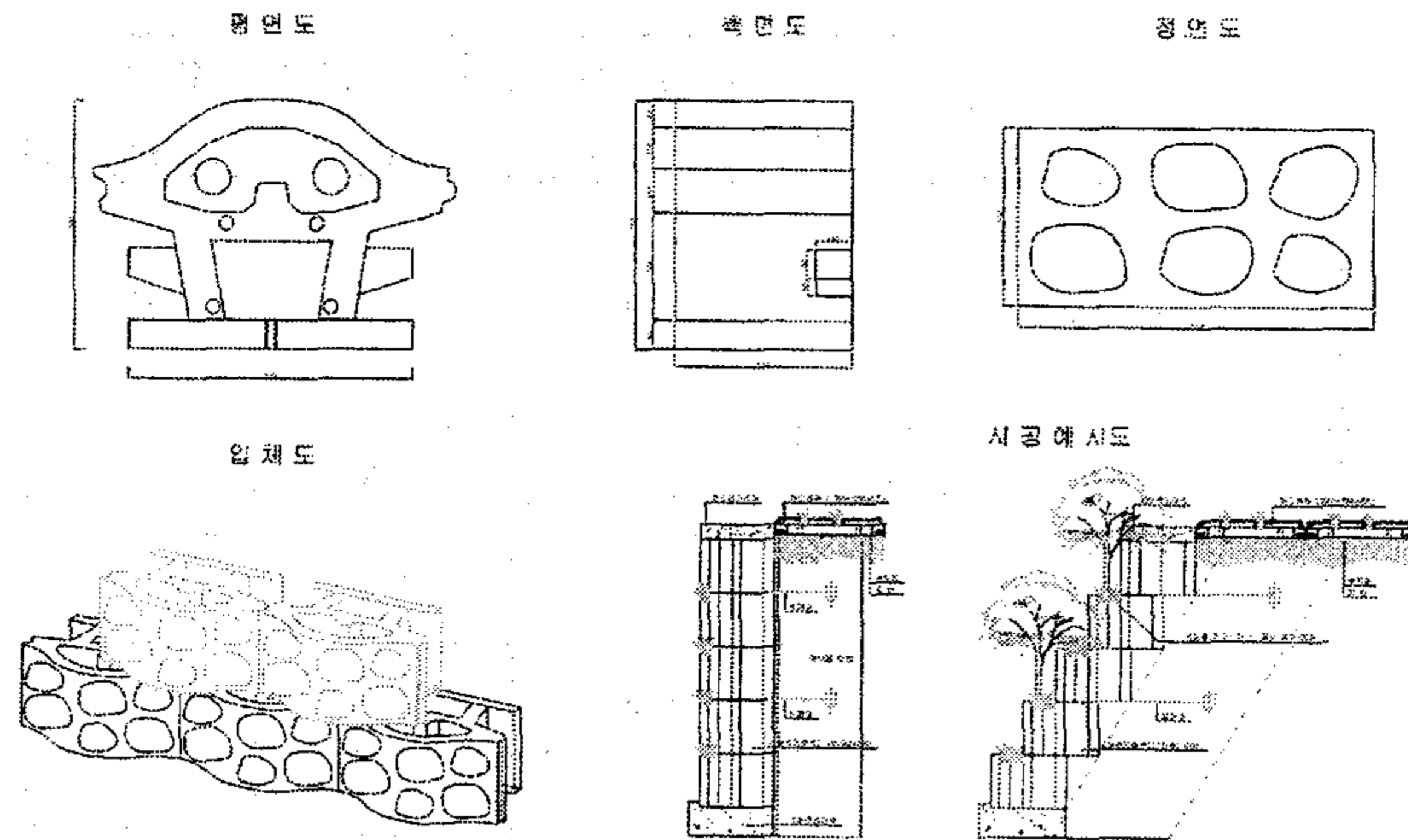
합부판정, 합격제품의 합격표시(합격필증 봉인 포함), 검사시험성적서를 업체에 발부한다. 공인시험기관의 품질검사항목은 외관 및 치수, 내하력검사, 내구성 검사(양생품질검사, 배합비 품질 검사, 재료품질 검사)를 하여야 한다. 합격제품은 납품시 검사시험성적서와 합격제품을 함께 발주자에 납품하고 발주자(감독소장 포함)는 검사시험성적서, 합격표시, 외관상 결함(균열, 녹 등)유무, 제품표면의 제조식별문 등을 확인 후 현장에 반입을 허용하는 방안으로 하여야 할 것이다.

## 2) 안정성검토

### (1) 식생축조 블록의 안정성

이 제품은 식생축조 블록으로 이상 기온으로 인한 하천의 유수량증가 등의 이유로 하상 폭과 고수부 폭의 한계가 있을 때, 친환경식생축조블록을 시공하므로써 하상폭을 최대한 확보할 뿐만 아니라 홍수시 유속저항을 크게 하여 하천의 유속을 느리게 하여 호안성과 취수안정에도 크게 기여 할 수 있다. 그리고 블록의 단위면적당 중량이 커 구조적으로 안정성이 높으며 블록간 조립이 앙카식 연결 구조로 블록과 블록사이가 연결되어 있어 안정성이 높으며 사면 보호 기능과 설치 후 초본류 식생으로 자연경관이 아름다운 특징을 가지고 있다. 환경친화성을 강조하기 위하여 블록의 표면이 자연석 모양으로 처리하여 자연경관을 연출하고 블록은 앙카식으로 연결하여 블록내부가 관통되어 있어 내부토사가 상하로 연속되는 구조로 목본류 및 초본류의 식생이 가능하여 블록 내 식생이 무성하게 자란 후에는 수서곤충의 서식공간으로 활용이 가능하다. 이러한 제품의 안정성에 관한 검토를 다음과 같이 검증하였다.





<그림 3-46> 식생블럭 표준도

① 지반조건

본 식생축조블럭 시공시 호안의 안정성 검토 연구에 사용될 해석지반의 강도정수 산정이 매우 중요하며 이것은 해석결과의 신뢰도를 좌우하므로 제체비탈면의 안정성을 분석하기 위한 대상단면의 토층은 다짐 성토 제체와 기초지반이 되는 원지반의 토층으로 대별될 수 있다. 본 검토에서는 절토 구간에서의 지반정수를 산정하기 위하여 성토 제체와 원지반 토층으로 구분하여 현장조건의 토질특성에 근접한 값이 산정될 수 있도록 하였다.

㉠ 성토 재료의 지반정수

성토 재료의 경우 한국도로공사에서 제시하고 있는 토공재료의 개략적인 토질정수와 국내설계 적용사례등을 검토하여 적용하였으며, 도로공사에서 제시하고 있는 토공재료의 개략적인 토질정수와 문헌에 의한 지반정수 적용현황은 다음 표 3-23과 같다.

(표 3-24) 성토 재료의 개략적인 단위중량 및 전단강도

종 류	재료의 상태		단위중량 ( $\gamma$ , t/m <sup>3</sup> )	내부마찰각 $\phi$ (°)	점착력 (c, t/m <sup>2</sup> )	분류기호 (통일분류)
성	자갈 및 실트섞인 모래	다진 것	2.0	40	0	GW, GP
	모래	다진 것	입도가 좋은 것	2.0	35	0
입도가 나쁜 것			1.9	30	0	
토	사질 토	다진 것	1.9	25	3 이하	SW, SC
	점성 토	다진 것	1.9	15	3 이하	ML, CL MH, CH

참조 : 도로설계 실무편람(1996)

(표 3-25) 성토지반의 개략적인 지반정수

구 분	단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	점착력 (t/m <sup>2</sup> )	내부마찰각 (°)	비 고	
국내문헌	도로설계요령	1.90	3.0 이하	25	
외국문헌	NAVFAC DM 7.2~39	1.76~20.8	5	33	다짐토층의 특성
	다짐의 평균 전단강도	1.8	5.1~6.5	30~36	Huang.1983

㉠ 원지반의 지반정수

일반적으로 성토 제체의 안정에 영향을 줄 수 있는 주요 기초대상 지층은 전답토층 및 퇴적층과 풍화토, 풍화암층으로 구성된다. 본 안정성 검토시 원지반의 지반정수 산정은 도로설계 실무편람에 제시된 자연지반의 개략적인 지반정수등을 근거로 산출하고자 하였다. 한편, 도로설계 실무편람에 제시된 자연지반의 개략적인 지반정수는 다음 (표 3-26)와 같다.

(표 3-26) 자연지반의 토질계수

종 류	재료의 상태	단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	내부마찰각 (°)	점착력 (t/m <sup>2</sup> )	통일분류		
자 갈 석 인 모 래 사 질 토 점 성 토 점 토 및 실 트	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은것	2.0	40	0	GW, GP	
		밀실하지 못한 것, 입도가 나쁜것	1.8	35	0		
	자갈섞인 모래	밀실한 것	2.1	40	0	GW, GP	
		밀실하지 않은것	1.9	35	0		
	모래	밀실한 것	2.0	35	0	SW, SP	
		밀실하지 않은것	1.8	30	0		
	사질토	밀실한 것	1.9	30	3이하	SM, SC	
		밀실하지 않은것	1.7	25	0		
	점성토	굳은것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)	1.8	25	5이하	ML, CL	
			약간 무른것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)	1.7	20		3이하
			무른것(손가락이 쉽게 들어감)	1.7	20		1.5이하
	점토 및 실트	굳은것(손가락으로 세게 눌러 조금 들어감)	1.7	20	5이하	CH, MH ML	
약간 무른것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)			1.6	15	3이하		
무른것(손가락이 쉽게 들어감)			1.4	10	1.5이하		

참조 : 도로설계 실무편람(1996)

또한, 내부마찰각의 추정시 널리 이용되고 있는 N치를 이용한 경험식을 이용하여 추정하였다. 경험식 가운데 대표적인 것은 다음과 같다.

- Terzghi & Peck(1956)의 제안식

$$\phi = 0.3N + 27$$

- Dunham(1954)의 제안식

- 둥근입자
  - 입도분포가 균등한 모래 :  $\phi = \sqrt{12N} + 15$
  - 입도분포가 양호한 모래 :  $\phi = \sqrt{12N} + 20$
- 모난입자
  - 입도분포가 균등한 모래 :  $\phi = \sqrt{12N} + 20$
  - 입도분포가 양호한 모래 :  $\phi = \sqrt{12N} + 25$

- Ohsaki(1959)의 제안식

$$\phi = \sqrt{20N} + 15$$

- 도로교 표준시방서(1996)

$$\phi = \sqrt{15N} + 15 \leq 45^\circ \text{ (단, } N > 5)$$

이상에서 기술한 토질정수 산정방법, 참고문헌 및 경험을 바탕으로 본 연구에 적용될 지층별 강도정수는 아래 (표 3-27)과 같이 토질의 강도정수를 추정하여 적용하였다.

(표 3-27) 적용 토질의 강도정수

구 분	단위중량 $\gamma_{sat}$ (tf/m <sup>3</sup> )	점착력 c (tf/m <sup>2</sup> )	내부마찰각 $\phi$ (°)	비 고
풍 화 토	1.9	1.0	30	
식생축조블록	2.1	3.0	34	
기초	2.3	5.0	35	

### ② 검토단면

본 연구 과업의 검토단면은 블록 높이 6m 경사 1:0.3인 경우와 블록 높이 3m을 직각으로 시공시인 경우에 대하여 검토 하였다.

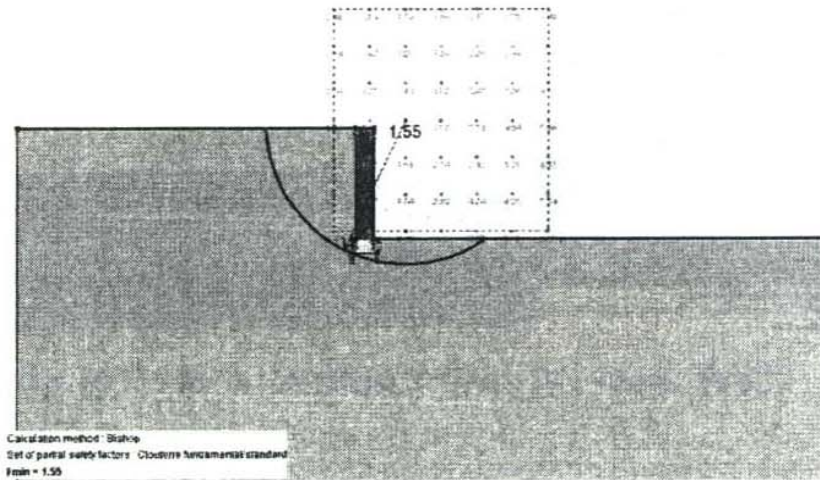
### ③ 해석 결과 및 분

식생축조블록 시공시의 건기시와 우기시의 경우 모두 시공 완료 후 절토 비

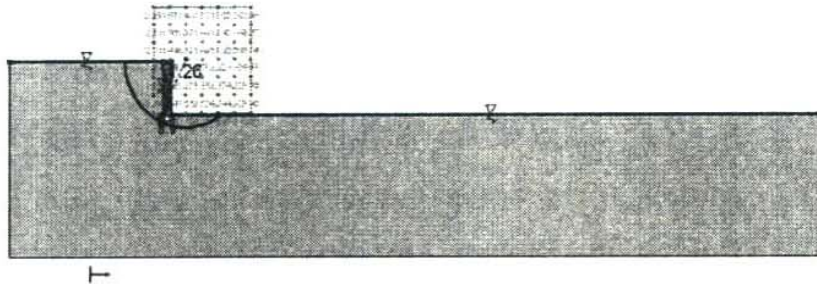
탈면의 안정해석을 TALREN 4의 한계평형해석을 실시한 결과 (표 3-28)과 <그림 3-47 ~ 50> 결과와 같이 나타났다. (표 3-28)과 같이 건기시는 안전율이 1.67, 1.55로 나타났고 우기시에는 안전율이 1.24, 1.26로 나타나 식생축조 블록의 두 경우 모두 기준 안전율을 만족하는 것으로 나타나 안전한 것으로 판정되었다.

(표 3-28) 절토 비탈면의 안정해석 결과

구 분	경사	안전율		판 정	비 고
		건기시	우기시		
6m	1:0.3	1.67 > 1.3	1.24 > 1.2	O.K	
3m	-	1.55 > 1.3	1.26 > 1.2	O.K	

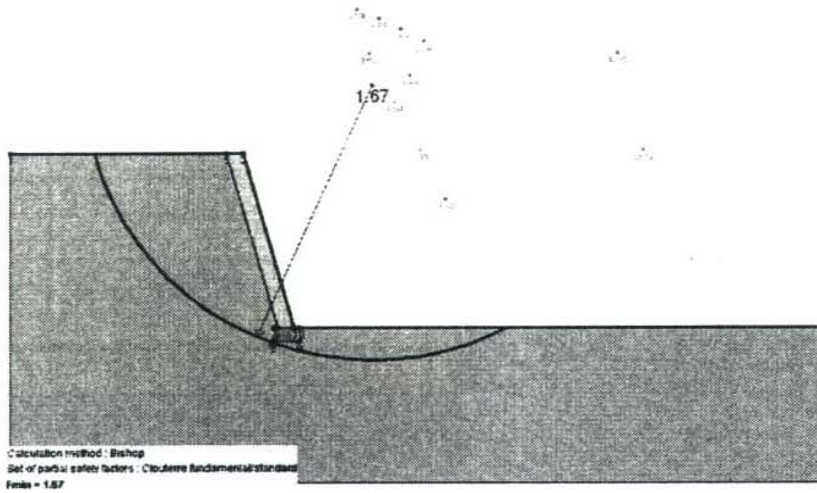


<그림 3-47> 건기시 TALREN 4 해석 결과



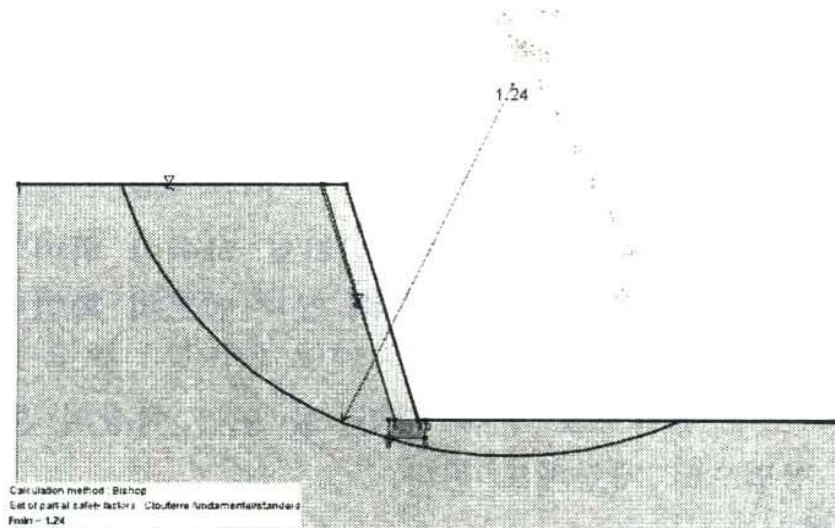
Calculation method : Bishop  
 Set of partial safety factors : Couders fundamentalstandard  
 Fmin = 1.26

<그림 3-48> 우기시 TALREN 4 해석 결과



Calculation method : Bishop  
 Set of partial safety factors : Couders fundamentalstandard  
 Fmin = 1.57

<그림 3-49> 건기시 TALREN 4 해석 결과



<그림 3-50> 건기시 TALREN 4 해석 결과

### 3) 품질 및 내구성 평가 결과에 따른 품질기준(안) 정립

#### (1) 콘크리트 식생블럭계

##### ① 재 료

##### ㉠ 시 멘 트

일반적으로 사용되는 시멘트는 KS L 5201, KS L 5204, KS L 5210, KS L 5211 또는 KS L 5401에 규정하는 것을 사용하는지 여부와 그 물리·화학적 특성 검토

##### ㉡ 골 재

골재는 보통 골재, 경량 골재 그 밖에 이와 유사한 불연성인 것을 사용하고 KS F 2526, KS F 2573에 규정된 것을 사용하는 지 확인

##### ㉢ 철 근

철근을 사용하여 제품을 생산할 시에는 KS D 3504에 규정된 것을 사용하는지 검토

##### ㉣ 배합수

물은 기름, 산, 염류, 유기물 등 제품에 영향을 미치는 유해물질을 함유하여서는 안 된다.

##### ㉤ 혼화 재료

혼화 재료는 콘크리트 및 강재에 유해한 영향을 미치는 것이어서는 안 되며, KS F 2560, KS F 2562, KS F 2563 KS L 5405, KS F2567에 규정된 것

을 사용하여야 한다.

## ② 제 조

### ㉠ 물-시멘트 비(W/C)

콘크리트의 물-시멘트 비는 20 ~ 30 %이하로 하여야 하며 특별한 경우 이 범위를 적용하지 아니 할 수 있으며 별도의 물-시멘트비 확인이 필요하다.

### ㉡ 재료의 계량

재료의 계량은 모두 질량으로 한다. 다만, 물 또는 액상의 혼화제는 부피 또는 기타 확실한 방법으로 계량해도 된다.

### ㉢ 성 형

성형은 형틀에 믹서로 혼합한 콘크리트를 투입하고 진동 압축 또는 이와 동등이상의 품질을 얻을 수 있는 방법으로 할 수 있다.

### ㉣ 양 생

양생은 제품 출하시에 소요 강도를 얻을 수 있도록 해야 한다. 다만 1차 실내 양생은 500도시<sup>(8)</sup>를 표준으로 한다.

\* 주<sup>(8)</sup> 도시라 함은 양생온도(°C)와 양생시간(h)을 서로 곱한 값이다.

비고1. 초기 실내 양생에 상압의 증기 양생을 하는 경우에는 다음 주의가 필요하다.

- a) 시멘트가 응결을 시작하는 시기에 급격한 온도의 변화를 주어서는 안된다.
  - b) 양생실의 온도를 올리거나 내릴 때는 급격한 온도 변화(20°C/h 이내)가 생기지 않도록 하여야 한다.
  - c) 양생실 최고 온도는 65°C를 초과하지 않는 것이 바람직하다.
2. 양생 및 보존 기간 중 초기 동해를 입지 않아야 한다.

## ③ 품 질

### ㉠ 겉모양

겉모양은 사용상 흠집 및 균열이 없어야 한다.

### ㉡ 압축강도

압축강도는 제품출하시 28일을 기준으로 하고 설계기준강도 이상의 값이 발현되어야 한다.

### ㉢ 동결융해저항성시험



동결융해 전 공시체의 중량이 동결융해 100 cycle에서 중량 감소율이 30 % 이내

㉔ pH 치 : 최대 10 이내

㉕ 흡수율 : 10% 이내

㉖ 허용오차

일반적으로 외관치수는 -10 ~ +20 mm 을 기준으로 하고 각 제품에서 규정된 허용오차 범위 안에 있어야 한다.

#### ④ 검 사

##### ㉑ 겉모양

겉모양의 검사는 샘플링한 제품의 전수에 대해 시행하고 제품규격 규정에 적합하여야 한다.

##### ㉒ 압축강도

검사로트는 시행주나 제품납품업자가 제시하는 개수를 협의하여 기준으로 하며 로트당 6개의 제품을 무작위 샘플링 한다. 6개의 제품중 3개는 압축강도 시험에 사용하고, 나머지 3개는 공극률 시험에 사용한다. 이때 압축강도는 비 파괴 강도를 시행하거나 코어를 직접 채취하여 코어의 압축강도를 측정한다.

콘크리트 식생블럭계 제품제조시 타설 중간에 시료를 채취하여 KS F 2403-2001에 따라 콘크리트 압축강도 시험용 공시체를 제작하며, 3개 이상을 제작하여 시험할 수도 있다.

#### ⑤ 납 품

㉑ 납품업자는 납품계약당시 제시한 견본품과 동일한 견본품을 각 납품 현장에 1개 이상 비치하고 검수원의 확인을 득한 후 납품하여야 한다.

㉒ 자재의 검수는 사업시행자 또는 공사감독원이 시행하며 검사에 필요한 시료, 시험비 및 견본품은 납품업자 부담으로 한다.

㉓ 검수자는 재료의 시험에 대한 기록을 보관하여야 한다.

㉔ 검사결과 불합격품은 즉시 장외로 반출하여야 하며, 즉시 대체품을 납품하여야 한다.

㉕ 납품장소는 검수원이 지정하는 장소에 검수원의 지시하에 종류, 규격별로 적치하여야 한다.

㉖ 검수원은 필요에 따라 관련 시험성적서를 요구할 수 있으며 공장생산과정을 점검할 수도 있다.

⑥ 표 시

제품에는 종류, 제조자명 또는 그 약호, 제조공장명 또는 그 약호, 제조년월 일 또는 그 약호를 표시하고 합격된 제품에는 마크를 표시할 수 있다.

(2) 식생기반재계

① 재 료

사용된 재료에 대한 물리·화학적 시험성적서 확인

② 제 조

㉠ 제품의 규격 및 제원

규격은 설계도서에 제시된 규격으로 되어 있는지를 확인

㉡ 구 성

식생기반재는 이물질을 제거한 섬유로 구성하여야 한다.

㉢ 식생기반재의 품질

식생기반재는 일정한 시간의 경과로 식물의 뿌리영킴이 발생하지 않고 일체 화되어 있는 상태가 되어야 하며 호안을 조기 안정시킬 수 있어야 한다.

③ 품 질

㉠ pH 시험

pH 시험결과치는 5 ~ 8 이내의 범위에 들어야 한다.

㉡ 식생활착도 : 식생활착시기 1년 이내

㉢ 인장강도시험

인장강도시험은 ASTM D 4595-1986, C.R.E 광폭스트립법에 따라 실시한다. 시험편은 크기 200×100mm의 것을 사용하며 시험편이 미끄러지거나 손상되지 않도록 시험편 전체 폭을 지지해 주면서 일정한 속도로 시험편에 변형을 가하여 시험편이 인장되어 파단 될 때까지 시험하는 동안 관찰되는 단위 폭당 최대강도 (kN/m)로 구한다.

$$\text{인장강도} = \frac{\text{최대하중(kN)}}{\text{시험편의 공칭 폭 (m)}}$$

#### ④ 검 사

##### ㉠ 겉모양

겉모양의 검사는 샘플링한 제품의 전수에 대해 시행하고 제품규격 규정에 적합하여야 한다.

##### ㉡ 인장강도

인장강도의 검사는 1로트에 대하여 무작위로 3개를 채취하여 시험하며, 그 평균값이 제품 규격에 적합한 경우 합격으로 한다. 인장강도 검사에서 규정에 적합하지 않을 경우에는 재검사를 할 수 있다. 재검사는 그 로트로부터 다시 무작위로 6개의 시료를 채취하여 시험하며, 그 평균값이 제품 규격에 적합한 경우 합격으로 한다.

#### ⑤ 납 품

㉠ 납품업자는 납품계약당시 제시한 견본품과 동일한 견본품을 각 납품 현장에 1개 이상 비치하고 검수원의 확인을 득한 후 납품하여야 한다.

㉡ 자재의 검수는 사업시행자 또는 공사감독원이 시행하며 검사에 필요한 시료, 시험비 및 견본품은 납품업자 부담으로 한다.

㉢ 검수자는 재료의 시험에 대한 기록을 보관하여야 한다.

㉣ 검사결과 불합격품은 즉시 장외로 반출하여야 하며, 즉시 대체품을 납품하여야 한다.

㉤ 납품장소는 검수원이 지정하는 장소에 검수원의 지시하에 종류, 규격별로 적치하여야 한다.

㉥ 검수원은 필요에 따라 관련 시험성적서를 요구할 수 있으며 공장생산과정을 점검할 수도 있다.

#### ⑥ 표 시

제품에는 종류, 제조자명 또는 그 약호, 제조공장명 또는 그 약호, 제조년월일 또는 그 약호를 표시하고 합격된 제품에는 마크를 표시할 수 있다.

#### (3) 목재계

##### ① 재료

전 제품의 원자재는 KS 규격 제품이어야 한다.

- KS F 2219 목재의 가압식방부 처리방법

- KS F 2250 목재 방부재의 성능기준

- 산림청 원목 및 제재 규격

② 품질

㉠ 목재는 각재의 구조에 영향을 미치는 큰 웅이, 균열, 부패 등이 없어야 하며 대기 중에서 내구력이 있고 용도에 적합한 강도의 품질을 갖춘 것을 사용한다.

㉡ 휨응력을 받는 부분은 아래쪽에 웅이, 심한 갈라짐, 꺾질박이, 혹 등의 흠이 없는 재료를 사용하여 구조적인 결함이 없도록 해야 한다.

㉢ 목재계에 사용되는 각재는 네 모퉁이가 직각이어야 한다. 각재류의 제재치수는 도면의 표기에 의하며 그 규격은 KS F 1519(목재의 제재치수)에 따른다.

㉣ 방부목재(CCA 처리) 내구성

수종	일반 목재	방부처리 목재
아비톤	7년	50년
미송	7년	40년
육송	5년	50년
삼나무	5년	40년
측백나무	15년	50년

③ 제조

㉠ 목재의 제재 : 목재의 가공은 도면에 표기된 규격 및 치수에 의하며 볼트 구멍의 천공시 목재의 갈라짐이 없도록 주의하여야 한다.

㉡ 목재의 내구성을 감소시키는 원인으로서는 균에 의한 부식과 충에 의한 부식을 방지하기 위해서 다음과 같은 방법을 사용한다.

a) 방부방법 : 크레오소트유(creosote oil)나 크롬, 구리, 비소 화합물 계 목재 방부제(기호CCA)를 7~12기압의 고압으로 목재에 방부제를 주입하는 가압방부법을 사용한다.

b) 방부처리한 목재는 충분히 건조한 후 사용하여야 한다. 수용성 목재 방부 중 크롬화합물을 함유하는 약제로 처리한 목재는 처리 후 상온에서 3주 이상, 건조온도 60°의 인공열기 건조에서는 3일 이상의 양생기간을 반드시 거친 후 사용해야한다.

c) 목재방부제의 사용환경구분은 산림청고시 기준중 H5(조건: 땅과 물

이 접하는 환경, 땅에 묻히는 환경, 흰개미 피해환경, 바닷물과 접하는 환경)에 부합되도록 한다.

d) H5기준 CCA 방부 흡수량 적합 기준 :

크롬, 구리, 비소화합물 7.5kg/m<sup>3</sup> 이상, 22.5kg/m<sup>3</sup> 이하

#### ④ 품 질

##### ㉠ 결모양

목재의 외형에 구조적 결함을 유발하는 웅이나 갈라짐 등이 없어야 하며 볼트 구멍의 가공부위에 크랙이 없어야 한다.

##### ㉡ 모 양

제품의 모양은 규격도면과 같아야 하고, 이외의 제품 모양 치수는 주문자의 협정에 따라 제작 할 수 있다.

#### ⑤ 검 사

㉠ 결모양 : 결모양은 전수 검사하며 제품의 시공시에는 제품 보관시 파손여부와 외관을 검사하여 규격이 미달되거나 균열, 파손, 부식된 것은 반출 조치한다.

㉡ 치 수 : 목재의 가공 치수 등을 검사하여 규격에 미달되는 것은 반출 조치한다.

##### ㉢ 기타사항

a) 나무방틀의 시공환경은 물과 접하는 하천이므로 방부처리 기술이 중요한 요건

b) 산림청 고시 기준에 따라 품질인증업체의 제품을 사용

c) 완벽한 가공 후 방부 처리하여, 방부층의 손상을 최소화

d) 나무방틀 최초 자상처리 후 방부를 통해 방부능을 최대화

e) 샘플 채취분에 대해 국립 산림과학원에 방부처리 품질검사 실시

㉔ 방부처리기준 요약 (산림청고시 제2004-62호)

등급	사용 환경 조건	사용가능한 방부제	적용대상
H3	야외사용목재, 흰개미 피해환경, 자주습한환경	CCA, ACQ, CCFZ, ACC, CCB 등	조경재, 방음벽, 파고라
H4	토양 또는 담수와 접하는 환경, 흰개미 피해환경, 공업용재 사용환경	CCA, ACQ, CCFZ, ACC, CCB 등	전주, 펜스지주목, 조경시설재
H5	바닷물과 접하는 환경	CCA	부두의 항목, 선박용 부교

⑤ 납 품

- a) 납품업자는 납품계약당시 제시한 견본품과 동일한 견본품을 각 납품 현장에 1개 이상 비치하고 검수원의 확인을 득한 후 납품하여야 한다.
- b) 자재의 검수는 사업시행자 또는 공사감독원이 시행하며 검사에 필요한 시료, 시험비 및 견본품은 납품업자 부담으로 한다.
- c) 검수자는 재료의 시험에 대한 기록을 보관하여야 한다.
- d) 검사결과 불합격품은 즉시 장외로 반출하여야 하며, 즉시 대체품을 납품하여야 한다.
- e) 납품장소는 검수원이 지정하는 장소에 검수원의 지시하에 종류, 규격 별로 적치하여야 한다.
- f) 검수원은 필요에 따라 관련 시험성적서를 요구할 수 있으며 공장생산과정을 점검할 수도 있다.

⑥ 표 시

제품에는 종류, 제조자명 또는 그 약호, 제조공장명 또는 그 약호, 제조년월일 또는 그 약호를 표시하고 합격된 제품에는 마크를 표시할 수 있다.

### 3.4 친환경 소재 · 공법 설계 기준(안) 정립

#### 3.4.1 자연재생의 재료

##### 1) 식물재료

농촌종합개발을 시행함에 있어 사용되는 여러 가지의 재료 중에서 식물재료는 대상지역과 그 주변지역에서 채취한 재래종을 이용하는 것이 원칙이다. 재래종은 그 지역의 자연과 생태계를 구성하는 것으로 식물적 침입과 유전적 교란을 일으키지 않는 것으로서 자연재생에는 재래종을 이용한다. 그러나 이러한 재료는 시장성이 부족하고 생산되고 있는 것으로는 필요한 수량이 공급되지 않는 경우가 많다. 그렇기 때문에 미리 종자로부터 육묘 등의 대응이 필요하다. 또한 계획과 설계에 있어서 한가지의 종(種)과 치수규격이 아니라 다양한 종류와 다양한 규격의 식물재료를 취급한 디자인 기술을 검토하는 것도 필요하다. 재래의 식물을 활용하는 방법으로는 개체를 각각 이식하는 방법으로부터 종자를 채취하여 재배시키거나 흙에 묻은 종자의 발아를 기대하는 표토를 만드는 등의 다양한 방법이 있다. (표 3-29)는 식물재료를 조달하는 방법을 나타낸 것으로 이식은 생육하고 있는 식물개체를 채취하여 각각 식재할 장소에 이식하는 방법으로 최근에는 중기계를 이용한 큰 직경의 나무이식도 이루어지는 방법이고 식생기반재를 이용한 매트이식은 중기계 등을 이용하여 매토 종자와 뿌리줄기를 포함한 표토 층을 매트 상으로 절취하여 식재장소에 옮기는 방법. 처음의 장소와 유사한 식생을 복원시킬 수 있는 방법으로 많이 사용되고 있다.

(표 3-29) 식물재료의 조달방법

이 식	생육하고 있는 식물개체를 채취하여 각각 식재할 장소에 이식하는 방법. 최근에는 중기계를 이용한 큰 직경의 나무이식도 이루어지고 있다.
뿌리 이식	수목을 뿌리 부근에서 벌채하여 그 뿌리를 이식하는 방법. 싹트는 힘이 있는 수목을 이식할 때 이용한다.
유목 재배	목본류의 종자를 채취하여 씨앗을 재배하여 옮겨 심는 방법.
종자 채취	대량의 종자를 채취하여 식재할 장소에 모종 또는 뿌리는 방법.
매트 이식	중기계 등을 이용하여 매토종자와 뿌리줄기를 포함한 표토 층을 매트 상으로 절취하여 식재장소에 옮기는 방법. 처음의 장소와 유사한 식생을 복원시킬 수 있다.
표토 채취	매토 종자를 포함한 표토를 채취하여 식재할 장소에 옮기는 방법. 주로 습지와 2차 수풀 등의 복원에 이용된다.
소스 (source) 이식	종자를 붙여 모수로 되는 식물개체를 이식하고 거기서부터 종자를 자연에 번종하는 것으로서 그 종(種)의 개체수를 증가시키는 방법. 주로 군락내의 개체수가 작은 수종의 이식에 이용된다.

## 2) 동물류의 도입

동물류의 도입은 원칙으로 자연이입에 의한 방법으로 한다. 단 수생 생물과 토양 생물 등은 자연이입이 불가능하기 때문에 인위적으로 도입을 한다. 인위적으로 종(種)을 도입하는 경우에는 도입되는 지역의 생물적 침입과 유전적 교란의 발생을 피하고 그것에 의하여 생태계에 다양성이 일어나는 것일 것과 동시에 도입에 의하여 채집된 지역의 개체군이 절감하지 않을 것 등을 배려할 필요가 있다고 판단된다.

## 3) 표 토

표토는 물리적으로는 생물체의 생육, 생식에 필요한 통기성과 보수성을 가지고, 화학적으로는 성장에 필요한 영양염과 유기물을 포함하고 생물적으로는 식물의 종자와 뿌리, 지하줄기, 곤충 알의 유충, 토양 동물, 미생물 등, 그 지역의 생물상과 생태계를 형성하는 기반으로 되는 생물체가 포함되어 귀중한 자연자원이다. 자연재생에는 표토를 보전하여 이용하는 것이 바람직하다.

표토에 대해서는 첫번째 침략성이 높은 외래종의 종자와 뿌리 등의 혼입이 없을 것이고 두 번째로는 가치 있는 이용지의 확보를 위하여 새로운 벌채와 토지의 개조변형이 이루어지지 않는 등에 대해서 우선 확인할 필요가 있다.



#### 4) 현장발생재

자연재생의 대상지에 생육할 수 있는 식물과 공사에 의하여 발생하는 돌과 조약돌은 그 지역의 환경을 형성하는 자원이기 때문에 가능한 재이용과 리사이클로 활용한다. (표 3-30)은 기존의 나무의 유효이용의 예를 나타낸 것으로 칩의 경우 나무줄기와 가지를 분쇄한 가공제품으로 사용되기도 한다.

(표 3-30) 기존 나무의 유효이용의 예

용재	나무줄기를 용재로 이용한다. 나무 울타리, 나무말뚝, 벤치, 차음벽 등의 표층재 등으로 이용한다.
조타	가지와 작은가지를 거친 나뭇가지 울타리 재료로서 이용한다.
칩(Chip)	나무줄기와 가지를 분쇄한 칩으로서 공원로, 맥아제조(malting), 토양개량제 등으로 이용한다.
콘포스트	나무줄기, 가지, 낙엽을 세단하여 콘포스트 자재로서 이용한다. 콘포스트 처리 후 토양개량제와 퇴비 등으로 이용한다.
탄	나무줄기와 가지를 탄화 처리하여 탄을 만든다. 목초액을 생성한다. 탄은 수질과 토양의 개량제, 목초액은 소독제의 대용으로 된다.

\* 콘포스트 : 가정에서 나오는 음식물 쓰레기 등으로 만드는 유기비료

조타 : 거칠고 휘어진 나뭇가지

#### 5) 신소재

최근 녹화재료로서 다양한 신소재가 개발되고 있는 실정이다. 농촌종합개발을 시행함에 있어 자연재생에 있어서도 (표 3-31)과 같이 생분해 플라스틱과 탄소섬유 등을 이용한 시도가 이루어지고 있다. 그러나 자연재생의 재료는 외래종의 도입에 따라 생물적 교란, 타 지역으로부터의 재료에 수반하는 식물과 동물에 의한 유전적 교란, 현장발생재의 폐기물화의 방지 등의 관점으로부터 대상지역 또는 그 주변에 있는 것을 이용하는 것이 원칙이다.

(표 3-31) 자연재생에 활용 가능한 신소재의 예

생분해성 플라스틱

미생물 합성계, 화학 합성계, 천연물계 및 그러한 복합물에 의하여 생성된 플라스틱은 토양중의 미생물에 의하여 분해된다. 최종적으로 이산화탄소로 분해된다. 다년초단지, 보수시트, 토농 토양공사의 거푸집, 토류 등으로 이용되는 것 외에 철선과 철망 등으로 피복하여 수간과 뿌리계의 결손 방지 등의 이용이 고려되고 있다.

탄소섬유

탄소섬유는 생물친화성으로 우수하여 미생물과 활성오니 등을 강고하게 고착시키는 기능을 가지고 있다. 그래서 연못과 하천의 수질정화, 정화장치의 접촉재, 인공조장 혹은 인공어초, 어류의 산란장소 등의 이용이 고려되고 있다.

6) 우수 등의 이용

부지내측에 내린 비는 부지외측으로 유출되는 것은 없으며, 관거와 매체 등에 의하여 집수하고 식생 등에 의한 수질의 정화를 실시하는 조정지에 유입하여 생물의 생육, 생식환경으로서 이용하는 것을 검토하여야 할 것이다.

3.4.2 공사중 환경에의 영향

자연재생에 관한 공사는 생물체의 생육, 생식하는 환경을 실제로 만드는 것이 중요하다. 그러나 토지의 개조변경을 수반하기 때문에 새로운 문제가 발생하기도 하고, 예기하지 못한 영향이 나타나며 계획지와 지역의 생태계에 영향을 미치는 경우가 있다. 또한 최근 토목기계의 대형화에 따라 공사의 규모는 커지게 되는 경향이 있다. 자연재생에는 대체지 환경의 구조 등에 주의가 기울여지고 있지만 공사 기간 중에 환경의 순간적인 변화에 생물체가 사멸하는 것이 있다. 공사기간 중에는 항상 생물체의 생육, 생식환경에 주의하고 생물체에 충격을 경감시켜 영향이 완화되도록 할 필요가 있다. 자연재생에는 일반적인 토목공사와 달리 농촌종합개발에는 다음과 같은 배려가 요구되고 있다.

1) 생물체의 생활과 생활사에 맞는 시공계획의 책정

생물체에는 발생으로부터 유체, 성체, 번식까지에 이르는 생활사가 있다. 생물체에 있어서 중요한 번식 등의 시기에 공사가 이루어져 환경이 변화하면 생물체에 큰 영향을 줄 가능성이 높다. 맹금류 등으로는 번식기에 민감도가 극

대하게 되기 때문에 그 시기에 공사가 이루어지면 보금자리를 짓는 일과 새끼 기르는 일을 포기할 가능성이 있다. 자연재생의 공사에서는 대상지역과 그 주변에 생육, 생식하는 생물체의 생활사를 명확하게 하여 가장 영향이 적은 시기와 기간에 공사를 실시할 필요가 있다.

## 2) 공사장소의 한정, 제한

일반적으로 공사에는 작업장, 자재 등의 반입으로 공사용 도로의 건설, 가시설과 자재의 가설치장 등이 필요로 한다. 이러한 용지는 공사에 동반하여 일시적인 개조변형으로서 최소한으로 할 필요가 있다. 또한 불필요한 출입을 피하고, 작업 등의 영향이 주변 지역에 미치지 않도록 하기 위하여 공사범위와 작업장소를 한정한다. 공사에 의한 개조 변형된 장소는 자생종을 이용하여 식재를 하는 등 복원하기 위한 대책을 실시한다. 공사단계에 있어서 생물체를 대상으로 한 각종 작업은 인력과 소형의 기계를 사용하여 가능한 정성을 다하여야 한다.

## 3) 피난지의 확보

가장 영향이 적은 시기와 기간에 공사를 실시하는 경우에도 공사기간 중 생물체가 일시적으로 피난할 수 있는 환경을 확보하여야 한다. 이러한 장소는 작은 동물이 몸을 숨기고, 이동할 때에 이용된다. 또한 별채할 계획지인 경우에도 실제 시공하는 시기를 피하며, 단계적으로 실시함에 따라 이용하는 생물체에 집중적인 영향을 주지 않도록 하는 것이 필요하다. 피난지를 확보하는 것은 사업이 실시된 지역의 생물체를 존속시킴으로서 공사후의 생물상, 생태계의 조기회복이 가능하게 된다. 피난지는 사업이 실시되는 지역 내에 설치되며, 유지 관리되는 것이 바람직하다. 피난지를 주변의 양호한 환경으로 구할 경우에는 첫 번째로 그곳이 대상 종(種)의 생식조건을 만족 시키고 두 번째 원래부터 생육, 생식하고 있는 생물체에 영향을 주지 않을 것 세 번째 확실히 이동할 수 있는 환경이 확보되는 것을 확인해 둘 필요가 있다.

## 4) 시험시공의 실시

자연재생으로 취급되는 생물체가 많은 것은 생육, 생식환경, 생활사, 동태, 인위적으로 이식과 이동을 실시하는 경우의 번식의 가부 등에 관한 정보가 부족하다. 또한 자연은 복잡한 시스템이므로 지역에 고유한 관계와 해명되지 않은 요인이 관여 하고 있는 것도 고려되고 있다. 따라서 본 시공에 앞서 미리

소규모인 시험시공을 하여 그 결과를 모델링하고, 얻어진 지식을 바탕으로 본 시공을 보다 확실하게 하는 것 등의 위험관리가 필요하다. 자연에 관계되는 정보와 지식은 간단하게 얻어지지 않는 것으로서 가설을 바탕으로 시험시공을 거듭하여 지식을 얻어 구체적인 방법을 책정한다는 자세도 중요하다.

### 3.4.3 외래종의 대응

종(種)은 상호 교배하여 자손을 남기는 집단이며, 또한 타 집단과는 교배하지 않는 독립된 생물의 집합체이다. 그러나 동일한 종(種)에 있어서도 지역에 따라 개체의 크기와 체색이 다른 경우는 유전자의 수준에서는 다른 것도 고려되어야 한다.

### 3.4.4 수리·수문·생태적인 특성에 적합한 정비 방안제시

환경과의 조화를 배려한 수로의 수리설계는 첫 번째로 계획최대수량(설계유량)을 안전하게 유하시키는가하는 송수기능의 발휘 문제와 두 번째 최대빈도유량, 최소유량 즉 비관개시기의 수량 등의 유량에 대하여 생물의 생식·생육에 적당한 수심, 유속을 확보할 수 있는가 라는 관점으로부터 수로의 종단면 및 횡단면의 규모·형상·구조에 관하여 검토하여야 한다. 또한 생물의 생식·생육에 적당한 유속을 단면평균유속으로 확보할 수 있도록 하면 수로단면이 대폭으로 확대할 경우도 있으므로 수로단면내의 유속분포를 고려하여 단면의 일부에 생물의 생식·생육에 적당한 공간을 확보하는 것을 검토하여야 할 것이다. (표 3-32)는 수로의 단면의 규모·형상·구조, 유량·단면평균유속, 생태계 배려에 주는 영향과의 관계 검토 예로서 대상어류 등의 생식에 적당한 유속이 0.5 m/s 이하의 경우에 대하여 나타낸 것으로 확보되는 용지 폭에 따라 다르게 나타나는 것이 특징이다.

(표 3-32) 수로의 단면의 규모·형상·구조, 유량·단면평균유속, 생태계 배려에 주는 영향과의 관계 검토에

용지폭 4.1m	Q = 7.0m <sup>3</sup> /s (최대유량) n = 0.015 (조도계수) I = 1/1,000 (수로구배) V = 1.69m/s(최대유속, 단면평균)	어류 등의 생식에 적당한 유속 0.5m/s의 공간이 거의 없다.
용지폭 7.0m	Q = 7.0m <sup>3</sup> /s (최대유량) n = 0.025 (조도계수) I = 1/1,000 (수로구배) V = 1.17m/s (최대유속, 단면평균)	최대빈도 유량시의 유속은 1.0m/s 정도로서 3면형보다 넓은 어류 등의 생식공간을 확보한다(조도계수는 미래의 식물의 번성 등의 변화도 포함한 선정이 중요).
용지폭 10.4m	Q = 7.0m <sup>3</sup> /s (최대유량) n = 0.026 (조도계수) I = 1/5,000 (수로구배) V = 1.59m/s(최대유속, 단면평균)	최대빈도 유량시의 유속은 0.5m/s 정도로서 특히 다양한 생물의 생식·생육공간을 확보한다.

수로내의 유속은 자유수면의 존재와 수로측벽에 의한 마찰에 의하여 단면내에서 하나의 모양으로 분포하지 않으며 측벽면·바닥면에 가까운 쪽 유속이 느리다. 수리설계에는 이러한 유속분포를 고려하여 생물의 생식·생육에 적당한 공간 즉 느린 유속의 공간을 가능한 한 넓게 확보하는 것을 검토하는 것이 바람직하다. 또한 수로 바닥면에 치석, 난잡하게 박은 말뚝, 침상공 등을 설치하는 등에 의하여 유속을 완화하는 것이 가능하다. 조도계수의 선정에 있어서는 수로이 표면조도, 초생(草生), 수로의 만고, 단면형상, 유속, 깊이, 토사의 퇴적, 세굴, 부유물질 및 유지관리조건(풀의 번성 등) 많은 요소에 의하여 변화하지만 신중한 고려가 필요하다. 습지대의 조도계수가 부분적으로 다른 수로 단면에 있어서는 전체 습지대에 대한 합성조도계수를 계산하여 유속을 구하여 사용하여야 한다. (표 3-33)은 라이닝이나 옹벽수로에 사용되는 조도계수 값을 나타낸 것으로 수로의 재료와 상태에 따라 조도계수 값이 다르게 나타났는데 친환경 소재를 사용할 경우 조도계수를 고려하여 설계되어 할 것이다. (표 3-34)는 굴착 또는 준설된 수로의 조도계수를 (표 3-35)는 자연 유로의 조도계수를 나타낸 것으로 토공수로의 경우에 접목하여 사용 할 수 있을 것으로 판단된다.

(표 3-33) 라이닝, 옹벽수로의 조도계수

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소값	표준값	최대값
콘크리트(현장타설)	0.012	0.015	0.016
콘크리트 블록	0.014	0.016	0.017
콘크리트 (기성제품 등)	0.012	0.012	0.016
석공 (굵은돌 채움쌓기)	0.017	0.025	0.030
석공 (굵은돌 공간쌓기)	0.023	0.032	0.035
초생피복(잔디로 피복)	0.030	0.040	0.050

(표 3-34) 굴착 또는 준설된 수로의 조도계수

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소값	표준값	최대값
흙, 직선으로 한 종류인 경우			
1. 잡초 없는 경우 (완성직후)	0.016	0.018	0.020
2. 잡초 없는 경우 (뜰에 있는)	0.018	0.022	0.025
3. 돌과 자갈 (잡초 없음)	0.022	0.025	0.030
4. 짧은 풀은 있지만 잡초는 적은 경우	0.022	0.027	0.033
흙, 만족되어 한 종류가 아닌 경우			
1. 식물의 피복 없는 경우	0.023	0.025	0.030
2. 약간의 잡초	0.025	0.030	0.033
3. 잡초 또는 수초 많은 깊은 지역	0.030	0.035	0.040
4. 바닥면은 흙으로 측면은 굵은돌	0.028	0.030	0.035
5. 바닥면은 흙으로 측면은 잡초	0.025	0.035	0.040
6. 바닥면은 옥석으로 측면은 잡초 없는 경우	0.030	0.040	0.050

(표 3-35) 자연 유로의 조도계수

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소값	표준값	최대값
평야의 작은 수로			
1. 잡초 없고, 직선으로 만수위의 경우, 틈과 못이 없음	0.025	0.030	0.033
2. 상동, 단 돌과 잡초가 많음	0.030	0.035	0.040
3. 잡초는 없지만 꾸불꾸불하고 약간의 못과 얇은 여울이 있음	0.033	0.040	0.045
4. 상동, 단 약간의 돌, 잡초가 있음	0.035	0.045	0.050
5. 상동, 단 저수위로 구배와 단면의 변화가 적음	0.040	0.048	0.055
6. 4와 동일하지만 돌이 많다.	0.045	0.050	0.060
7. 편안한 흐름의 구간으로 잡초와 깊은 못이 있음	0.050	0.070	0.080
8. 잡초가 많은 구간, 깊은 못 또는 나무숲이 많음	0.075	0.100	0.115
산지유로에서 수로내에 식물 없고, 강변은 급구배로서 강변에 나무와 관목은 고수위에서 물에 침수된다.			
1. 강바닥은 옥석, 자갈돌	0.030	0.040	0.050
2. 강바닥은 큰 옥석	0.040	0.050	0.070
대유로			
1. 큰 옥석과 관목이 없는 규칙단면	0.025		0.060
2. 불규칙한 거친 단면	0.035		0.100

(출처 : 「토지개량사업계획설계기준·설계 「수로공」 기준서·기술서」, 농림수산성농촌진흥국, (사)농업토목학회, 2001년)

### 3.4.5 종단설계

어류 등의 생식환경으로서 종단방향으로의 생물의 입장에서 본 수역의 연속성 및 흐름상황의 변화는 중요하다. 이 때문에 어류 등의 이동 가능한 유속·수심을 확보하기 위하여 종단구배를 완만한 구배로 하고 종단방향의 낙차를 대상 종(種)의 이동에 지장을 주지 않도록 작게 함과 동시에 공법을 고안하는 것이 바람직하다. 또한 다양한 흐름을 창출하는 못·여울 등이 도착하는 장소에 형성되는 것이 바람직하며 그러기 위해서 시작하는 것이 중요하다. 특히 평상시 흐름이 빠른 수로에서는 여울·웅덩이는 어류 등의 휴식장소로 되는 것으로 중요하다. 예를 들어 낙차공에 있어서 설계상의 포인트로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다. 첫 번째로 1단의 낙차가 큰 경우 작은 낙차의 복수단으로 한다. 그리고 두 번째 낙차 상하류에 깊은 곳을 설치하고 수심을 확보한다.

낙차하류에 여울(감세공을 병용)을 설치한다. 세 번째 낙차부의 각은 원형으로 만든다. 다섯 번째 계단식 낙차공의 풀(pool) 부는 어류의 역상으로 유효하지만 토사가 퇴적하기 때문에 유지관리가 필요로 한다. 급류공에 있어서 설계상의 포인트로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다. 우선 첫 번째로 굵은 돌(자연석)을 설치함으로써 감세하고 두 번째로는 급류공 하류에 못(감세공을 병용)을 설치한다. 세 번째 어류의 역상시 휴식장소가 확보되기 어렵고 역상효과는 계단식 낙차공으로 감소하지만 토사 퇴적의 우려가 적다.

배수로는 일반적으로 농지로부터의 평상시의 배수와 함께 강우의 배수를 하기 때문에 연간을 통하여 상류 역으로부터 유입이 있는 등 용수로와 비교하여 통수기간이 길다. 이 때문에 배수로에는 환경에의 배려가 비교적 용이하며, 수전으로부터 간선배수로까지의 광범위하게 생물의 생식·생육에 좋은 환경을 확보하는 것이 가능한 경우가 많다. 용수로에 있어서도 연간을 통하여 통수가 가능한 경우 및 용·배수겸용의 경우 등은 유수의 연속성을 확보하는 것이 가능하다. 지선·말단배수로에서는 물이 거의 흐르지 않은 경우가 많기 때문에 보다 긴 기간 물을 확보하고 수생생물의 생식·생육환경을 창출하는 방법으로서 배수로의 도중에 10 ~ 15 cm 정도를 인위적으로 보를 만들어 배수로에서 평상시 저수하는 방법이다. 보의 구조는 보판 설치 또는 자르고 빼고 붙인 간이보, 잠수보가 고려되고 있다. 말단배수로와 지선배수로, 지선배수로와 간선배수로의 연결부분에는 단차가 있으며 어류의 역상을 방해하는 경우가 많으며 소형 물고기 도로 등의 설치를 검토할 필요가 있다. 그리고 전체 수전을 산란의 장소로 할 필요는 없지만 일부의 패류 등의 수관리, 휴경전의 활용을 포함하여 어류의 역상이 가능하도록 접근 시설을 검토하는 것이 바람직하다. 말단배수로의 높이를 수전에 가까운 수준은 낙차가 20 cm 정도 이하까지 높이가 되면 어류의 이동이 가능하게 되는 것 외에 낙차가 있는 경우에도 사로를 설치하여 소규모의 물고기 도로로서의 기능을 가지는 등의 방법도 고려되고 있다. 또한 배수로에 용수와 농업집락 배수의 처리수를 유입시키는 등에 의한 수량확보의 가능성에 대해서도 검토할 필요가 있다.

### 3.4.6 횡단설계 및 공법의 선정

수로단면에 대해서는 생물의 이동 및 생식·생육가능 한 공간을 가능한 넓게 확보하기 위하여 물의 대류부와 연못을 만드는 등의 고안을 하는 것이 필요하



다. 기본적인 단면구조의 검토와 함께 대상생물종과 현장조건, 경제성, 농가를 포함한 토박이 주민 등의 의향 등을 바탕으로 적절한 공법을 선정할 필요가 있다. 또한 용지확보가 가능한 경우에는 경제성 및 관리작업성 등에 대해서도 병용하여 고려하고 수로의 확폭을 하는 등으로 다양한 생태계의 보전을 도모하는 수변 창출을 도모하는 것이 바람직하다. 수로에 의하여 주변 동물의 생식공간이 분단되는 경우에는 완구배 호안의 설치 등에 의하여 횡단방향의 연속에 배려하는 것이 바람직하다. 그리고 수로단면의 설계에 있어서는 현장조건과 경제성 이외에 전문인의 지도·조언과 시설의 유지관리를 하는 담당자 및 관련농가 등의 의견을 바탕으로 현재상황의 보전을 기본으로 한 보수와 흙수로에서의 정비에 대하여 검토할 필요가 있다. 또한 검토시 전체 노선에 걸쳐 동일한 단면으로 하지는 말고 부분적으로 확폭하는 등에 의한 단면구조를 변화시키며 다른 공법을 채용하는 등에 의하여 노선으로서 변화 있는 환경을 만드는 시점이 중요하다. 상황에 따라 가능한 범위내에 적극 수로단면에 변화를 주는 고안이 중요하다. 대표적인 방책으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

1) 수로 확폭의 용지확보가 곤란한 경우에는 다음과 같은 공법에 대해서 검토하는 것이 바람직하다.

(1) 수로바닥을 파내어 여울·못을 설치하는 방법

(2) 수로바닥을 굴착하여 저수로를 설계하는 복단면 공법에서 저수로 단면은 평수량, 관개시기 평상시 배수량 등으로부터 결정한다. 저수로의 굴곡을 자연적인 선형으로 설계한다.

2) 오래된 수로의 확장이용

숏컷트(shot cut)의 곡선화 등에 의하여 남아 있는 오래된 수로의 배치는 수로용지로서 확보하고 호안의 완구배화와 높은 수위의 확폭, 식생의 회복 등의 생태계에의 배려를 하는 것이 바람직하다.

3) 암거 등의 상부유효이용(2단수로)

농업용 관망(pipe line)과 배수로 암거 등의 지상부를 이용할 수 있는 경우는 그곳에 환경과 조화를 배려한 수로를 설치하는 것을 검토한다.

환경과 조화를 배려한 수로에 이용되는 주된 공법으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(1) 이부자리망 · 대를 원통모양으로 엮어 속에 돌을 채운 망

철선 등으로 엮은 망 중에 밤돌, 옥석을 묶음으로서 유연성이 풍부해지고 작업이 용이하게 세련된 기술을 요하지 않는 특징이 있다. 망종류는 근고공(뿌리를 단단히 하는 공사), 수제로서 이용될 때에는 수중에, 호안공으로서 이

용될 때는 수중 및 육상에 공극을 제공한다. 결점으로는 망재료가 마모, 열화하기 쉬우며 내구성이 부족하다. 수중에서의 망 중에 공극은 소형의 갑각류, 추어, 곤충류의 거처로 되며 어류에 따라서는 산란장소, 휴식장소로 되는 것 이외에 부착성 염류가 먹이로 된다. 또한 수제 및 지상부에서는 공간에 흙이 퇴적하여 식물이 생육하고 다양한 생태계를 형성한다.

#### (2) 목공·쇳나무가지 침상

소나무·삼나무의 통나무, 버드나무 등을 방격, 격자 상으로 조립하여 그 중에 할석·밤돌·옥석 등을 채워 수로 바닥에 심어 기초를 튼튼하게 하는 등에 이용한다. 완류에는 쇳나무가지 침상, 급류에는 목공침상이 적당하다.

벗나무·벗나무쇳나무가지는 부패가 진행되기 때문에 정기적인 보수가 필요로 한다. 소재간의 공극이 다양하며 유속의 변화도 많으므로 다양한 환경을 만들어내고 다양한 종류의 어류 등을 생식시키는 수용능력을 가지고 있다. 이 부자리망·대를 원통모양으로 엮어 속에 돌을 채운망보다도 다양한 환경을 제공한다.

#### (3) 치석, 부석

기초를 단단하게 함과 수제를 위하여 할석과 옥석을 수중에 설치하는 것으로서 돌 주위에 유속·수심이 다양한 흐름을 형성하는 것이 가능하다.

돌 주위에서 일어날 수 있는 다양한 흐름에 의해 어류의 휴식장소·먹이장소를 제공하는 것이 가능하다.

#### (4) 돌쌓기 호안

옥석·할석·야면석 등을 쌓는 것으로서 모르타르 콘크리트를 이용하여 돌을 접합시키는 것을 채움 돌쌓기, 접합재를 이용하지 않은 것을 공간돌쌓기라 칭한다. 채움 돌쌓기는 돌 사이의 공극이 없으므로 생물의 서식처 제공에는 거의 없지만 공간돌쌓기는 수중의 돌 사이에 공간이 있어 소형 갑각류, 추어·곤충류의 서식처로 되며 수제 및 지상부에는 공간이 흙으로 퇴적하여 식물이 생육하고 다양한 생태계를 형성한다.

#### (5) 말뚝·울타리

기준막음으로 적당한 간격으로 말뚝을 박고 그 사이를 쇳나무가지 등을 묶어서 울타리 또는 연결말뚝을 하고 배면 측에는 흙, 밤돌, 자갈 등을 채운다.

수중부에서는 말뚝과 울타리의 사이 또는 배면에 채운 돌 사이에 공극이 생겨 생물의 서식지로 된다. 지상부에서는 채운 토양에 식물의 생육이 기대된다.

(6) 흙수로

이 공법은 가장 단순한 공법이며 자연하천에 가까우므로 다양한 생식·생육으로 적당하다. 수층부 등에서의 세굴 등을 방지하기 위하여 부분적으로 호안, 수제를 이용하는 등의 고안을 하는 것으로 흙수로에 가능한 범위가 넓다.

(7) 어소(물고기 보금자리)의 설치

어로내에 어류의 피난·휴식장소로 되는 물고기 보금자리를 설치한다. 어소는 치석과 기성제품의 U자형 도랑을 이용하는 것이 고려되고 있다. 어디까지나 휴식 장소이므로 주변의 강바닥이 콘크리트 등으로 먹이의 존재, 산란장소의 확보 등이 주어지지 않으면 기대한 효과를 얻는 것은 곤란하다.

(8) 하반목 식재

하반목을 식재함으로써 곤충 등의 소동물의 생식환경을 제공하는 것과 조류 및 어류의 먹이, 휴식장소의 제공, 수온의 상승의 억제, 수변에의 그늘제공 등의 효과가 있다. 물가의 식재에 의하여 햇빛 그늘을 수면에 형성하고 그늘을 좋아하는 어류의 생식장소를 제공함에 따라 수로에 다양성을 가지게 하는 것이 가능하다.

여 백

## 4. 친환경 소재의 주변공간 정비기술 구축

여 백

## 4. 친환경 소재의 주변 공간 정비기술 구축

### 4.1 목 적

자연환경의 보전과 지속 가능한 개발이라는 시대적 흐름에 따라 모든 인위적 생산 활동을 위한 개발 및 정비사업에 환경친화라는 개념이 도입되어 많은 사업이 시행되고 있으며, 날로 높아 가고 있는 환경과 자연 생태에 대한 국민적 관심은 생산성과 효율성만을 고려한 기존의 콘크리트 위주의 농업생산시설에서 자연 환경 친화적인 농업과 쾌적한 농촌 환경의 조성을 요구하고 있고 그에 부응하기 위한 시범 사업들이 수행 되어 오고 있다.

농촌 환경의 가장 중요한 구성요소중의 한 부분인 수변공간에 대한 정비수요가 증가하고 있는 이때에 친환경적 개념의 적용은 하나의 필요조건이 되었다 해도 과하지 않을 것이다. 하지만 그동안 수변공간 정비에 활용된 친환경 공법들은 중, 대규모 하천을 대상으로 개발되어 농업 용·배수로의 특성과 목적 및 지역적 특성에 부합되지 않는 많은 문제점들이 여러 시범사업을 통해 확인 되었다. 이러한 문제점들은 농업기반시설의 하나인 용·배수로의 기능성과 안전성을 저해하는 요소들로, 수생식물의 과도한 번식으로 인한 통수능의 저하와 친환경적 공법의 일환으로 설치된 콘크리트 구조물의 내구성에 대한 의문점 등을 예로 들 수 있으며 유지관리상의 어려움과 같은 기능성과 자연생태성 그리고 경관성의 대치로 인한 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 본 연구는 친환경공법을 이용한 농업 용·배수로의 개보수 사업지역에 대한 모니터링을 통하여 소재의 공학적 안정성과 생태적 기능을 파악하고, 친수공간 형성, 홍수방지 역할, 생태계 복원 및 경관성 등의 다면적 기능을 분석하여 시공기법 및 사업에 대한 적절한 지표를 설정하고자 용배수로에 대하여 서술하였다.

## 4.2 용·배수로의 특성

### 4.2.1 용수로의 특성

목표로 하는 일정 시간 내에 필요한 양의 농업용수를 농지에 보내야 하는 용수로의 기능에 기인한 특성으로 인하여 용수로 내에서 발생하는 용수의 유실이 최소화되어야 하며, 용수의 흐름을 방해하는 요소가 적어야 한다. 수문학적 특성으로 용수 공급시기 외에는 물이 거의 없으며, 홍수에 의한 직접적인 유량 증가가 적고, 주변의 농지보다 높은 곳에 위치하기도 하며 수질에는 비교적 문제가 없다.

### 4.2.2 배수로의 특성

농지로 물이 역류되지 않도록 물의 배출능력이 확보되어야 하기 때문에 용수로와 마찬가지로 배수로의 흐름을 방해하는 요소가 적어야 하며, 지하수로 충분히 물을 누수 시켜도 좋다. 주변의 농지보다 낮은 곳에 위치하며 갈수기에 일정한 유지수량을 확보하기가 어렵고 홍수시 급격하게 유량이 증가한다. 농약과 비료로 인한 수질오염을 저감시킬 수 있는 능력을 보유하는 것이 바람직하다. (표 4-1)은 생물의 서식환경 측면에서의 용·배수로의 일반적 특징을 나타낸 것으로 용수로와 배수로의 상황이 상반되는 내용이 많으므로 친환경 소재 및 공법을 사용할 경우 고려해야 할 사항이라고 판단된다.



(표 4-1) 생물의 서식환경 측면에서의 용·배수로의 일반적 특징

용수로		배수로
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 통수기간동안은 유속이 빠름</li> <li>- 통수시에는 수심이 확보되지만, 비관개시에는 유수가 없는 경우가 많음</li> <li>- 통수에는 유량변동이 비교적 적음</li> </ul>	통수상황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수시 이외에는 유속은 비교적 느리고, 어류 등의 서식에 적당한 공간의 확보가 비교적 용이</li> <li>- 유역으로부터의 유입원이 많기 때문에 연중 유량의 확보 가능.</li> <li>- 홍수시 유량변동이 큼</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주변 환경과 생태적으로 단절되는 경우가 많음</li> <li>- Pipe line, 터널 등 생태적인 배려가 부족한 구간이 많음</li> </ul>	생태적 연속성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다른 하천과의 연속성 확보가 비교적 쉬우며, 어류 등의 서식환경을 광범위하게 확보하기 용이</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구형단면이 많으며 통수기간에 있어서 수로단면의 여유는 배수로와 비교하여 작음</li> </ul>	수로단면	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수량에 의해 단면규모가 정해지기 때문에 홍수시 이외에는 통수단면에 여유가 있으며, 용수로와 비교하여 단면을 고안하기 용이</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물 서식환경의 확보에 있어서 구간과 공법의 선택에 충분한 검토가 필요</li> </ul>	종합 (생물의 서식환경)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물의 서식환경의 확보에 있어서 용수로에 비하여 선택 가능한 공법 다양성</li> </ul>

### 4.3 용·배수로 식생 복원의 기본 개념

농촌종합개발시 생산기반정비사업의 하나인 용수로나 배수로의 경우는 마을 앞이나 산간지등에 설치되며 특히 수로변 식생은 수분 이용도, 범람과 퇴적의 유형, 토양 조건 및 정착의 기회성에 의하여 결정되는 변이가 크다. 복원대상 수로와 주변 생태계에 대한 식생조사가 수행되면 식생분포, 식물상, 식물군집 조사에 대한 정보를 종합하여 잔존 자연식생을 보전하고 교란된 식생구조를 복원하여야 한다. 하지만 교란된 수로별 식생구조를 주변 환경과의 연속성과 조화를 이룬 생태계로 회복하기 위하여 다음 사항을 고려하여 자연성이 높은 식생구조로 복원하여야 한다.

그 중 하나로 종 다양성의 회복을 통한 복원으로 한 가지 특정 식물종이 아닌 여러 종으로 구성된 식물군집 혹은 생태계로서 복원되어야 한다. 식물군집 조성과 분포에 대한 정보를 획득하는 가장 좋은 방법은 지리적 조건, 유속, 토양에 따른 식생 구조와 분포를 연구한 문헌을 참고하거나, 인근의 유사조건

을 가진 자연하천의 대조식물군집을 조사하여 그 생태적 특징과 수종분포에 의거하여 식생복원 계획을 수립할 수 있을 것이다. 그리고 현존 식생의 유지 및 보전으로 복원대상지에 현존하는 자생 식생은 가능하면 남긴다. 이들은 침식과 퇴적을 조절하고, 종자 공급원과 미생물 잠복원 등의 중요한 기능을 수행한다. 수변식생 복원은 원래 식생이 갖고 있는 생태계의 회복력을 최대한 활용하는 것을 원칙으로 하여야 하며, 이러한 관점에서 자연 식생자원을 유지하는 것이 바람직하다.

주변 생태계와의 연속성 유도도 상당히 중요한데 수로변 생태계의 연속성은 서식지, 통로 및 여과지/장벽의 과정을 촉진하는 수로의 생태적 기능의 중요한 평가 지표이다. 그러므로 수로의 생태복원은 이러한 수로환경의 연속성을 최대로 확보하여야 하며 이러한 관점에서 식생이 연속적으로 피복 복원되어야 할 것이다. 현실적으로는 용·배수로의 특성상 식생의 연속성을 방해하는 구조물이 많이 존재하므로, 허용할 수 있는 통로의 크기와 수를 결정하고 필요에 따라서 동물의 이동을 허용하는 생태통로가 설계되어야 한다.

식물 천이의 고려사항으로는 식생 복원을 시도할 때 자연 천이를 이해하는 것이 매우 중요하다. 예를 들면 심하게 침식된 제방에 장기적으로 수명이 긴 천이 후기종을 정착시키기 위하여 일단 제방을 안정화시킬 수 있는 환경에 강한 천이 초기종을 식재하는 것이 유리할 수 있다. 특히 용·배수로 제방에서 가끔씩 제초 작업이 시행된다면 목본류의 빈도가 매우 낮게 되며, 초본류 위주로 덮이게 된다. 즉, 제방 사면의 식물상은 인위적인 교란 또는 관리의 정도에 따라서 달라진다. 따라서 제초작업을 통한 관리의 빈도가 낮아서 자연 상태에 가까울 경우에는 다년생 숙근초인 참억새, 쑥, 달맞이꽃 등이 우점한다. 한편 교란의 정도가 높은 제방에는 제초작업과 태우기 등의 교란에 내성이 강한 생활형을 가진 식물들이 주로 분포하게 된다. 그리고 제방 사면의 식물상은 계절별로 달리 나타난다. 봄철에는 쇠뜨기, 팽이밥 등 1년생 초본류가 우세하며, 여름에서 가을철에는 띠, 참억새, 쑥 등 다년생 초본류의 빈도가 높아진다. 이러한 상황에서 유지관리를 하지 않고 그대로 놔두는 경우는 갈대, 물억새, 참억새, 달뿌리풀 등의 고경 초본과 덩굴식물이 우점하고, 장기적으로 가면 초본 식물군락에서 목본식물로 천이하면서 싸리류, 갯버들, 족제비싸리, 오리나무 등의 수목이 후속적으로 발생하게 된다. 이러한 생태 천이의 과정을 파악하여 설계와 시공뿐만 아니라 사후 관리에 반영하는 것이 바람직하다.

식생복원 계획은 식생복원에 이용되는 식물의 도입 시에는 식물종의 선정이 우선적으로 이루어져야 한다. 식물종 선정시 일반적 고려사항은 기후조건과

아울러 물리적 환경조건으로 토양심도, 토양 비옥도, 사면의 경사, 수분조건 등이다. 그러나 녹화의 목적에 따라서 고려사항이 달라진다. 종의 적절한 선정은 식생복원의 지속성을 보장해주고 유지관리를 용이하게 한다. 야생초본류의 종자는 상품화 되어 시판되고 있지 않는 실정이므로 시공하는 지역에 인접한 초지에서 직접 종자를 채취하는 것이 바람직하다. 이는 특정지역의 환경적 특성을 살리기 위한 방편이기도 한다. 한편, 채종 시기가 극히 한정되어 있고 식물종에 따라서 결실시기가 다르므로 세심한 채종계획이 마련되어야 한다. 더욱이 다량의 종자가 필요한 대규모 시공에는 본격적인 채종에 앞서 채종지와 채종시기 등의 확인이 필요하기 때문에 적어도 시공 2년 전에는 도입하는 초본류의 종을 결정하는 것이 바람직하다. 그리고 발아특성, 파종방법, 파종효과 등이 밝혀져 있는 식물종류는 한정되어 있기 때문에 사전에 발아시험과 같은 기초 자료를 수집하고 도입 식물종의 선정, 종자의 수량을 결정해야 한다.

생물서식환경 복원으로는 인공적인 재료를 이용한 생물 서식처의 조성은 바람직하지 않지만, 수로의 여건에 따라서 개발된 다양한 친환경 소재 또는 자연석, 쇄석, 통나무 등을 사용할 수 있다. 자연 하천에서의 생물 서식처는 무척추동물, 조류의 산란처, 물고기 서식처 및 피난처를 의미한다. 무척추동물의 경우 하상 재료와 밀접한 관계가 있다. 어류의 서식처 조성을 위해서는 대상 수로 및 하천구역에 서식할 수 있는 어종이 분명하여야 하고 그들의 생태적 특성 파악이 우선되어야 할 것이다. 일반적으로 공통적인 어류의 특성을 설계에 고려하여 하상 웅덩이, 수제, 또는 풍수시를 고려한 본류와 연결된 작은 서식처를 고려한 식생재료 또는 소재를 이용하여 설치할 수 있다. 기타 이수적 목적으로 설치된 댐이나 보에는 반드시 어도를 설치하여 어류는 물론 수서 곤충 및 미생물의 이동에 지장이 없도록 해야 할 것이다.

식물종의 선정에 있어 우선 고려해야 할 사항은 식물 도입의 목적이다. 식생은 수로 생태계에서 물과 토양과 같은 무기물과 기타 유기물 다음에 중요한 생물자원으로, 서식처 형성의 기본 요소 중 하나이다.

식물종은 각기 기후적, 지형적, 생물적 제한요인이 있다. 습도, 광량, 온도, 지형고도, 경사면향, 필수영양소의 균형 그리고 식물종 간의 경쟁이 식물의 활착과 고사의 생태적 변수가 된다. 그러므로 도입 식물종은 서식처의 환경조건과 부합되어야 한다. 식물종 선정에 가장 효과적인 정보원은 유사한 대상지에 대한 식생 조성시에 얻어진 경험들이다. 생태계 조사 보고서, 식물도감 등에 식물종의 목록과 함께 서식처, 내성 그리고 효용성을 소개하고 있다. 대상지에 인접한 곳에 우세한 자생 식물 군락은 식생 훼손구간의 재생에 유용한 지표가

된다. 또한 성숙한 상태의 초본류나 성목을 도입하는 것보다 질병과 병충해의 예방에 내성이 있는 종자나 묘목의 식재가 바람직하다. 식물도입의 목적이 관상용이 아니라면 극상식물의 정착을 위해서 생태적 천이를 고려한 식물도입이 이루어져야 한다. 따라서 지속적으로 자연발생성이 있거나 타종의 발생을 촉진하는 식물이 우선대상이 된다.

식물종은 주변 환경특성에 따라 그 선정 기준이 다르다. 구체적으로, 유수에 직접적인 영향을 받는 사면하부의 식재종은 근계의 발달이 왕성하여 유실되지 않고 유수에 의해 쓰러지거나 부분적 손상이 있더라도 재생 회복력이 있는 종을 선정한다. 반면에, 독의 중 상부에는 유량에 따라 수위의 변동이 빈번하게 일어나는 곳이므로, 홍수시에는 침수되고 갈수기에는 지상부가 드러나는 환경 조건에 내성이 있는 식물종을 선정한다.

자연하천의 경우 토양토성과 하상재료의 입경에 따라 식물종 조성이 달라지므로 하안의 토양특성에 따라 식물종을 도입하여야 한다. 굵은 입자의 하상재료로 이루어진 하안에는 상대적으로 유수에 대한 저항력이 낮고, 내건성이 낮은 식물의 도입이 바람직하다. 단, 홍수 후에는 하안과 홍수터의 토양이 변화할 수 있다는 점을 고려한다.

#### 4.4 용·배수로 정비에 적용 가능한 친환경소재

현재까지 농업 용·배수로에 사용되고 있는 토목재료는 시멘트 및 콘크리트 재질의 재료가 대부분이다. 하지만 이들 재료는 치수기능 위주로 시공된 것으로 친환경적 기능을 지니지 못한 단점이 있다. 하지만 최근에 와서 환경문제의 사회적 부각과 함께 외국의 친환경적 복원기술들이 소개되고 있으나 국내의 여건을 고려한 관련기술의 개발은 아직 초기 단계이며, 그 필요성이 인식되면서 주로 시범사업의 형태로 추진되어 오고 있다. 또한, 용·배수로 정비 사업을 위한 표준 시공법이나 공법 및 재료선정에 관한 기준이 마련되어 있지 않아 현장에서 사용되고 있는 친환경적 설계나 토목재료들은 대부분 외국에서 사용되고 있는 공법이나 재료를 그대로 사용하거나 모방하여 생산하고 있는 실정이다. 그 결과 국내의 환경 또는 수리수문학적 특성에 맞지 않아 시공 후 시설물이 파괴되거나 유지관리가 공사비용을 초과하는 경우도 발생하고 있다.

친환경공법에 주로 사용되는 재료로는 식생, 목재, 석재, 콘크리트 2차 제품 등이 주류를 이루고 있으며, 이를 이용한 다양한 공법들이 최근 도시주변 하

천정비에 활용되는 사례가 늘고 있다. 아직은 시험 단계에 있지만, 다양한 공법이 친환경 용·배수로 정비에 응용되면서 자연성, 심미성, 친수성을 높이기 위한 여러 사업이 계획, 설계되고 있으며, 주변 경관과 조화를 이루는 정비의 방향으로 나아가고 있다. 이와 함께 마을진입과 영농활동에 필요한 접근로 및 농도와 용·배수로가 연결하여 위치한 경우 용이한 이동성 확보를 위한 도로의 확포장에 대한 요구가 증대 되면서 구조적으로 안전한 콘크리트 라이닝 및 옹벽형태의 수로정비를 통해 접근성을 개선하는 사례가 늘고 있다.

친환경 용·배수로의 정비는 결론적으로, 대상지역의 생태적 안정과, 수로로서의 기능성 확보와 함께, 이를 이용하는 주민의 안전성을 배려하면서 주변 경관과 조화를 이루는 방향으로 추진하는 것이 바람직하며, 이를 위하여 생물학과 생태학의 지식에 근거하여 과학적이고 기술적인 프로세스에 의하여 진행될 필요가 있으며 재료는 인공적인 것을 가능한 적게 하여 생물체와 토양 등의 유기적인 요소를 많이 이용하는 것이 바람직하다. 그러므로 이러한 재료의 특수성과 시공시의 배려사항에 대하여 충분히 이해해둘 필요가 있다.

#### 4.5 정비 지구의 지역적 조건을 고려한 정비 기준(안)

농촌종합개발을 위한 농업생산기반정비사업 중 환경과의 조화를 배려한 수로와 저수지는 필요한 수량을 안전 또한 효율적으로 유하 또는 저류시키는 등의 농업수리시설로서의 기능을 가짐과 동시에 생물의 생식·생육환경을 확보하는 기능도 병행하여 기대하는 것이 요구되고 있다. 이러한 기능의 확보는 설계를 할 때 상반되는 부분이 있기 때문에 지역조건에 따라 적절하게 되도록 하고, 관계 농가를 포함한 지역주민, 지식인 등의 의논과 의견을 바탕으로 하여, 지역의 합의형성을 도모하고 종합적인 검토를 할 필요가 있다. 또한 설계·시공의 단계에서 중요한 생물 종(種)의 생식·생육이 새롭게 확인되어 환경배려의 기본으로 관련되는 중요한 현지조건이 명확한 경우 등에는 필요에 따라서 설계단계의 조사내용에 까지 되돌아가서 환경배려의 기본으로부터 재검토를 실시하는 것을 포함하는 탄력적 대응이 중요하다. 과거의 수로 설계에는 효율적·경제적인 송수 관점으로부터 경제단면으로 직선화함에 따라 퇴적모래와 식생을 방지하여 얻어진 유속을 설정하는 것이 일반적이었지만 이와 같은 수로에서는 어류 등의 수생생물의 생식·생육은 곤란하다. 앞으로는 환경과의 조화를 배려한 수로의 설계를 실시할 경우에는 지역주민의 합의형성에 노력하

면서 농업용수시설로서의 기능과 수로와 수답과의 연속성을 배려한 생물의 생식·생육공간으로서의 기능을 확보하여 얻어진 종합적인 검토가 필요로 한다. 계획책정에 앞서 소요의 조사는 실시되고 있지만 설계에 있어서의 상세한 현지측량과 용지조정 등을 진행할 때에 계획단계에서 파악하여 얻어진 현지조건이 명확하게 되는 경우가 있다.

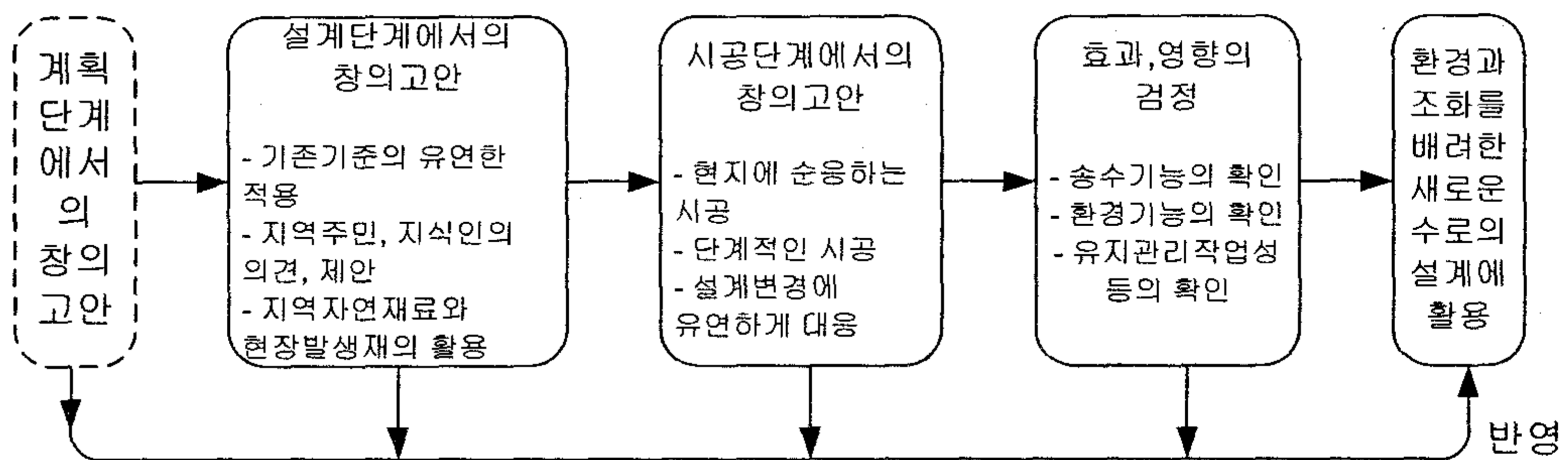
예를 들면 중요한 생물 종(種)의 생식·생육, 국지적인 용수의 존재에 의한 독특한 생태계의 존재, 노선계획과 시설구조에 관한 용지상의 제약 등이 있다. 새로이 명확하게 밝혀진 조건이 환경배려의 기본과 관계되는 경우에는 기존의 설계내용에 구애되지 않는 필요한 부분에 관하여 계획단계의 조사내용에 까지 되돌아가서 재검토를 하는 것이 필요하며 이것은 효율적으로 적절한 설계시공을 진행하는 것이 중요하다. 농촌 자원과 환경에 대한 가치평가가 일률적으로 같을 수 없으며, 개발이 일상화되어 있는 현재의 상황에서 모든 농업수리시설을 친환경적으로 조성할 필요는 없을 것이다. 농업수리시설의 환경 친화적 정비는 개별적 사업으로 농촌의 발전을 도모하는 것이 아니라 농촌의 활성화를 위한 생산기반시설의 환경 친화적 정비를 고려하는 것이다. 또한 수리시설 정비에 있어서 모든 곳을 환경 친화적으로 정비하는 것이 아니라 정비계획에 있어서 생태계, 인문 사회적, 친수성 등이 정비에 의해 배가되어 나타나거나 그 기능을 더욱 향상시킬 수 있는 곳을 우선적으로 정비하는 것을 목적으로 하여야 할 것이다. 이에 친환경 소재 및 공법을 사용할 경우 지역특성에 맞는 자연생태계 또는 식생 등을 고려하여 친환경 소재 및 공법을 적용시켜야 할 것이며 이에 대한 연구를 진행 중에 있다. (표 4-2)는 농업시설의 환경친화적인 세부정비 방안을 나타낸 것으로 친환경소재 및 공법을 사용하여 사업을 시행할 경우 참고 되어야 할 사항이라고 판단된다.

(표 4-2) 농업시설의 환경친화적인 정비방안

구 분	방 안	세 부 방 안
생산기반시설	환경친화적 농업수리시설	환경친화적 수로(용수로, 배수로) 생태습지의 조성(소류지, 저수지) 생태통로의 조성(어도, 생태이동통로)

### 4.5.1 창 의 고안 에 의 한 설 계 · 시 공

자연과 생태계는 그 지역고유의 것이므로 표준적인 설계와 공법이 전 지역에서 유효하다는 것은 한정되어 있지 않다. 그 경우는 지역조건과 주민 등의 의견을 활용하여 지역에 설계상 창의적 고안을 하는 것이 중요하다. 또한 공사 완성후의 토사의 퇴적·이동, 식생의 변화 등에 의하여 생물의 생식·생육 환경이 차체에 변화·형성되는 것이 많다(소규모의 여울·못의 생성 등). 이와 같은 경우 자연환경조건의 변화 속도, 시공 내용, 시기를 맞춤에도 불구하고, 그 효과와 영향을 확인하면서 단계적으로 정비하는 등, 시공상의 창의 고안을 실시하는 것도 유효하다. 창의 고안에 의한 설계, 단계적인 시공에 의한 설계에 반영하여야 하는데 단계적인 시공 등을 실시하는 지역의 환경과 맞춤에도 불구하고 보다 더 좋은 것으로 정비되고 있는 것이 중요하다. 또한 시간의 경과에 따라서 식물이 번성하며 토사가 퇴적되는 등 자연형에 가깝게 되는 것을 염두에 두어 설계를 실시하는 것이 필요하다. 시공을 배려한 설계에서는 현지 자연재료의 적극적인 활용과 시공단계에서의 창의 고안을 도모하는 관점에서 부터 설계도면에는 부재 등의 상세한 형상·치수를 기재하는 것만으로는 안 되며 설계 의도와 시공 방법 등을 문장과 이미지도 등에 기재한 방법이 좋은 경우도 있다. 또한 시공이 곤란하고 복잡한 구조로 되지 않는 것처럼 현지의 시공조건을 바탕으로 설계를 할 필요가 있으며 이러한 과정을 그림으로 나타낸 것이 <그림 4-1>과 같다.



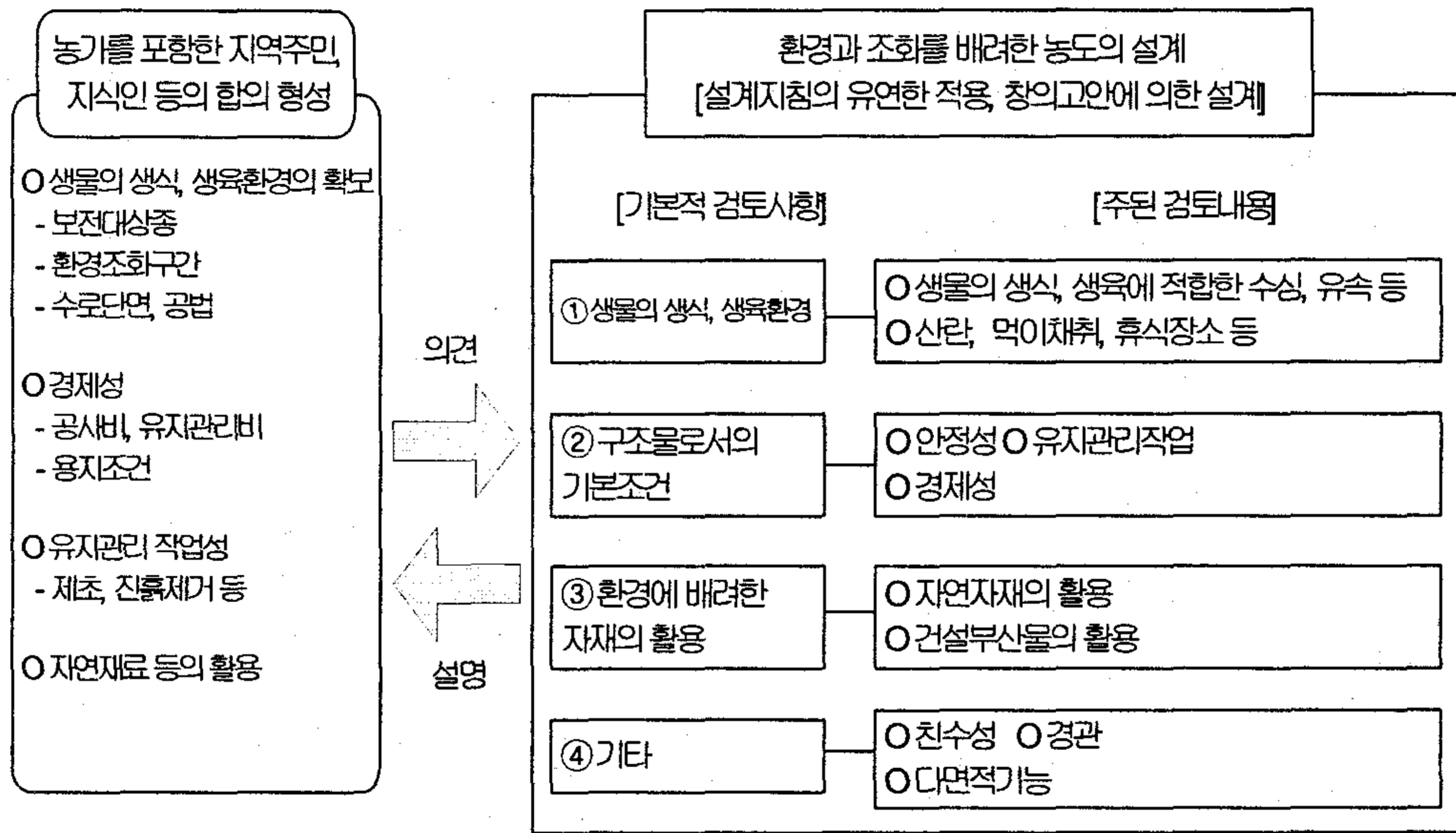
<그림 4-1> 계획단계에서의 창의고안 과정

또한 지역주민의 참가를 독려하는 것이 필요한데 설계·시공단계에서의 창의 고안과 효과·영향의 검정에 따라서 지역주민의 적극적인 참가를 촉진하는 것

이 필요하다. 예를 들면 시공단계에 있어서도 식재 등 지역주민이 손수 참가할 수 있는 부분을 만드는 등의 고안을 실시하는 것이 중요하다. 환경에 배려를 중시하는 설계는 경제성, 유지관리 등의 확보를 우선으로 할 수 없는 것도 있기 때문에 현행 설계기준 등의 유연한 적용이 필요하다. 안전성, 경제성 등의 과거의 검토사항 뿐만 아니라 환경과의 조화에 배려를 포함한 폭넓은 검토를 종합적으로 하는 것으로 한다. 설계기준에는 「수로의 단면치수는 원칙적으로 설계유량에 관하여 평균유속공식을 이용하여 구하여야 한다.」는 것으로 되어 있지만 환경과 조화를 배려한 수로에 있어서는 대상생물의 생식·생육환경을 보전하기 위하여 설계유량 외에 최대빈도 유량과 최소유량 인 비관개시기의 수량 등 유량의 변동을 고려한 단면의 검토를 실시할 필요가 있다.

설계에 있어서의 검토사항은 환경과의 조화를 배려한 수로는 농업수리시설로서의 기능 확보와 더불어 생물의 생식·생육환경의 확보, 구조물로서의 기본조건 확보, 환경에 배려한 자재의 채용, 기타 다면적 기능(친수성과 경관 등)에의 배려가 이루어질 필요가 있다. 현재 수로의 설계에 있어서는 농업생산성의 향상뿐만 아니라 다음과 같은 다원적인 관점으로부터 검토할 필요가 있다. 또한 각각의 검토내용은 서로 관계되어 상반되는 면도 있으므로 농가를 포함한 지역주민과 지식인 등의 의견을 수시로 듣고 참고로 하는 것이 바람직하다. <그림 4-2>는 환경과 조화를 배려한 농도의 설계 예를 나타낸 것이다. 우선 사업시행시 농가를 포함한 지역주민의 의견을 청취하는 것이 중요하고 기본적인 검토사항으로는 생물의 생식·생육환경, 구조물의 기본조건인 안정성과 유지관리작업의 용이성 및 경제성 등을 염두해 두어야 한다. 그리고 환경과 조화를 배려한 측면에서는 그 지역에서 구할 수 있는 자연자재의 활용과 건설폐기물 등의 사용도 고려해야 할 것이다.





<그림 4-2> 환경과 조화를 배려한 농도의 설계에

생물의 생식·생육환경의 확보면에서는 연간 유량변동에 대하여 생물의 생식·생육에 적당한 수심, 유속 등의 조건이 확보되어 있는지 검토한다. 또한 생활사에 맞춰 생식장소를 이동하는 동물 종(種)도 있으므로 필요로 하는 생식범위를 고려하여 대상 종(種)에 적당한 산란, 채이(먹이 구함), 휴식, 피난장소의 확보를 검토할 필요가 있다.

1) 생식·생육환경을 확보하기 위한 수심과 유속의 검토

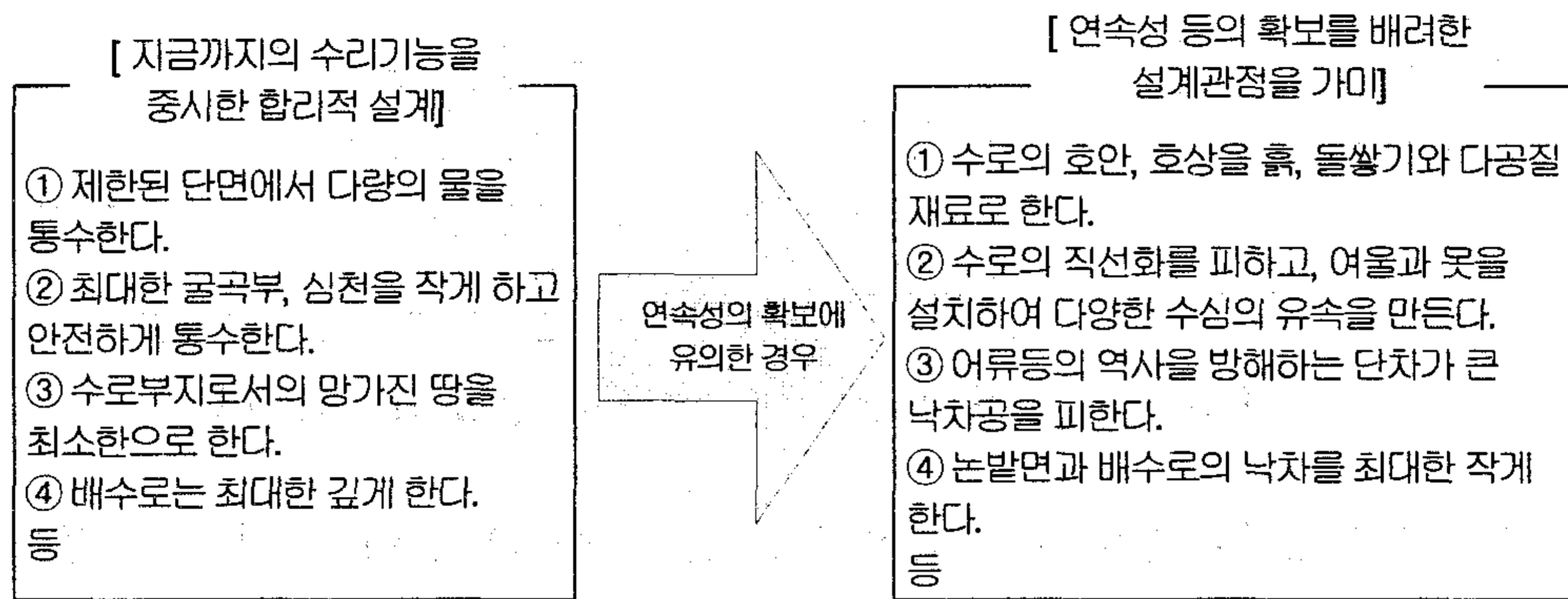
수로에 연간 통과하는 유량상황을 확인하고 최대유량과 최소유량 등에 대하여 생식·생육에 적당한 수심·유속의 확보를 검토한다. 특히 최소 유량시 또는 비관개시기의 생식·생육에 필요한 수심을 확보할 수 있는지의 여부는 환경과의 조화를 배려한 수로정비의 가능성을 좌우하는 기본적 조건이며 검토는 불가결하다. 또한 비관개시기는 수량의 감소 등에 따라 수로내의 수질이 극단적으로 악화하는 경우가 있으므로 유의할 필요가 있다.

2) 생식범위를 고려한 생식환경의 검토

대상종(種)에 따라서는 생식장소가 수로뿐만 아니라 수전과 하천·저수지 등에 이동하는 것이 있으며, 산란·피난장소 등을 억지로 수로에 확보하지 않아도 좋은 경우가 있다. 이 때문에 동물의 생식환경에 관해서는 생식범위를 파악한 것 중에 검토할 필요가 있다.

### 3) 연속성확보를 위한 배려

수전에 접속하는 수로의 설계에 있어서는 연속성의 확보관점으로부터 적극 논발면과 배수로의 낙차를 작게 하는 경우와 호안·호상을 흙·돌로 쌓은 다공질 재료로 하는 등으로 배려한 수로구조물로 하는 것이 바람직하다. <그림 4-3>은 수리시설물의 연속성 확보를 배려한 설계관점으로 기존의 일반적인 설계보다 더 구체적으로 환경성을 고려한 설계가 되어야 할 것이다.



<그림 4-3> 수리시설물의 연속성 확보를 배려한 설계관점

### 4) 비관개시기의 물 확보

수로 등의 구조뿐만 아니라 새로운 비관개시기의 물을 확보하는 것이 필요로 되는 경우도 고려된다.

### 5) 수리기능을 중시한 수로의 선택

구조상의 조건, 동절기 용수확보, 유지관리 등의 자연적·사회적 조건에 따라 모든 수로를 생태계보전형으로 하는 것은 사실상 곤란하다고 생각되지만 기본계획의 취지에 근거하여 각각의 장소의 입지조건, 용수의 이용형태와 본거지요망 등을 바탕으로 하여 「생태계보전기능을 중요시한 수로」, 또는 「수리기능을 중시한 수로」를 선택하는 것이 중요하다. 수리구조물로서의 기본조건의 확보 환경과의 조화를 배려한 수로에 대해서도 구조물로서의 기본적인 요건인 안전성, 경제성, 유지관리 작업성이 만족할 필요가 있기 때문에 비교설계 중 충분한 검토·확인이 필요하다.

안전성측면에서는 흙수로에 있어서는 법면의 침식, 붕괴 등 돌로 쌓은 수로에 있어서는 호안의 전도, 활동 등에 대한 안전성에 대하여 확인 하는 것이 외에 소요의 안전확보 대책을 강구할 필요가 있다. 특히 환경과의 조화를 배

려한 수로에서는 자연소재를 사용하는 경우도 많기 때문에 안정계산(전도·활동·침하·부상 등)에 의한 안정성을 검토하는 것이 중요하다. 또한 주민, 관리작업자 등의 안전을 도모하기 위하여 전락(굴러 떨어짐)방지 등 안전대책을 검토할 필요가 있다. 경제성의 확보측면에서는 환경과의 조화를 배려한 수로는 생물의 생식·생육에 적당한 유속 등을 확보하기 위하여 단면규모를 크게 하는 등 경제성을 우선하는 과거의 수로에 비하여 용지비와 공사비가 증대하는 경우가 많다. 때문에 각종 수로단면공법 등의 선택에 있어서 경제성의 비교가 중요하다고 할 것이다. 환경에 배려한 공법에 있어서도 비용감축으로 되는 시공방법과 사용재료를 채용하는 것에 의하여 경제성의 확보에 노력할 필요가 있다.

유지관리 작업성의 확보측면에서는 상정한 생물 종(種)의 생식·생육조건을 확보하기 위해서는 적절한 유지관리가 전제로 하는 것으로부터 수로의 제초와 진흙제거 등을 위하여 수로바닥에 계단을 설치하는 등과 같은 유지관리 작업의 용이함의 배려, 유지관리비의 경감 등에 대해서도 검토할 필요가 있다.

#### 4.5.2 환경을 배려한 자재의 이용

지역에서 채취할 수 있는 자연재료는 주변 환경과 조화되기 쉬우며 공사비가 싸게 되는 경우도 있으므로 그 이용에 대해서 고안하는 것이 바람직하다. 또한 식물 등은 외래종을 이용하면 현재의 생태계에 영향을 미치는 경우가 있으므로 유의할 필요가 있다. 수로 개조시에 발생하는 콘크리트 폐자재 등을 재이용하는 것은 폐기물의 발생억제에 의한 환경에의 배려, 사회적 비용의 감축 및 공사비의 감축에도 효과적이므로 적극적으로 검토할 필요가 있다. 주변 지역에 없는 자연재료(석재·간벌(숙아냄)재 등)를 원격지 등으로부터 들여오는 경우에는 공사비가 높게 되는 것 외에 주변과의 경관과 조화를 이루지 못하는 경우도 있기 때문에 유의할 필요가 있다. 그리고 재래종에 의한 식생회복을 촉진하기 위해서 표토취급 채용을 검토하는 것 이외에 신규의 식생과 법면 뿔어 붙이기를 하는 경우에도 적극적으로 재래종을 이용한다. 또한 지역 이외에서 표토 등을 반입하는 경우에도 지역의 생태계에 영향을 미치는 외래종의 혼입 등에 충분한 주의가 필요하다. 건설부산물의 활용의 이용예로서는 콘크리트 덩어리를 이용하는 것과 천으로 만든 것의 채움재와 블록의 뒷채움재 등에 이용되거나 건설발생목재(벌채목·간벌재 등)를 나무말뚝, 목공침상공, 쉼나무

가지 재로서의 이용 등이 있다. 간벌재와 쉼나무가지재 등의 자연재료에 있어서는 적절한 유지관리·보수를 할 필요가 있다.

### 4.5.3 생물의 생식·생육조건외 확보와 경제성·유지관리 작업성의 밸런스

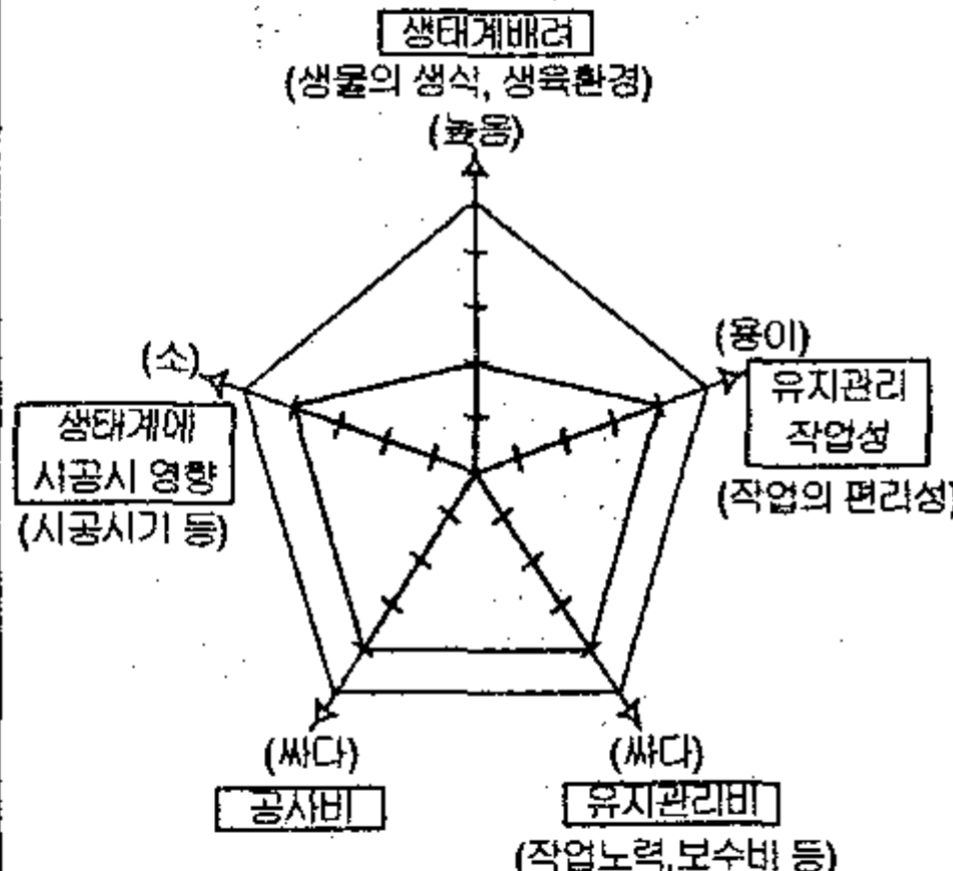
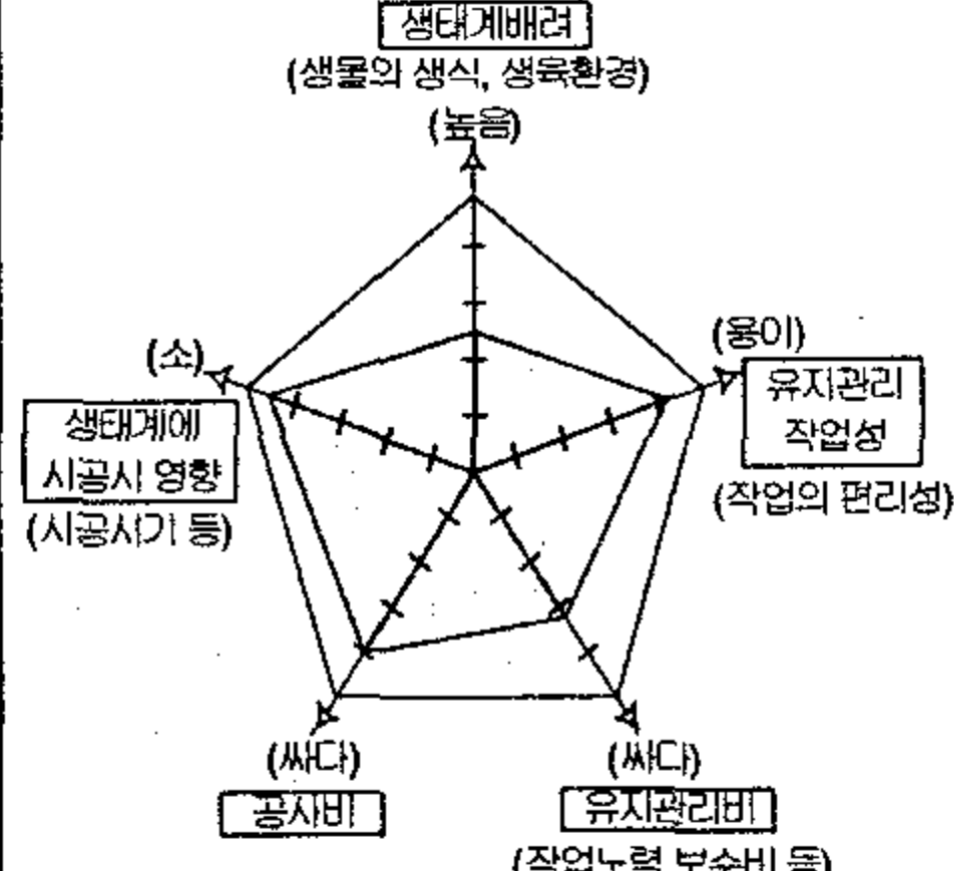
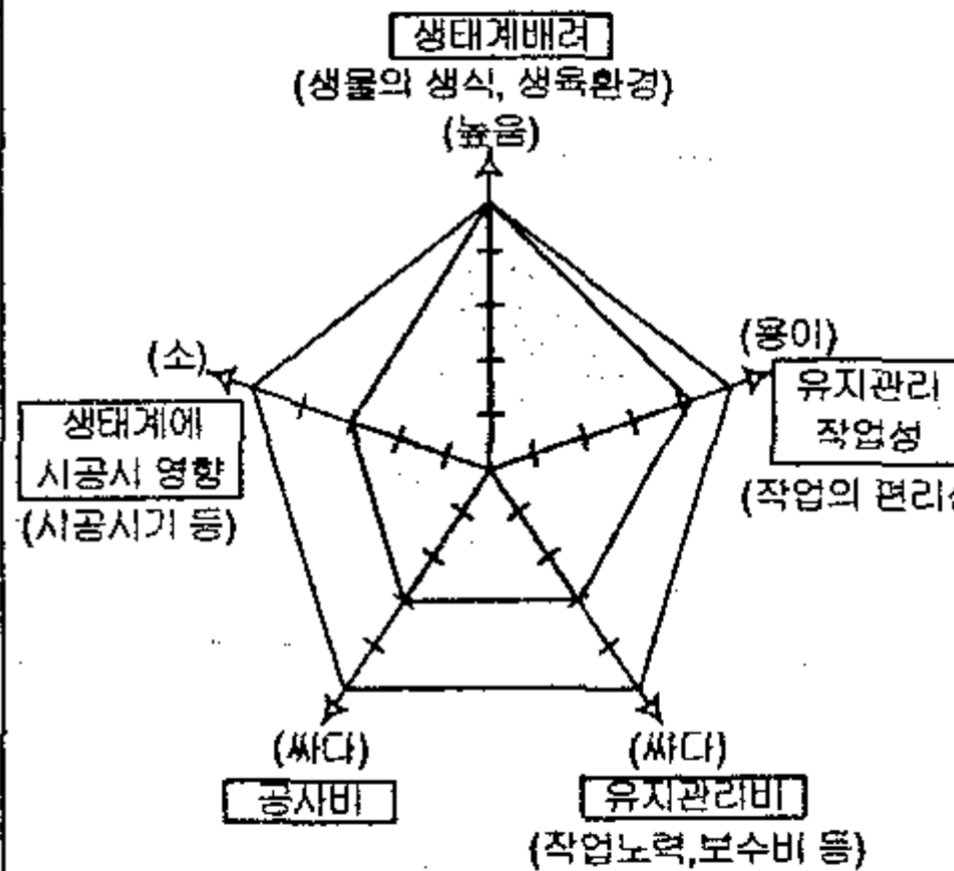
농촌종합개발사업시 생태계와 경제성을 고려하여 시공하는 것도 중요하지만 환경과의 조화를 배려한 수로의 정비에 있어서는 생물의 생식·생육환경에의 배려를 높이는 한도는 공사비와 유지관리비 등이 증가하는 것도 있으므로 이러한 밸런스를 고려하여 설계를 하는 것이 중요하다. 이 경우 공사비를 부담하고 장래의 유지관리를 할 농가를 포함한 지역주민 등의 의견을 충분히 수렴해서 검토를 하는 것이 필요하다. 환경과의 조화를 배려한 수로에는 농가를 포함한 지역주민·지식인 등의 의견을 근거로 하여 다음에 나타낸 바와 같은 밸런스를 고려하여 설계를 하는 것이 중요하다. 여기서는 생태계 배려, 공사비, 시공시 생태계에 영향, 유지관리비, 유지관리 작업성의 5요소의 밸런스를 상호 연관하여 분석한 결과를 나타낸 것이 (표 4-3)은 구조상 안전에 침식을 방지하는 경우의 공법예로 주로 제방에 사용 되는 경우인데 콘크리트 블록설치공을 하였을 경우에는 경제성 및 유지관리성을 중시하기 때문에 생태계 배려가 낮지만 다자연형의 블록공을 하였을 경우에는 생태계 고려가 높지만 반면에 유지관리 작업성이 현저히 떨어지는 관계를 알 수 있다. 그리고 (표 4-4)는 기설 호안이 있는 경우의 공법 예로서 제방 이외의 급사면인 경우를 나타낸 것으로 사석공의 경우에는 어류 등 생태계를 고려하여 사석에 의한 환경사호안공보다 공사비가 과다 소용되는 것으로 분석되었고 토질이 좋은 흙에 대하여 시공한 것은 공사비도 저렴하며 생태계와 경관성을 상당히 우수하게 형성되고 있음을 알 수 있었다. (표 4-5)는 호안이 되어 있지 않은 법면의 공법 예로서 제방 이외 환경사에 대하여 나타낸 것이다.

(표 4-3) 구조상 안전에 침식 방지하는 경우의 공법에

구분	콘크리트 블록설치공 (경제성·유지관리성 중시 타입)	다자연형의식 블록공 (생태계배려 타입)	자연석고착 금속망공 (생태계·경관배려 타입)
수제 단면·공법	- 뒷채움재 (쇄석 등) 위에 콘크리트 블록을 까는 공법이다.	- 의석대형 블록을 철근에 연결하고 고정하는 공법이다.	- 연결 금속설비 등에 자연석군을 강고하게 다짐 고정하는 공법이다. 경관에 맞게 할석·옥석이 선택가능하다.(현지발생재의 사용도 가능)
생태계	- 법면이 콘크리트 블록으로 덮이기 때문에 식물이 번식이 없고 생태계에의 배려가 낮다.	- 의석블록 사이의 공간부의 사이 채움 흙과 배면토가 연속하여 식물의 뿌리가 정착하기 쉽다. - 식생과 블록 사이의 적당한 공간에 의해 생물의 생식공간을 확보하는 것이 가능하다.	- 자연석 사이에 공극부 사이 채움흙과 배면토가 연속하여 식물의 뿌리가 정착하기 쉽다. - 식생과 자연석 사이의 적당한 공간이 있으므로 생물의 생식공간을 확보하는 것이 가능하다.
선정 point	- 생태계에의 배려를 필요로 하지 않는 지역에 채용한다. - 블록 설치 상부법면은 제초를 요한다.	- 명지(그릇모양의 연못) 등에서 저수지의 주위에 호안을 요하고 수제에 수초를 번식시키는 경우 채용을 검토한다. - 법면 부근은 제초작업을 요하지만 수면아래는 필요에 따라 제초작업을 한다.	- 명지(그릇모양의 연못) 등에서 저수지의 주위에 호안을 요하고 수제에 수초를 번식시키는 경우에 있어 지역에 자연석이 현지에서 입수 가능한 경우에 채용을 검토하는 것이 바람직하다. - 자연석이므로 의석 블록과 비슷하게 경관성은 좋다. - 제초작업은 다자연형의식 블록공과 동등하다.
참고·밸런스도	<p>&lt;과거 설계에 의한 일반적인 호안&gt;</p>		

주: 1) 생태계배려·공사비·유지관리비의 밸런스의 개념도는 「콘크리트 블록설치공」을 기준  
 2) 공사비는 자재를 구입한 경우를 나타낸다.

(표 4-4) 기설 호안이 있는 경우의 공법 예

	사석공 (어류 등 배려 타입)	사석에 의한 환경사 호안공 (생태계 배려 타입)	토질이 좋은 환경사 호안공 (생태계·경관배려 타입)
수 제 단 면 · 공 법	· 사석을 배치하는 공법이다. 갈대 등의 식재는 필요에 따라 실시한다.	· 기설호안의 전면에 사석으로 환경사를 만들고 갈대군락을 형성하는 공법이다.	· 기설호안부의 전면에 붉은 차진 흙 등의 흙으로 환경사를 만들어 사석과 난잡하게 박은 말뚝 등으로 제방을 막고 식재하는 공법이다.
생 태 계	· 사석과 갈대 등의 식생에 의하여 생물의 생식공간(어류 등의 산란장소와 피난장소 등)을 확보하는 것이 가능하다.	· 사석과 갈대 등의 식생에 의하여 생물의 생식공간(어류 등의 산란장소와 피난장소 등)을 확보하는 것이 가능하다.	· 사석과 갈대 등의 식생에 의하여 생물의 생식공간(어류 등의 산란장소와 피난장소 등)을 확보하는 것이 가능하다.
선 정 point	· 사석으로 현지에서의 발생재의 이용을 검토한다. · 사석공은 진흙제거 등의 유지관리를 고려하여 범위 등을 설정할 필요가 있다.	· 사석으로 현지에서의 발생재(벌채목과 간벌재 등)의 이용을 검토한다. · 경사가 완만한 쪽이 사석량이 많으며 공사비가 높게 된다. · 환경사 쪽이 유지관리 작업은 쉽다. · 환경사 호안의 범위·경사각은 저수량을 고려한다.	· 나무말뚝, 사석으로 현지에서의 발생재(벌채목과 간벌재 등)의 이용을 검토한다. · 붉은 차진 흙으로 준설토의 이용을 검토한다. · 환경사쪽이 유지관리 작업은 쉽다. · 흙부분이 넓은쪽이 식물은 번식하기 쉽다. · 환경사 호안의 범위·경사각은 저수량을 고려한다.
참 고 (밸 런 스 도)			

주: 1) 생태계배려·공사비·유지관리비의 밸런스의 개념도는 「콘크리트 블록설치공」을 기준  
2) 공사비는 자재를 구입한 경우를 나타낸다.

(표 4-5) 호안이 되어 있지 않은 법면의 공법에

	사석 + 식재공 (생태계 배려 타입)	사롱*공 (생태계·침식 배려 타입)	나무 울타리 호안공 (생태계·경관 배려 타입)
수제 단면 공법	· 환경사의 수제에 사석을 설치하고 갈대 등을 식재한다.	· 유입부 등 흐름이 있는 장소에서는 사롱에 의하여 호안하고 사석과 식재를 하는 공법이다.	· 나무말뚝과 통나무에 의하여 울타리 호안공법이며 나무울타리의 사이에 갈대 등을 식재한다.
생태계	· 사석과 식생에 의하여 생물의 생식공간(산란장소와 피난장소 등)을 확보하는 것이 가능하다.	· 사석과 식생에 의하여 생물의 생식공간(산란장소와 피난장소 등)을 확보하는 것이 가능하다.	· 나무울타리 사이의 식생에 의하여 생물의 생식공간을 확보하는 것이 가능하다.
선정 point	· 사석과 진흙으로 현지에서의 발생재의 이용을 검토한다. · 진흙제거 등의 유지관리를 고려하고 범위 등을 설정할 필요가 있다. · 완만한 지형에서 수위 변동이 작은 곳에서는 수생 식물 등을 식재하는 것을 검토한다.	· 사롱으로 연결된 자연석과 나무말뚝에 현지에서의 발생재(벌채목과 간벌재 등)의 이용을 검토한다. · 나무말뚝은 필요에 따라 설치한다. · 사롱은 타공법과 비교하여 쓰레기 줍는 등의 유지관리작업이 어렵다.	· 나무말뚝과 통나무로 현지에서의 발생재(벌채목과 간벌재 등)의 이용을 검토한다. · 나무울타리의 보수 등을 검토해둘 필요가 있다. · 목재를 이용하므로 사롱공과 비하여 경관성이 좋다.
참고 (밸런스도)			

주: 1) 생태계배려·공사비·유지관리비의 밸런스의 개념도는 「콘크리트 블록설치공」을 기준  
 2) 공사비는 자재를 구입한 경우를 나타낸다.  
 \* 사롱(蛇籠) : 물의 흐름을 완만하게 하거나 독을 보호하기 위하여 대를 원통모양으로 엮어 속에 돌을 채운 것

## 4.6 농촌종합개발사업 정비지구의 친환경소재 및 공법에 대한 경관성 및 생태성 등의 평가지표개발

### 4.6.1 배경 및 목적

시대적 요구와 변화에 부응하기 위하여 실시되고 있는 농촌개발사업은 토지 및 노동의 생산성 향상과 국토보전, 그리고 생활환경 개선이라는 새로운 목표 설정에 따라 새로운 사업의 추진이 필요하다. 이러한 사업은 농촌지역이 농산물의 생산 공간임과 동시에 자연경관, 생태자원, 다양한 문화 등이 어우러진 여가·휴식·체험 공간으로의 인식을 바탕으로 친환경적인 개발 또는 정비에 그 방향이 설정되어 추진되어야 하겠다. 친환경적인 개발 또는 정비에 의한 농촌종합개발사업의 결과는 농업 생산활동을 배려함과 동시에 자연생태계의 특성인 다양성·순환성·안전성을 가지고 미래 후손들에게 이어질 지속가능한 개발의 의미가 포함된다. 이를 위하여 정부에서는 대내외적으로 급속한 환경변화를 겪고 있는 농촌·농업을 체계적으로 지원하기 위한 종합대책을 수립하여 농촌다움을 갖춘 쾌적한 삶의 공간으로 조성하고, 생산과 정주·휴양 공간으로 발전시켜 나가 삶의 질을 향상시키는 방향으로 추진해 나가고 있다. 또한, 환경문제가 사회적으로 크게 대두되면서 인간 활동의 편의성과 삶의 질적인 향상을 요구하게 되었고 이는 농업분야에도 적용이 되었으며, 그동안 기능위주로 추진되어 오던 생산기반 정비사업을 보다 친환경적으로 전환하여, 기반시설로서의 공익적 기능을 살리면서 지역의 특성이 고려된 효율적인 친환경 정비 방안이 필요하게 되었고, 근래에 들어 생산기반사업에서의 각종 구조물에 대한 건설 및 관리는 친환경적 경제·사회구조로의 전환과 더불어 친환경적 개념을 도입하여 설계 및 시공이 시범적으로 이루어지고 있다. 그러나 지역의 특수성과 목적에 부합하는 공법의 선택과 소재의 활용 등이 합리적으로 적용되지 못하는 사례가 적지 않다. 따라서 각종 수리시설물을 친환경적으로 정비하는데 있어서 공학적 안전성을 유지하면서도 지역의 생태계 보전과 지역주민들의 어메니티를 향상시킬 수 있는 지역특성에 적합한 친환경적 정비방안이 필요하며 농촌개발에 있어서 자연을 보전 및 복원하기 위하여 적용이 가능한 수리시설물의 환경친화적인 정비 요소에 대한 안전성·생태성·경관성 등에 대한 평가지표의 개발 필요성이 대두되었다. 따라서 본 연구에서는 기존의 친환경 정비 시범지구를 대상으로 지역주민, 환경관련 전문가 및 시공업자 그



리고 관련 기관 종사자들에 대한 설문조사를 통해 친환경 소재와 공법의 안전성, 생태성 그리고 경관성을 파악하여 평가지표를 설정하고 향후 추진될 친환경 사업의 발전적 방안을 제안하는 것을 목적으로 한다.

#### 4.6.2 연구의 범위 및 방법

##### 1) 생태적 건전성

자연생태계의 3가지 주요한 기능적 구성요소는 생물, 에너지 그리고 물질이다. 이 3가지 기본적인 구성 요소의 상관관계로부터 생태계는 다양한 기능을 나타내고 항상성이 유지된다. 서식생물이 지닌 구조적인 복잡성과 생태계의 항상성에 대한 연구는 자연생태계의 건전성(ecosystem health)을 규명하는데 있어 그 중심에 있는 분야이다. 즉 안정성 및 생물다양성(stability and bio-diversity)을 객관적으로 평가할 수 있는 기법을 토대로 생태계의 항상성을 평가하려는 일련의 노력이 진행되고 있는 추세이다. 환경평가에 있어 무엇보다도 중요한 것은 평가최종점(assessment endpoint)의 설정이다. 기존에 시행 되어온 각종 영향평가를 고려해 볼 때, 생물학적 타당성(biological relevance)은 전체적인 동·식물상의 현황파악에 치중해온 경향이 있다. 이는 균형적인 토착종의 보존이라는 측면이 잘못 해석된 것으로 판단된다. 넓지 않은 국토를 지닌 국가에 있어 국토의 효율적 이용은 국경의 확장에 대한 대안이 될 수 있으며, 이는 생물종을 포함한 모든 자연자원 활용의 극대화와도 일치한다. 이러한 상황에서 자연을 단지 보존의 대상으로 보는 것은 광대한 국토를 지닌 국가의 정책일 수는 있으나 우리나라와 같은 경우에는 적합한 방안은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 자연을 보존의 대상으로 파악하고 삶의 질을 향상시키기 위한 친환경적인 개발이 절실히 필요한 실정이다. 이러한 시점에서 보다 합리적이고 객관적인 평가를 위한 방법론의 개발이 선행되어야 한다. 이를 위해서는 생태학적 접근이 필수적이며, 한국 생물자원의 고유성과 특성을 고려한 생태계 건전성 평가를 위한 기법의 개발이 요구되어 진다. 현재 자연생태계의 훼손을 예방하고 저감방안을 도출하고자 하는 목적으로 환경영향평가 제도가 실시되고 있으나 생태분야에 있어서는 뚜렷한 평가 및 분석기법이 미비한 상황이다.

국내에 있어 각종 개발 및 건설사업에 따른 환경영향의 평가에 있어 자연생태계 분야의 경우 동식물 분포현황의 조사는 양호하게 이루어지고 있으나,

생태계의 종합적 평가와 대책의 수립에 관련된 분야는 객관성이 확보된 분석 기법이 없어 외국의 수준에 비하여 크게 뒤떨어져 있는 실정이다. 이는 기존에 축적된 기초적인 생태자료가 적은 이유에도 기인하지만 생태계의 항상성 또는 건전성 평가에 대한 객관적인 방법론의 개발과 접근이 활발하게 전개되지 못한 결과이다. 생태계는 그 특성상 계측기기나 도구를 이용한 측정으로 고유한 건전성을 파악할 수 없기 때문에 이를 위해서는 생태계의 중요한 구성요소 중 하나인 생물군집에 대한 이해가 선행되어야 한다. 현재 국가적으로 환경영향평가제도의 사후환경영향조사에 있어 생태계 분야를 강화하고자 하고 있고 일부 하천이나 인공호수의 수환경 오염에 따른 수질의 평가기법이 국내에서 개발, 시도되어 현재 초기 단계에 있는 상황이다. 그러나 무엇보다도 중요한 종합적인 생태계의 건전성 평가기법의 개발은 진전을 보고 있지 못하다. 또한 외국에서 개발된 환경친화적 기법의 도입 및 적용은 초기단계에 머물러 있으나 체계적인 검토 및 여과과정을 거치지 않았으며 지역 생태계의 특성에 대한 충분한 파악 없이 실행되고 있다. 이는 단기적으로 시각적인 효과를 거둘 수는 있으나 인위적으로 새롭게 조성된 생태계가 스스로 유지할 수 있는 건전성을 지니고 있는가에 대한 평가가 없어 장기적인 측면에서의 실효성을 장담할 수 없다.

## 2) 경관성

농촌경관은 자연경관과 인공경관의 성격을 복합적으로 갖는다. 이는 농촌경관이 농업, 자연자원, 환경의 상호작용으로 나타나는 시각적 결과물로서 쾌적함을 비롯해 문화적·사회적 가치를 포함한다고 할 수 있다. 또한, 농촌경관을 경지, 취락, 생활양식 등이 서로 긴밀한 관계를 맺으며 형성된 지역으로 보고, 이들 요소들이 누적, 표출된 모습으로 보고 농촌경관을 자연경관을 배경으로 농업활동이 이루어지는 모습으로 볼 수 있다. 이러한 특성을 지닌 농촌경관은 지난 1990년대 후반 준농림지가 무분별하게 개발되는 과정에서 택지개발, 도로, 음식점, 각종 숙박업소 등이 들어서고 크고 작은 개발 사업들이 시행되면서 자연환경의 훼손은 물론이고, 농촌 고유의 쾌적함을 잃게 되었다. 반면, 삶의 질 향상에 대한 사회적 요구와 농촌환경의 유지 및 보전에 대한 기대는 크게 증대하고 있다. 이에 따라 농촌종합개발사업과 같은 각종 개발 정책에 높은 삶의 질과 환경보전에 대한 사회적 요구를 반영하는 것이 중요해 졌다. 경관연구는 유형별 경관의 해석, 특성파악 및 선호도 측정 등을 포함하는 평가에 관한 연구, 실무적 응용에 관한 연구 등이 있다. 경관의 분석, 평가, 관리

등을 포함한 경관연구들은 주로 생태적 접근, 형식미학적 접근, 심리학적 접근, 기호학적 접근, 현상학적 접근, 경제학적 접근 등 여러 가지 측면에서 이루어져 왔다. 일정한 지역을 대상으로 하여 전반적인 경관의 특성을 파악하고 분석한 후 체계화된 기준에 의하여 경관의 가치를 부여하는 연구들은 생태학적 접근방법에 의하여 많이 이루어져 왔다. 김귀곤 외(2000)는 시각적·생태적인 설계통합모형을 만들기 위하여 시각적 선호도와 생태적 다양성간의 상관관계를 분석함으로써 자연성이 우세한 곳이 시각적 선호도가 높을 뿐만 아니라 생태적 가치 또한 높은 곳이라는 결론을 도출하였다.

### 3) 조사대상 지역 및 조사 방법

우리나라의 경우 친환경 수로정비의 개념이 도입되기 시작한 것은 1990년도 중반이었으며 실제 친환경공법의 적용 시기는 2000년 초반이라고 할 수 있다. 대상지역은 농촌개발사업 시범지역으로 선정되어 다양한 친환경 공법과 소재를 이용하여 정비되었으며 그 예로 경기도 여주군 가남면 삼승리에 위치한 송삼지구와 전라남도 영광군 염산면 상계리 일원의 오동지구이다. 여주군 송삼지구는 국내 최초의 친환경정비 시범지역으로 2000년에 시공되었고, 주변 토지는 농경지로 이용되고 있으며 산과 인접해 있고 거주지와는 약 500m 가량 떨어져 위치하고 있다. 수로 연장은 490 m이고 면적 약 7,390m<sup>2</sup>의 배수로인 구조물이었다. 주요시설로는 침사지가 상부에 설치되어 있으며 식생콘크리트 블록 공법, 매트스톤 공법, 지오그린 셀, 자연식생 공법 등의 다양한 친환경 공법이 적용되었다. 영광군 오동지구는 2002년에 시공되었으며, 용수로와 배수로 기능을 가진 총 875 m 길이의 수로로 주변은 전형적인 농촌으로 수로의 중류부에 마을이 위치해 빈번한 친수활동이 가능한 지역이기도 하지만 마을 생활하수가 평상시에도 유입되는 수로이다. 수로의 상단부와 하단부 주변에는 농경지가 위치하고 있었고 곤충서식블록과 H형 블록이 주요 친환경정비 소재로 적용 되었다. 농촌종합개발 사업의 일환으로 친환경적 공법과 소재의 적용이 이뤄진 지역을 대상으로 시설물들의 안전성, 생태적 변화, 경관성 등을 지역주민과 관련기관 종사자 및 시공업자 들을 대상으로 설문조사 하였다. 시범지역 대상지의 지역주민에 대한 설문은 면접조사법을 이용하여 2006년 10월 27일부터 11월 4일 까지 한 명의 조사자가 한명의 조사 대상자에게 질문하고, 이에 대한 응답을 조사자가 설문지에 기입하는 일대일 면접방법을 통해 수행되었다. 또한 관련기관 종사자 및 시공업자 및 전문가를 대상으로 한 설문조사는 설문조사를 의뢰한 후 회수하는 방법으로 이루어 졌다. 설문내용은 크게

농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법의 적용 필요성과 적용에 따른 고려사항, 친환경 소재 및 공법의 적용 전·후 생태적 보전 효과 및 그 기능성, 그리고 경관성 등의 평가와 만족도를 파악하기 위한 총 14개 문항으로 설문을 실시하였다.

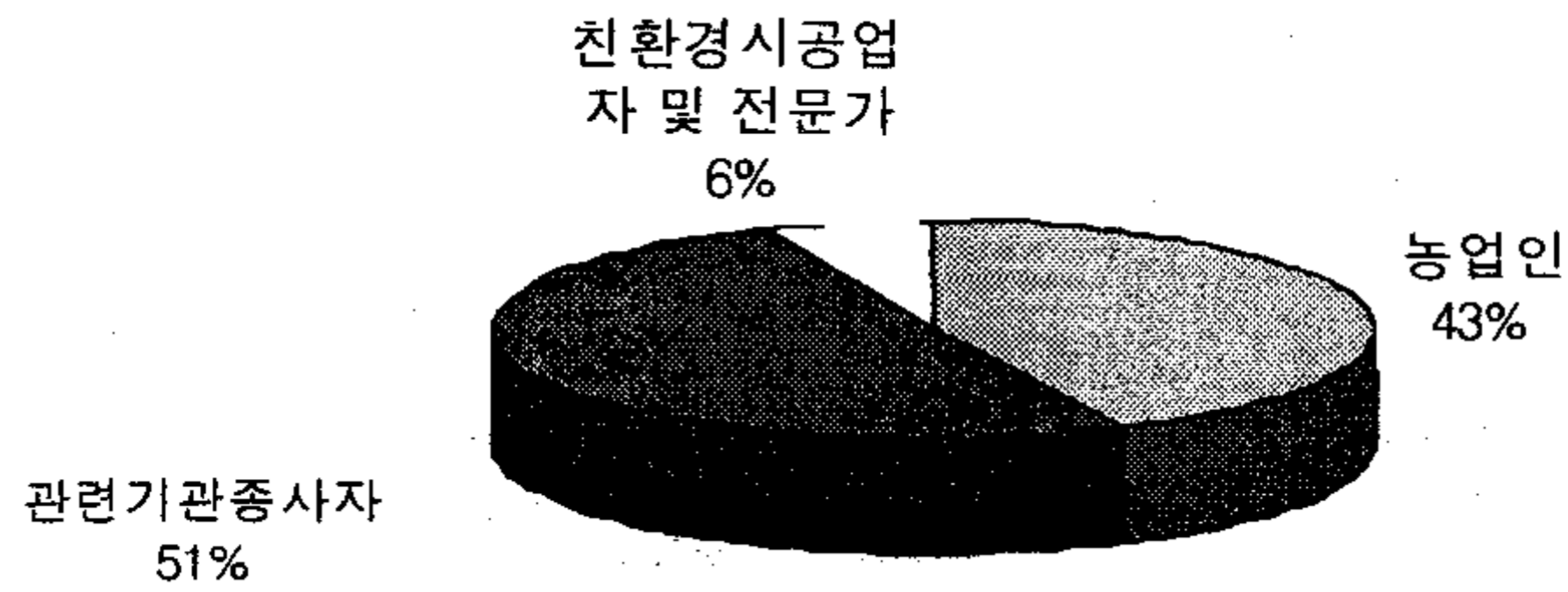
### 4.6.3 설문 조사 분석 및 결과

#### 1) 조사대상자의 특성

본 연구에서의 설문 조사 응답자의 현황은 (표 4-6)과 같고 농업종사자는 여주와 영광의 시범지역인근의 주민과 지구별 설문 조사시 직업을 농업으로 표기한 응답자들을 포함한 숫자이다.

(표 4-6) 설문조사 응답자의 직업별 현황

구분	인원수 (%)
농업	N (%) 72 (43%)
관련기관 종사자	86 (51%)
친환경사업 시공업자 및 전문가	11 (6%)
합계	169 (100%)



<그림 4-4> 설문조사 응답자 현황

(표 4-7)은 설문조사 대상자의 연령별 현황을 나타낸 것으로 전체 연령 분포는 30대, 40대, 그리고 50대에 고른 분포를 보이지만, 여주와 영광지역의 조사자는 50대 이상이 과반수를 차지하고 특히 영광의 경우 60대 이상이 절대다수를 차지하고 있다.

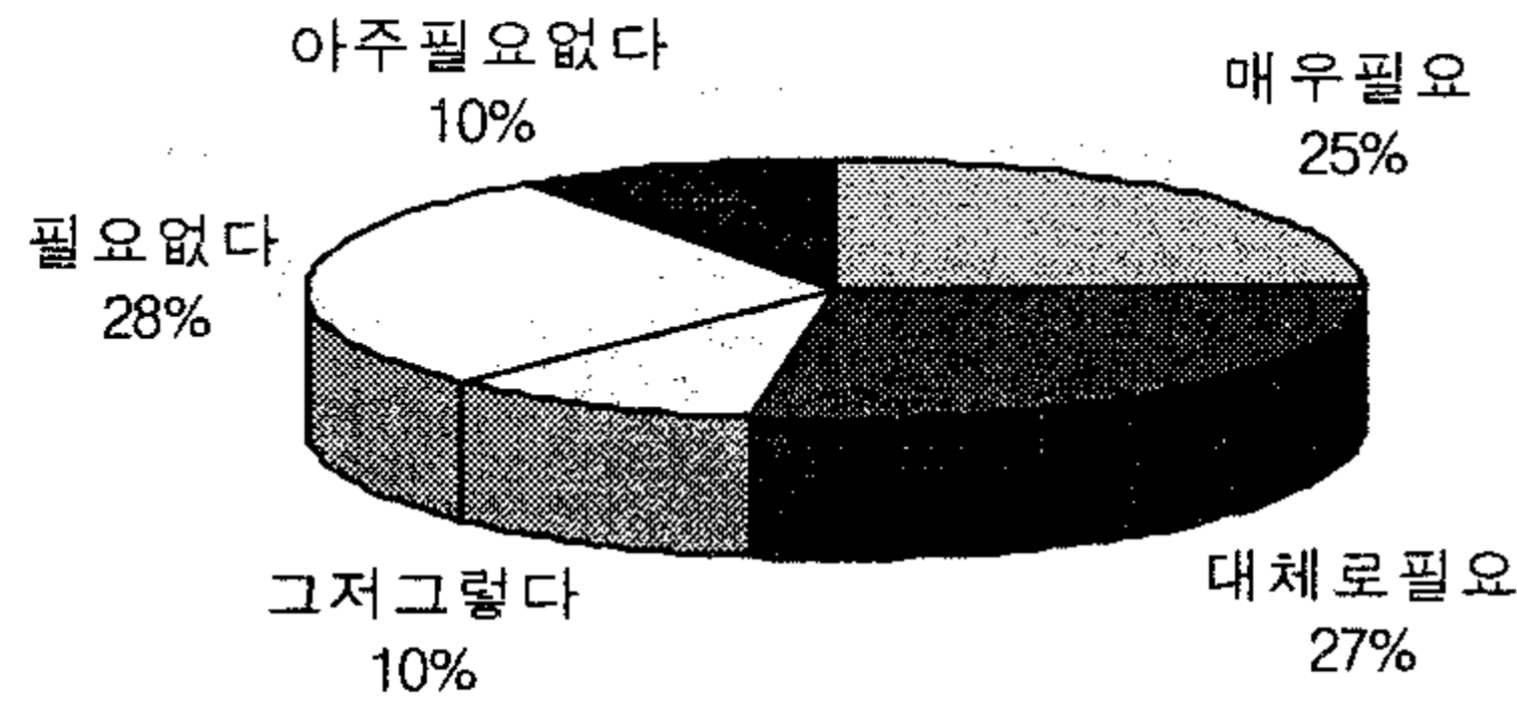
(표 4-7) 설문조사 응답자의 연령별 현황

연령별	20대	30대	40대	50대	60대이상	합계
전체	14 (8%)	49 (29%)	46 (27)	32 (20%)	28 (16)	169 (100%)
여주	1 (5%)	4 (17%)	5 (22%)	4 (17%)	9 (39%)	23 (100%)
영광	2 (8%)	0 (0%)	2 (8%)	5 (20%)	16 (64%)	25 (100%)

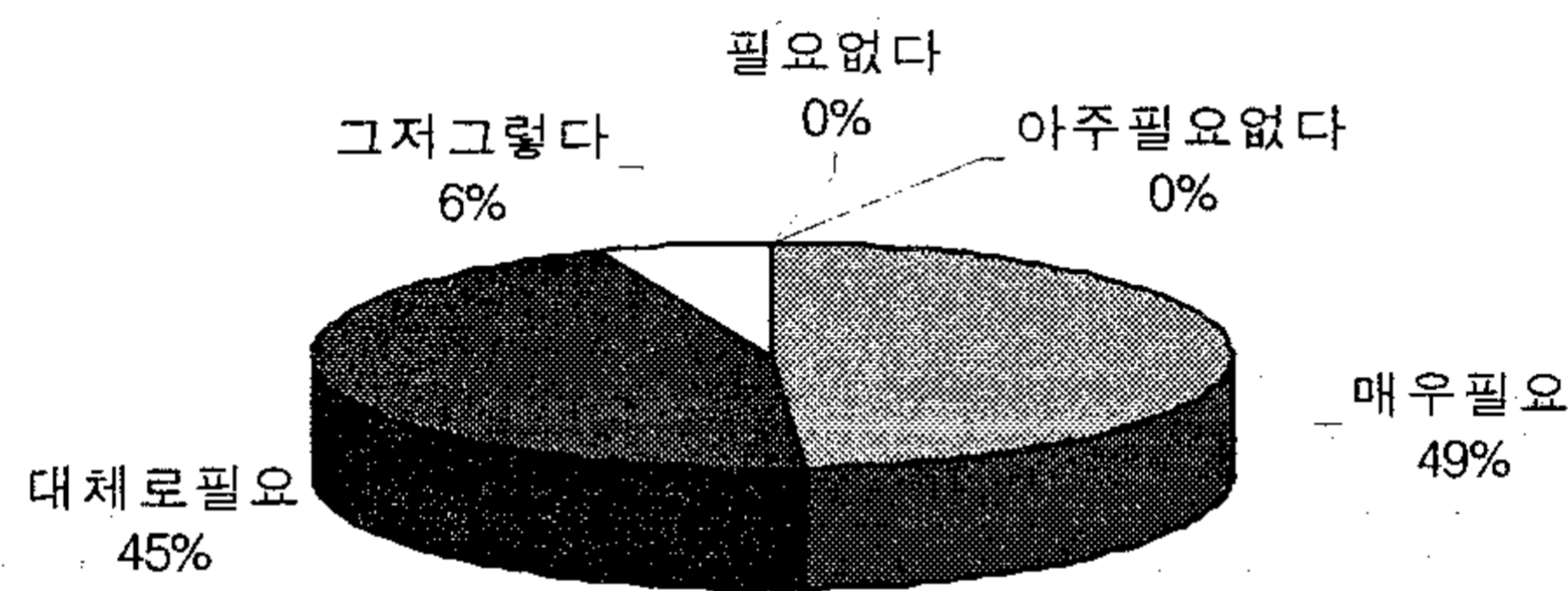
2) 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법 적용의 필요성

농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법 적용의 필요도 성향을 묻는 항목에 대한 종합적 답변 결과는 <그림 4-5>와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 매우 필요하다(39%)와 필요하다(38%)는 답변이 77 %정도의 주류를 이뤄 친환경 사업에 대한 필요성이 평가 된 것 같으나, 직업별 분석에 의한 농업종사자 또는 시공 대상지 주민들의 견해는 상이한 것으로 나타났다. 여주의 경우 필요성을 인정(43%)한 부분과 필요 없다(53%)는 비율이 유사하게 나타났고, 영광의 경우 필요성에 부정적인 견해를 보인 것으로 필요 없다(32%)는 답

변이 상당 부분을 차지하였다.



<그림 4-5> 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법 적용의 필요도 성향(농업인)



<그림 4-6> 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법 적용의 필요도 성향(농업인)

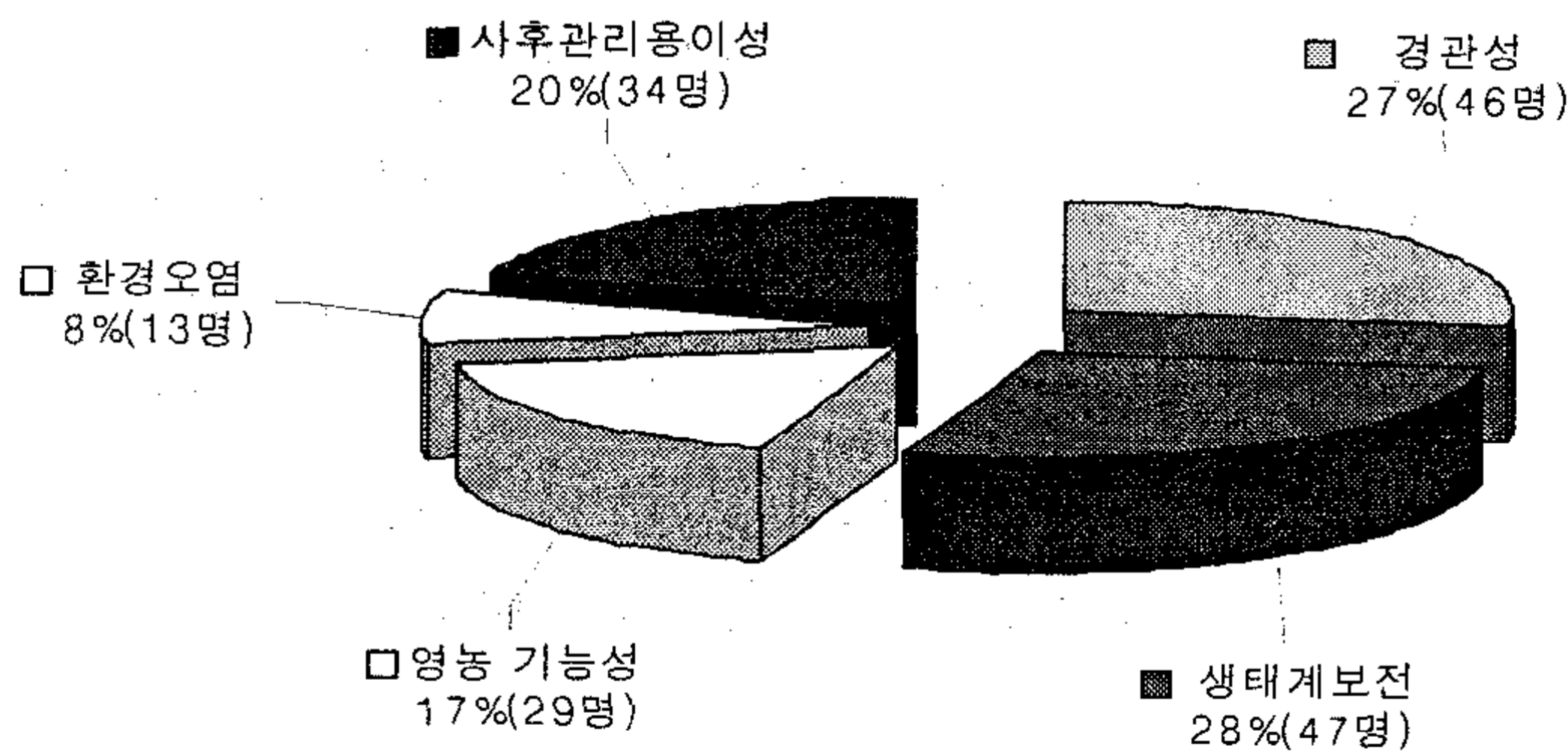
### 3) 친환경소재 및 공법적용과 관련한 고려사항 파악

농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법적용과 관련하여 가장 중요하게 고려되어야 할 사항이 무엇인가에 대한 질문의 전체적 답변 결과는 자연환경 및 생태계 보전에 대한 사항이 28 %로 가장 높게 나타났다. 또한 주변 환경과의 조화 및 경관성(27%)을 고려해야 한다는 점과 사후관리 용이성(20%)과 경관성에 대한 배려(17%) 등의 순으로 나타났으며 이를 그림으로 나타낸 것이 <그림 4-7>과 같다. 직업별로 세분한 결과를 보면, 농업 종사자는 사후관리의 용이성과 영농활동의 기능성에 높은 관심을 보였고, 관련기관 종사자

및 시공업자의 경우는 생태계 보전과 경관성을 더 큰 고려사항으로 선택하였다

(표 4-8) 친환경 소재 및 공법의 적용시 우선 고려사항

구분	주변환경과 조화 및 경관성	자연환경 및 생태계 보전	영농활동 기능성	환경오염 저감	사후관리 용이성	합계
농업	18%	21%	22%	11%	28%	100% (72)
관련기관 종사자	22%	31%	14%	5%	16%	100% (86)
친환경사업 시공업자 및 전문가	37%	45%	9%	9%	0%	100% (11)
전체	27%	28%	17%	8%	20%	100% (169)



<그림 4-7> 친환경 소재 및 공법의 적용시 우선 고려사항

(표 4-9)는 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법적용과 관련하여 가장 중요하게 고려되어야 할 사항에 대한 시범지역 주민의 의견. 시범지역 인근의 지역 주민의 견해 또한, 주로 영농활동과 사후관리 측면에서의 배려가 우선하는 것으로 나타났으며 특히 여주지역에서는 사후관리에 대한 배려

(57%)가 타 항목에 비해 압도적으로 높게 나타났다

(표 4-9) 농촌종합개발사업을 위한 친환경소재 및 공법적용과 관련하여 가장 중요하게 고려되어야 할 사항에 대한 시범지역 주민의 의견.

구분	여 주	영 광
주변환경과 조화 및 경관성	13 %	16 %
자연환경 및 생태계 보전	17 %	4 %
영농활동 기능성	9 %	32 %
환경오염 저감	4 %	24 %
사후관리 용이성	57 %	24 %

#### 4) 친환경소재 및 공법의 적용효과

친환경 공법 및 소재의 적용효과와 관련된 직업별 답변은 (표 4-10)에 나타난 바와 같이 친환경 및 생태계 보전효과의 경우 농업종사자들은 친환경 소재 및 공법의 효과를 인정하는 경우가 높았다. 하지만 인정하지 않는 비율도 약 23 % 정도로 높게 나타났으며 관련기관 종사자들의 경우 75 % 정도가 그 효과를 인정하고 있었다. 우선적으로 제일 많은 의견은 주변 환경과의 조화 및 경관성이었고 그 다음은 생활개선 효과, 영농활동 기여도에서도 유사한 경향을 설문조사 결과 나타났다. 이러한 조사를 통하여 전체적으로 직종별 비교에서 농업종사자와 관련기관 종사자간의 의견이 대치되는 경향을 보였다. 이러한 결과는

위의 결과는 (표 4-11)에서 나타난 바와 같이 시범지역 주민과 전체 응답비율간의 비교에서도 확인할 수 있었다



(표 4-10) 직업별 친환경 소재 및 공법의 적용효과

항목	직업	매우 높다	약간 높다	그저 그렇다	약간 낮다	아주 낮다
자연환경 및 생태계 보전효과	농업	17%	31%	29%	5%	18%
	관련기관	20%	56%	21%	0%	3%
	종사자					
주변환경과의 조화 및 경관성	농업	8%	29%	29%	15%	18%
	관련기관	16%	45%	28%	7%	3%
	종사자					
생활환경 개선효과	농업	8%	26%	36%	18%	11%
	관련기관	24%	50%	19%	7%	0%
	종사자					
영농활동 기여도	농업	18%	32%	26%	8%	15%
	관련기관	15%	34%	35%	15%	1%
	종사자					

(표4-11) 시범지역에서의 친환경소재 및 공법의 적용 효과.

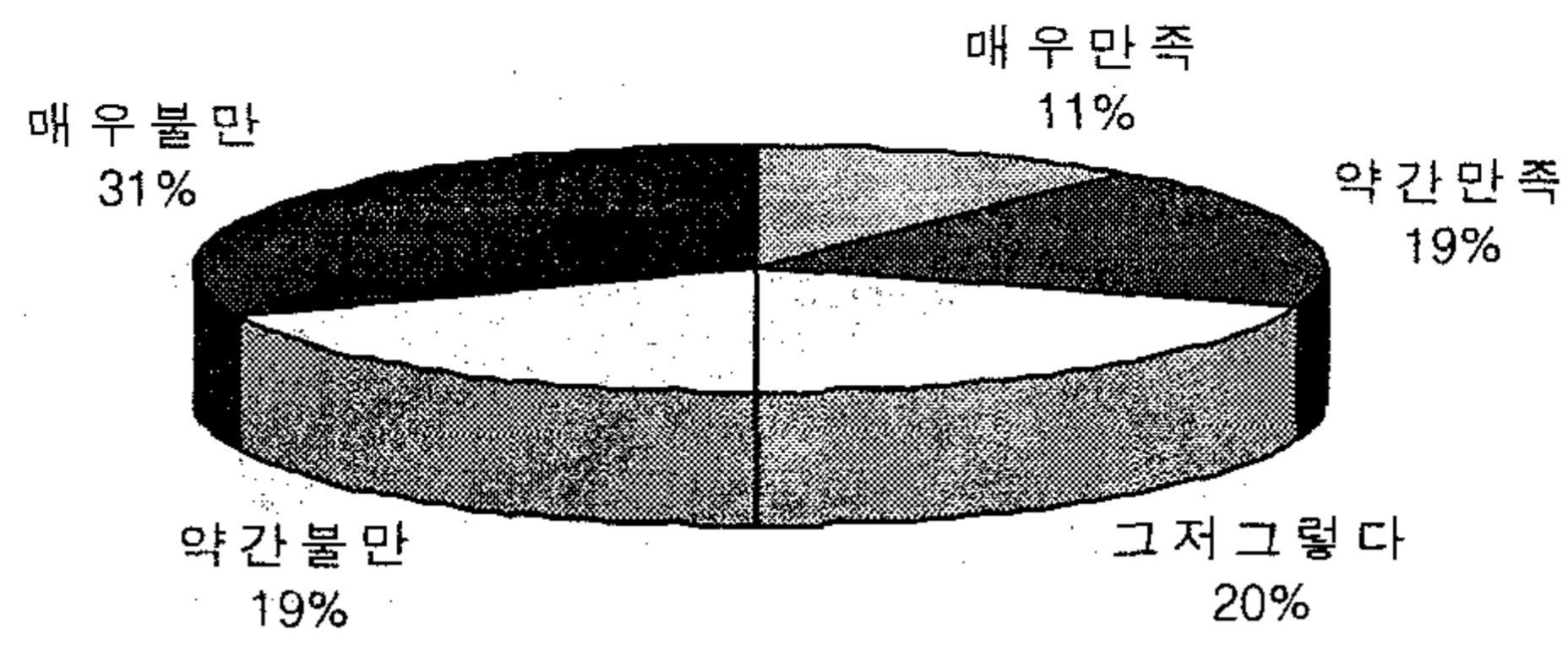
항목	지역	매우 높다	약간 높다	그저 그렇다	약간 낮다	아주 낮다
자연환경 및 생태계 보전효과	여주	4%	26%	44%	0%	26%
	영광	0%	28%	28%	20%	24%
	전체	20%	45%	23%	5%	7%
주변환경과의 조화 및 경관성	여주	0%	17%	26%	35%	22%
	영광	4%	36%	20%	8%	32%
	전체	12%	38%	30%	11%	9%
생활환경 개선효과	여주	0%	17%	36%	30%	17%
	영광	4%	20%	36%	24%	16%
	전체	17%	41%	26%	11%	5%
영농활동 기여도	여주	0%	48%	35%	4%	13%
	영광	4%	16%	36%	12%	32%
	전체	17%	33%	31%	12%	7%

5) 친환경 소재와 공법의 기능에 대한 만족도.

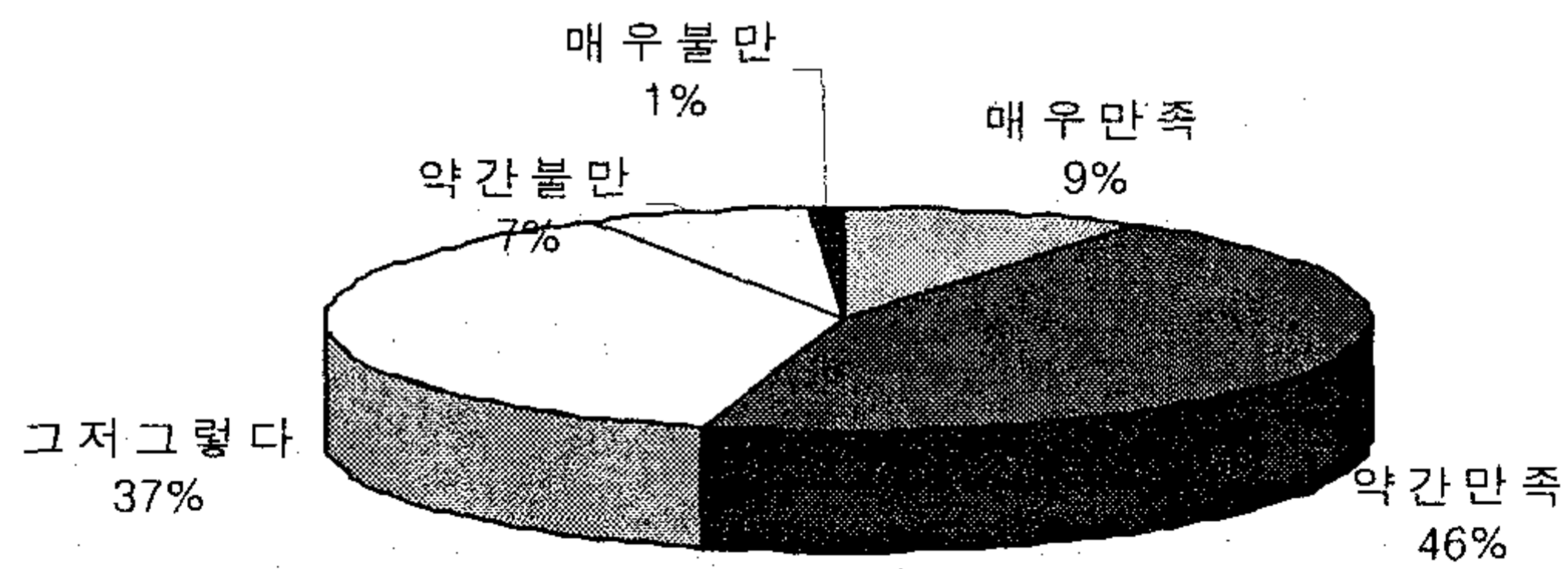
친환경 소재와 공법의 기능에 대한 만족도조사 항목에서도 농민과 관련기관 종사자간의 상이한 결과를 볼 수 있었다. 농민의 경우 상당한 불만을 가지고 있었으며, 상대적으로 관련기관 종사자 들은 만족하고 있는 것으로 나타났다. 친환경 소재와 공법의 적용에 따른 불만사항 <표 4-12>에서 나타난 바에 의하면 중요 불만 요인으로 두 집단 모두 유지보수의 어려움을 지적 하였고, 특히 여주의 경우 74%, 영광의 경우 48%가 유지보수의 어려움을 친환경 공법의 문제점으로 지적한 점으로 볼 때 향후 친환경공법의 적용에 유지보수의 용이함을 먼저 배려하여야 할 것으로 사료된다.

(표 4-12) 친환경소재 및 공법적용에 따른 문제점

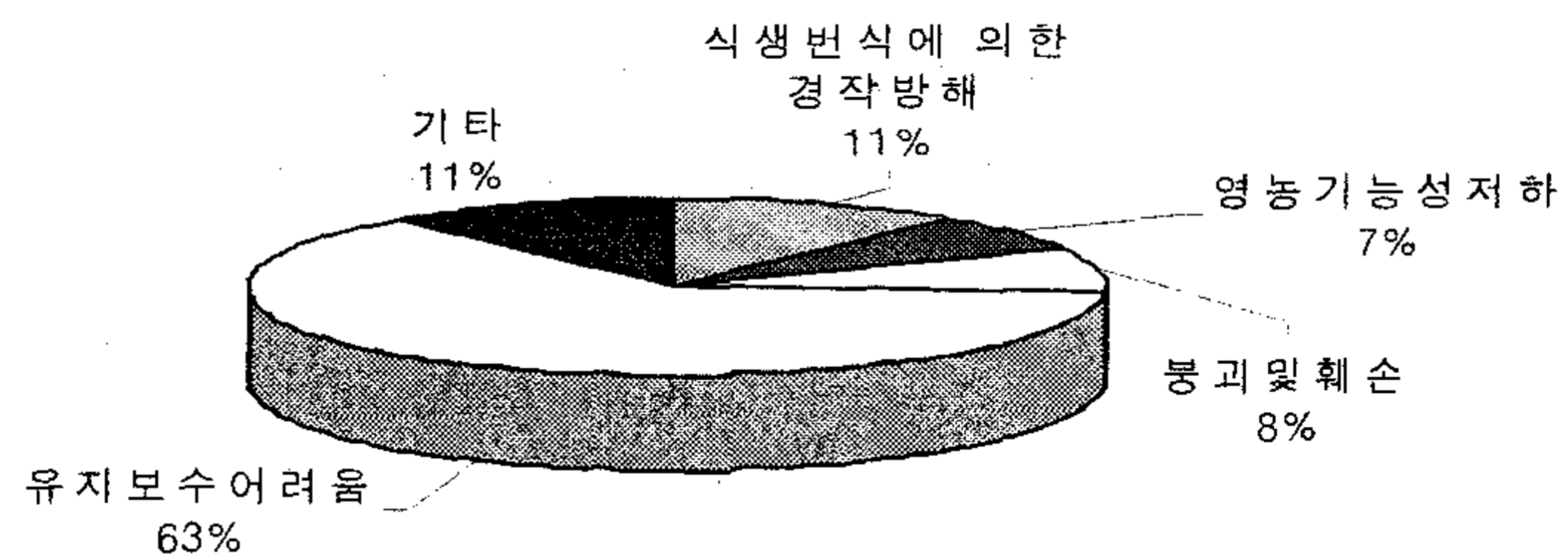
직업구분	식생번식에 의한 경작 방해	영농기능성 저하	붕괴 훼손	유지보수의 어려움	기타
농업	11%	7%	8%	63%	11%
관련기관 종사자	2%	31%	14%	44%	8%



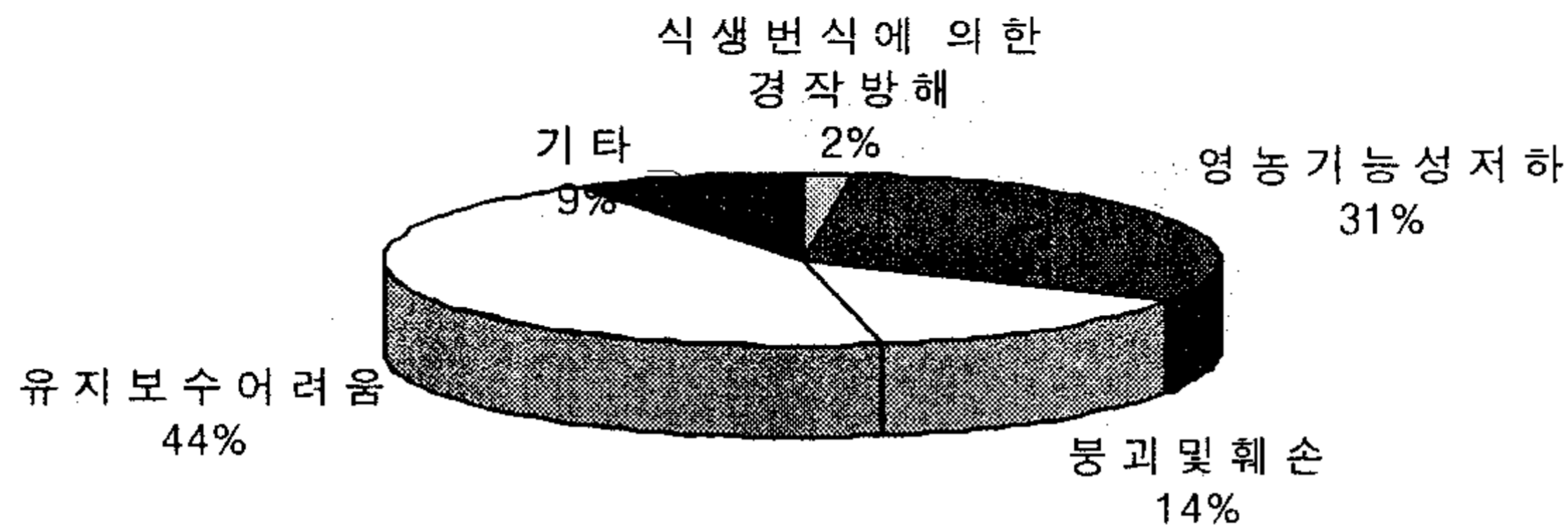
<그림 4-8> 친환경 소재와 공법의 기능에 대한 만족도(농업인)



<그림 4-9> 친환경 소재와 공법의 기능에 대한 만족도(종사자)



<그림 4-10> 친환경소재 및 공법적용에 따른 문제점(농업인)



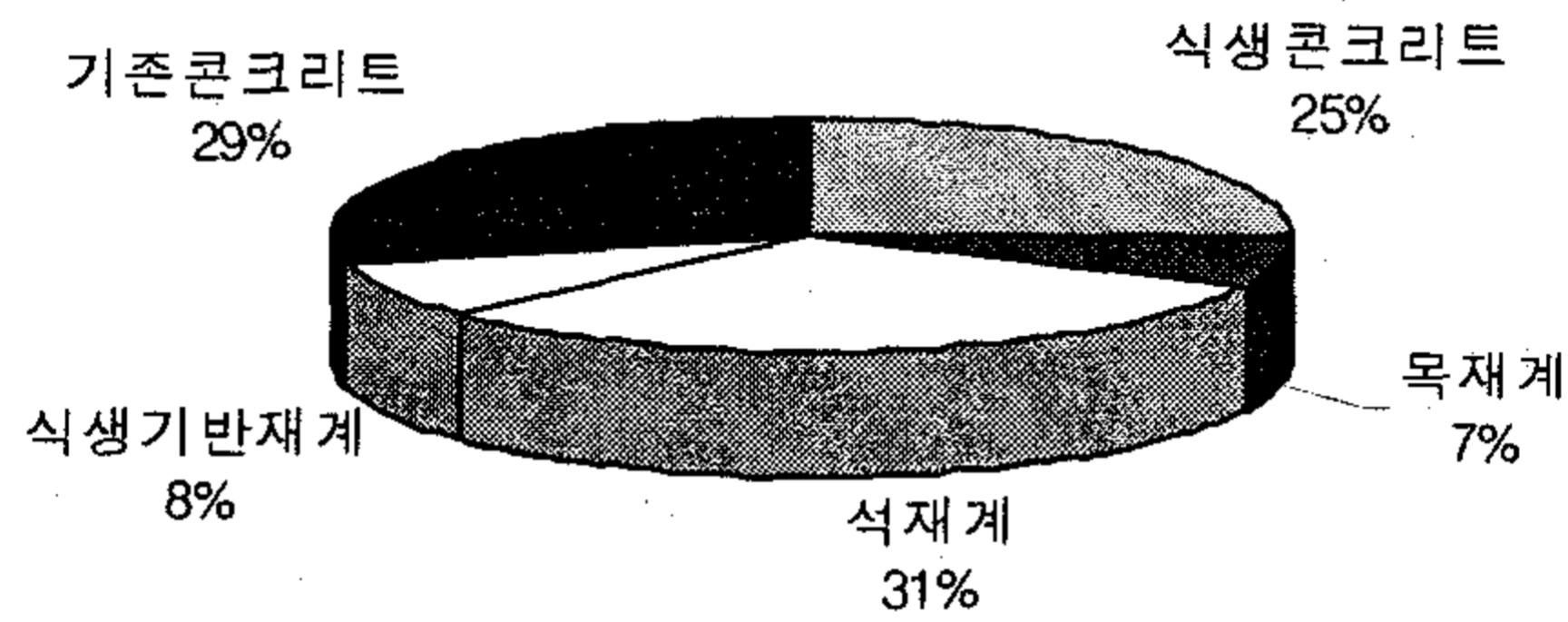
<그림 4-11> 친환경소재 및 공법적용에 따른 문제점(관련기관종사자)

#### 6) 친환경 소재와 공법의 생태성

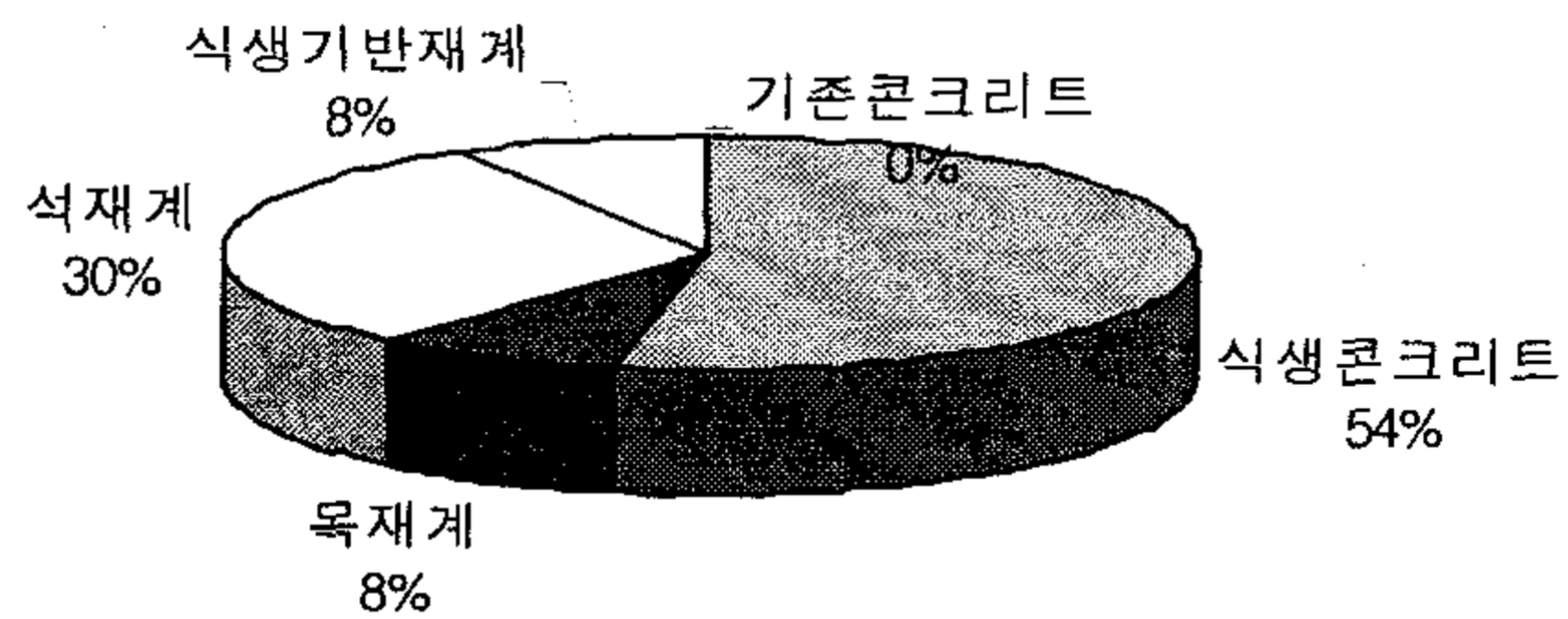
친환경소재 및 공법의 적용 후 식생의 활착도를 조사한 결과, 농민의 78 %가 식생이 1년 이내의 시간에 빠르게 활착 되었다고 하였고 관련기관 종사자의 경우 55 % 정도가 2 ~ 3년 이내에 활착 되어 비교적 식생활착의 지연이나 문제점이 없었던 것으로 나타났다. 친환경 공법의 적용 전과 후를 비교하였을 때, 시공 후 어류, 파충류 및 곤충의 출현정도에 대한 결과는 조사대상 농민의 약 40 %와 관련기관 종사자들의 65 %가 그 수가 증가 하였다고 하였다. 또한 선호 식재 식물소재로는 농민의 경우, 대부분 자생수종(81 %)과 잔디(10 %)를 선호하는 것으로 나타났고, 관련기관 종사자의 경우에는 자생수종(67 %)과 잔디(23 %)를 선호하는 것으로 나타났다. 현재 시중에서 판매되고 있는 친환경 소재를 크게 식생콘크리트계, 목재계, 자연석재계, 식생매트 또는 망태와 기존의 콘크리트 시설들로 구분하여 선호도를 조사한 결과는 <표 4-13>와 같다. 조사대상 농민은 자연석재와 기존의 콘크리트 시설을 선호하였고, 관련기관 종사자들은 식생콘크리트와 자연석재를 선호하였다.

(표 4-13) 친환경 소재의 선호도

직업구분	식생콘크리트, 환경블록	목재계	자연석재	식생매트, 망태	기존의 콘크리트 시설
농업	25%	7%	31%	8%	29%
관련기관 종사자	51%	8%	29%	8%	0%



<그림 4-12> 친환경 소재의 선호도 (농업인)



<그림 4-13> 친환경 소재의 선호도 (관련기관종사자)

## 7) 결 론

설문조사를 통해서 살펴본 시범지역의 주민과 관련기관 종사자의 친환경소재 및 공법에 대한 전반적인 의견은 친환경소재나 공법의 생태성과 경관성 등의 장점을 인정하고 있는 것으로 나타났다. 하지만, 농민들은 영농활동에 필요한 기능성 저해와 유지관리상의 어려움 또는 유지관리가 전혀 이뤄지고 있지 않은 시범지역의 현실을 바탕으로 친환경 공법 적용에 회의를 두고 있는 것으로 나타났다. 유지관리 측면에서 볼 때 식생계 재료를 사용한 공법에서 가장 문제가 되는 것은 식생의 과도한 성장으로 인해 수로의 통수능력이 저하되는 것으로, 식생은 수로의 안전에 기여하고 경관상 아름다움을 유지하는 선에서 최소한으로 관리되어야 한다. 이를 위해서는 수로에 식재될 식물의 선정에 특히 유의하여 성장했을 때 수로의 통수능력에 영향을 주지 않는 종을 선정해야 하며, 식생이 과도하게 성장하여 통수에 문제가 있을 것으로 판단될 경우에는 과성장한 식생을 제거해야 한다. 이와 함께 수로 주변의 잡풀들이 수로 안에 활착되지 못하도록 하는 것도 중요하다. 또한, 친환경 소재의 개발 및 선정시 안전성의 확보는 물론이고 생태적인 측면과 경관성에 대한 배려 뿐 만 아니라 사후관리와 유지보수 측면의 소재 및 공법의 적용에 심혈을 기울여야 할 것으로 판단된다.

## 5. 친환경 소재 · 공법의 유지관리

여 백



## 5. 친환경 소재 · 공법의 유지관리

### 5.1 유지관리 방안

복잡한 모니터링 과정을 통해서 시행된 사업의 유효성과 아울러 적합한 관리방안을 도출할 수 있다. 적합한 관리방안은 계획된 활동을 수행하고 바람직한 결과를 유도하는 데 효과적으로 만드는 점검 과정이다. 따라서 적합한 관리방안의 수립은 평가와 실행을 통해 지속적으로 수정되어야 한다. 생태복원의 관리는 계획의 실행과 함께 시작하여야 하는데 성공적인 복원을 위한 장기적인 관리는 자연적인 진행과정의 체계적인 유지를 점검하는 주기적인 모니터링을 통해 가능하다. 하지만 하천의 경우 많은 변수를 포함하고 있어 예측 및 관리에 어려움이 따르고, 용배수로의 경우 그 기능적 특성 때문에 보다 세심한 유지관리가 필요하다. 장기간 인위적 간섭에 의해 교란되어온 수로의 경우 대부분 유역의 물리적, 화학적, 생물적 특성이 심하게 훼손되었기 때문에 자연적인 진행과정을 기대하기 어렵고 수변이 스스로 유지할 수 있는 자생력을 잃게 되었기 때문에 더욱더 세심한 유지관리가 요구된다.

일반적인 용·배수로의 유지관리에의 문제는 토사퇴적, 수초과밀, 쇄굴 및 사면침식 등이며, 이와 같은 유지관리 상의 문제는 친환경 용·배수로 정비사업 실행 후에도 발생할 수 있기 때문에 용·배수로에서 발생하는 역동적인 변화과정을 고려하여 유지관리가 수행되어야 한다. 정비사업 실행 후 진행 될 생태적 변화 또는 안정화와 수로의 기능적인 측면의 적절한 조화가 이뤄지기 위해서는 지속적인 유지관리가 수반 되어야 사업의 성과를 기대할 수 있을 것이다. 따라서 사업이 완료된 이후에도 다음과 같은 지속적인 관리가 이루어져야 한다.

#### 5.1.1 기본 방향

- 사업 시행 후 자연형성 과정을 모니터링하면서 후속적인 보완 및 관리를 지속적으로 실시한다.
- 가능한 한 추가비용의 소요를 줄일 수 있는 경제적인 관리방식을 도입한다.
- 용·배수로에 설치한 시설과 생태계를 대상으로 그 특성에 따라 유지관리 방식을 구분하여 적용한다.

### 5.1.2 유지 관리

용·배수로의 친환경 복원은 물리적 조건의 조성으로 특정 시점에 완성되는 것이 아니다. 조성 이후의 자연 형성 및 변화과정과 조화를 이루고 지속적인 유지관리가 이뤄져야만 성취될 수 있다. 용·배수로의 기능성과 생태계 복원이라는 두 가지 목적을 위해서라면 인위적인 관리를 통하여 기능성을 확보하고 생태계 형성 과정을 촉진시키고 안정화 시켜야 한다. 생태계 복원 사업은 아직 초보적인 분야이므로 상당한 시행착오나 미지수가 있게 된다. 이에 효율적으로 대처하기 위해서는 모니터링 등을 통해 중간에 새로운 정보가 들어오면 필요시 중간에 사업의 궤도 수정을 하는 것이 바람직하다. 복원사업의 부분적, 또는 전반적인 실패를 숨기거나 공표하지 않는 경우 차후 다시 재발될 수 있으며, 복원 사업에서는 실패도 사업성과의 일부라는 인식이 중요하다.

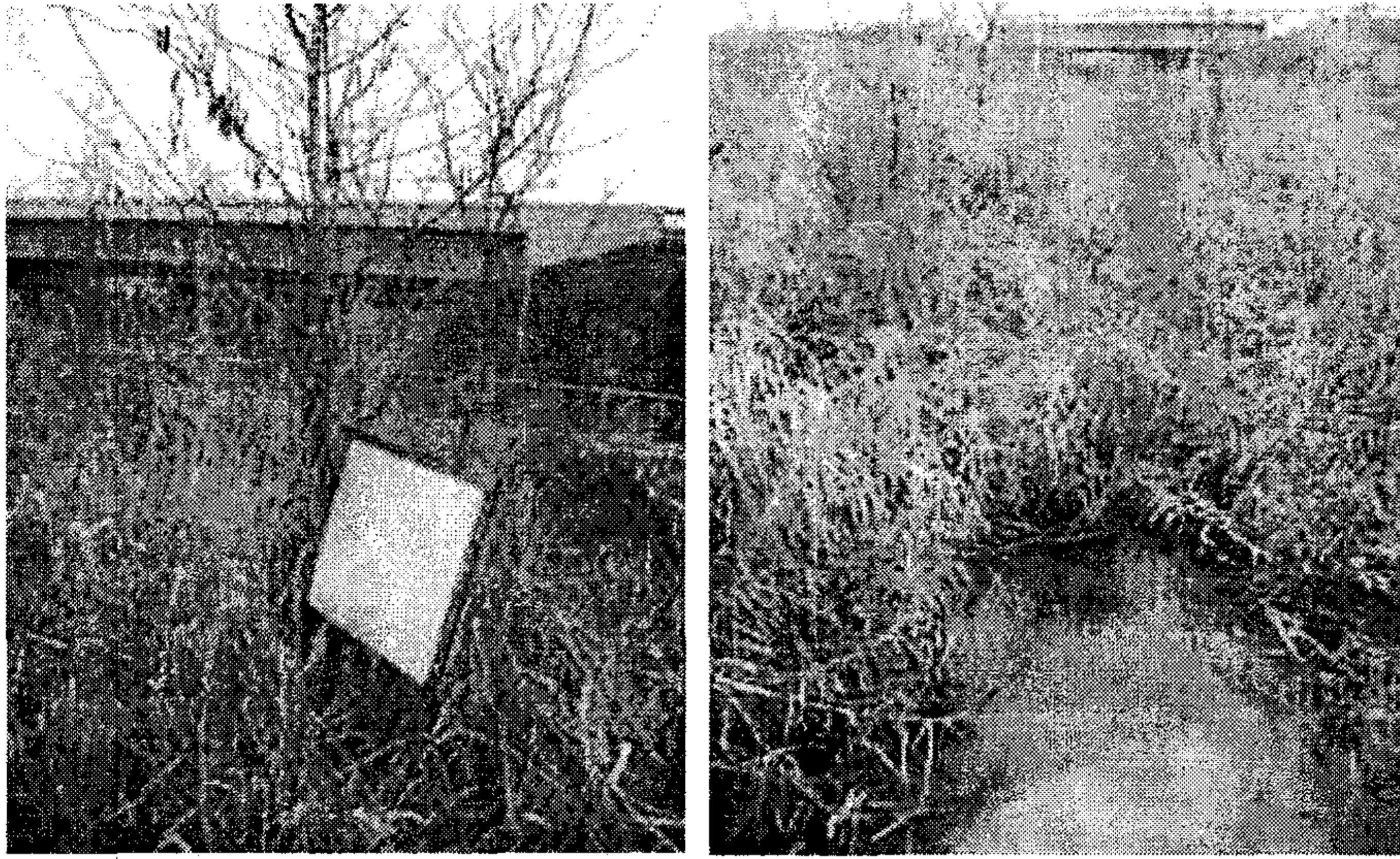
### 5.1.3 수변 식생의 관리

기존의 토목공학 기법을 이용한 수로정비는 하천 식생을 제거하고 견고한 석재, 시멘트 제품, 혹은 콘크리트를 이용하여 통수를 위한 기능위주의 관리가 주를 이루고 있다. 통수능을 저하시키는 퇴사나 수생식물의 제거와 독에 출현하는 목본 식생의 주기적인 제거가 주된 관리방식이었다. 이 경우에 잔디는 홍수빈도가 크고, 토양수분이 많은 사면에서는 매자기, 고마리, 여뀌 등과 같이 토양수분이 높은 토양을 선호하는 수변식생과의 경쟁에서 도태되며 상대적으로 건조한 사면에는 환삼덩굴, 돼지풀, 미국개기장, 미국미역취 등의 외래 잡초가 침입하는 경향이 많다. 환경 수로정비에서 식생을 도입하는 목적은 수로의 안정성 확보, 생태계 유지의 기반조성, 경관의 개선, 다양한 생물 서식 공간 조성과 수로의 수질개선 등을 들 수 있다. 이 경우에 식재식물이 충분히 활착되어 전면을 피복하기 이전에는 홍수 등의 교란에 취약하기 때문에 관리의 필요성이 크다. 수로변 식생의 유지관리는 식생 유형별, 목적별로 적합한 관리 방법을 채택하여야 한다. 이러한 식생의 관리는 식재 직후의 관리와 장기적 측면의 관리로 구분할 수 있다. 친환경을 고려하여 식재 직후의 관리는 다음의 두 가지를 유의하여야 한다. 첫째 식생복원사업 실행 후 1~2년간의 식생활착 기간 중에는 경쟁식물을 제거하거나 성장을 억제하는 관리가 필요하다. 물론 식재계획단계에는 복원대상 수로의 토양 및 수문학적 입지환경 경사

를 고려하여 식생의 종, 규격, 식재 간격 등을 대상 하천의 잠재자연식생 자료를 토대로 결정하여야 한다. 식재 후의 활착기간 중의 수분관리, 제초관리 및 기타 관리작업의 필요성도 충분히 고려하여야 한다. 특히, 시공 직후에는 지표면이 교란되고, 도입식생이 지표면을 충분히 피복하지 않은 상태에서는 환삼덩굴, 돼지풀, 미국개기장 등의 외래잡초가 번성하는 경우가 많고, 외래잡초류는 자생식물에 비해서 침식안정성, 야생동물 서식지 및 먹이 제공, 경관 및 친수활동 적합성 등의 측면에서 불리하다. 주기적인 제초작업, 잔디 깎는 기계 등을 이용한 관리작업을 시행하여야 한다. 물론 잡초 침입을 예방하기 위해서는 식재공사 시에 토양 속의 잡초의 종자 및 뿌리를 제거하고 잡초류의 생육에 부적합한 환경을 조성하는 것이 바람직 할 것이다. 초봄에 양잔디류를 파종하고, 벚짚거적을 덮는 것도 지표면을 조기에 덮어 잡초류의 침입을 억제할 수 있다. 시간이 경과하면 자생식생이 침입하여 수변식생의 환경편익 및 생태계 서식처 조성 기능을 증대시키게 될 수 있다. <그림 5-1>은 유지관리의 미비로 인한 아카시나무와 수로내 식물의 과다번식한 예로서 식재 식물이 아닌 것들이 활착하고 있었다.

두번째 식생의 활착기간 중에는 홍수피해에 특히 민감하기 때문에 세심하게 관찰하여 하자복구공사가 필요한 경우에는 즉시 시행하여야 한다. 초본식생 식재 지역은 침수기간이 길거나 홍수 후에 토사가 퇴적되면 질병, 병충해 및 잡초와의 경쟁에서 도태되기 쉽다. 필요한 경우에는 토사를 제거하고, 지면을 정지한 후에 재파종 혹은 식재를 시행하여야 한다.

그리고 하천식생의 장기적 관리는 다음사항을 유의하여야 하는데 첫째 식생이 복원된 수로를 장기적으로 방치하게 되면 수로 둑 주위에 버드나무류, 싸리류, 족제비 싸리, 아카시나무와 같은 수목이 유입되어 성장하게 되어 홍수시 유수의 소통에 지장을 초래하기 때문에 주기적으로 벌채하거나 간벌하여야 한다. 수로 둑에 식재된 버드나무류는 근원부에서 잘라도 맹아가 발생하여 3년정도에 원상을 회복할 수 있지만 일시에 모든 수목을 제거하면 야생동물 서식지 및 경관의 측면에서 부작용이 크기 때문에 3년 주기로 윤벌 계획을 수립하여 매년 1/3을 벌채하는 방법을 이용하는 것이 바람직 할 것이다. 두 번째 달뿌리풀, 갈대, 부들 등은 매년 겨울철에 벌채하여 하천 외부로 반출하여 퇴비화 시설을 통해 유기비료화 시키는 방안도 고려해 볼만 하다.



<그림 5-1> 유지관리의 미비로 인한 아카시나무와 수로내 식물의 과다번식

세번째 하절기의 홍수시에 도입식생이 장기간 침수되거나 퇴적토사에 매몰되어 재생이 불가능한 경우에는 환경조건에 적합한 식생으로 교체하여야 한다. 대부분의 식생은 자연적 교란에 대한 내성이 강한 반면에 일반적인 잔디, 화훼류, 관상식물은 재생이 거의 불가능하기 때문에 점진적으로 달뿌리풀, 갈대, 물쭉과 같은 절대하천식생이 침입하여 우점도를 높이게 된다. 이러한 경우에는 자생식물의 생육을 저해하는 외래 잡초류를 제거하는 수준의 관리를 해야 한다.

#### 5.1.4 친수공간의 관리

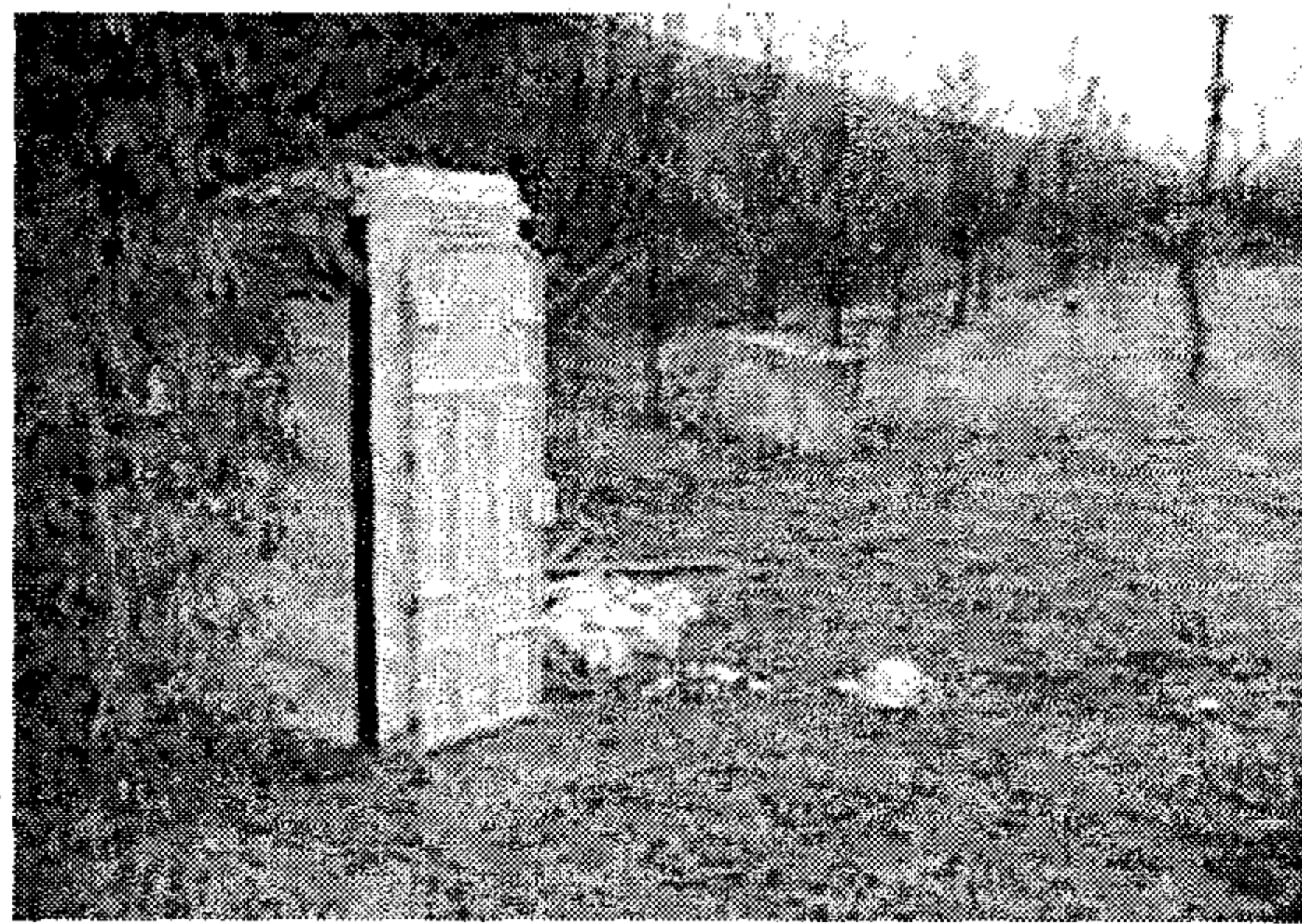
농업생산기반시설을 이용한 친수공간의 관리에는 다음 사항을 유의하여야 한다. 첫째 모든 이용시설은 홍수시의 침수 및 유실 피해가 최소화될 수 있도록 위치, 공법, 소재를 선정하고, 홍수 이후에는 시설물 피해를 점검하고 필요한 부분은 즉시 보수하여야 한다. 거석을 이용한 징검다리, 벤치, 관찰로, 보행데크 등은 홍수시에 통수단면을 축소시키고, 와류를 발생시켜 하류의 지표면 침식을 유발할 수 있다. 따라서 모든 친수시설은 홍수시의 수리 거동을 충분히 예측하여 피해를 예방하고, 필요시에는 즉시 복구하여야 한다. <그림 5-2>에서 보는 바와 같이 관리소홀로 인한 침사지에 퇴적된 토사위에 형성된 식생을 보여 주는 것으로 사후 유지관리가 중요하다는 것을 알 수 있었다. 두 번

째로 친수시설의 위치 선정시 이용객의 접근성과 주 거주지에서의 거리를 고려하여야 시설의 활용도와 관리의 용이성을 높여야 한다는 것이다.

세 번째 수로변 친수시설물의 고의적 훼손 행위, 익사사고 및 기타 안전사고를 고려하여 경고판 및 로프 등의 통행 차단시설을 설치하고 가능한 넓은 시계를 확보할 수 있도록 개방공간을 조성해야 한다는 것이다. <그림 5-3> 친수시설의 부실한 관리의 한 예를 나타낸 것이다.



<그림 5-2> 침사지에 퇴적된 토사위에 형성된 식생



<그림 5-3> 친수시설의 부실한 관리

네 번째로 산책로, 혹은 운동시설 등을 설치할 경우에는 기존의 주요 서식공간을 보전하고, 주민의 이용을 위주로 하는 친수공간과 하천생물 서식처를 격리하고, 적절한 완충공간을 설치하여야 한다. 다섯 번째로는 야간조명시설에 의한 생태계의 피해를 저감시키는 방안을 고려하여야 한다. 가로등을 설치하

여 야간 이용을 허용할 경우에는 야생동물의 생활 리듬을 파괴하고, 조류의 주요 먹이원인 곤충의 밀도를 현저히 감소시킨다. 따라서 조명시설은 높고 밝은 가로등 대신에 낮은 보행등을 최소한으로 설치하여야 한다. 마지막으로 주민의 자발적 참여에 의한 시설물의 이용 및 관리를 유도하여야 한다. 지역 주민 및 단체의 회원은 하천 생태계 복원 모니터링, 시설물의 유지 관리 활동에 필요한 전문 지식을 구비한 인력을 제공할 수 있다.

## 5.2 친환경 용·배수로 시설의 안전성 및 생태복원 모니터링

오늘날 중요한 농업기반시설중의 하나인 용·배수로에서 이뤄진 치수 목적의 관행적 토목공사 위주의 방식에 의해 수로의 생물 서식처 및 주변 생태계가 훼손되었다. 용·배수로의 훼손된 생태계를 성공적으로 복원하기 위해서는 수로의 물리, 화학 및 생물학적 과정간의 관계를 과학적으로 이해할 필요가 있다. 기존 용·배수로의 기능성과 경제성을 극대화시키기 위한 인간 활동은 이러한 과정의 진행속도를 가속화하거나 불안정한 상태로 진행되게 하여 수로의 생태적 구조와 기능에 심각한 훼손을 가져왔다. 이러한 훼손된 생태계를 친환경적 기법의 도입을 통하여 복원하고자 할 경우 그 기법의 생태적 기능성이 파악되어야 하기 때문에 수로내 생물상의 변화를 지속적으로 모니터링하며 복원사업의 평가가 이뤄져야한다. 현재까지 친환경적 용·배수로 정비사업을 위한 표준 시공법이나 공법 및 재료선정에 관한 기준이 마련되어 있지 않아 현장에서 사용되고 있는 환경친화적 설계나 토목재료들은 대부분 외국에서 사용되고 있는 공법이나 재료를 그대로 사용하거나 모방하여 생산하고 있는 실정이다. 그 결과 국내의 환경 또는 수리수문학적 특성에 맞지 않아 시공 후 시설물이 파괴되거나 유지관리가 공사비용을 초과하는 경우도 발생하고 있다. 또한, 친환경 수로의 목적으로 수로가 설계 시공되었다 하더라도 대부분 그 계획이 목적에 맞게 완성되었다 할 수 없다. 친환경 용·배수로 정비 또는 생태복원의 성공은 반드시 그 사업의 시행 전, 시행 중, 시행 후의 모니터링과 평가가 수행되어야 한다. 이를 통해 계획된 기능과 사업목적의 달성여부를 판단할 수 있으며, 유지관리 방안과 유사사업의 성공도를 높일 수 있는 자료를 확보할 수 있다.

본 연구에서는 용·배수로의 친환경적 개보수에 이용된 시공재료 및 제품에 대한 특성을 분석 평가함으로써 적용 가능성과 생태적기능성을 파악하고 향후

수로의 친환경적 복원에 적합한 공법의 기능을 분석하여 지표를 설정하는데 활용하고자 한다.

### 5.2.1 모니터링의 개요

생태계 복원사업의 완성은 복원수단의 실행 및 규제, 모니터링, 복원성과의 평가 등 후속적 관리 등을 포함하여야 한다. 왜냐하면 실질적인 친환경적인 수로생태복원 사업의 효과는 실행사업 이후에 점진적으로 나타나기 때문이다. 여기서 '실행'이라 함은 계획, 설계된 복원사업을 현장에서 추진하는 것으로, 해당 복원사업의 특성이 수로공사 성격이 강하면 '시공'의 의미이다.

실행, 유지관리, 그리고 모니터링 및 평가는 성공적인 복원을 위해 필수적인 요소이며 수로의 친환경적 복원 효과를 분명히 파악할 수 있도록 진행되어야 한다. 어떤 경우에도 복원 계획의 실행에 앞서 후속적 관리를 포함한 복원사업 전반에 걸친 검토가 선행되어야 한다. 복원 실행을 위해 도입되는 기술적인 공법들은 현재 이용 가능한 자원과 기술력, 복원 목표 성취를 위해 필요한 다양한 관련 요소들을 바탕으로 복원전문가에 의해 결정되어야 한다.

정비 또는 복원 계획의 검토, 긴급한 정비사항, 유지관리와 모니터링 활동 등을 원활히 진행하기 위해서는 계획에 대한 지속적인 재검토가 필요하며, 모든 복원사업 참여자들은 실행, 모니터링, 유지관리에 있어 많은 요구사항을 제시할 것이다. 이러한 요구에 의해 계획과 목표를 조정하는데 상당히 많은 시간이 소요된다는 것을 알아야 한다.

친환경 용·배수로 정비사업에 있어 목적과 목표의 선정이나 정비사업의 실행만으로 정비와 생태계복원의 과정이 끝나는 것이 아니다. 성공적인 친환경 용·배수로 정비를 위해서는 실행, 사업후기 모니터링 평가의 과정을 어떻게 진행할 것인가에 대한 세심한 고려가 필요하다. 또한 생태계복원은 자연생태적, 인문사회적, 경제적 측면에서 효율적으로 적용될 수 있는 장기간의 계획과 후속적 관리의 실행에 초점을 맞춰야 할 것이다. 이를 위하여 설계와 시공만으로 정비사업이 완성되는 것이 아니라, 모니터링, 평가, 적응관리가 수반되어야 성공을 보장할 수 있다. 모니터링은 사업 전, 후 그리고 시공 중으로 구분한다. 모니터링은 시계열적 자료 수집에 1차적 의의가 있으며 친환경 정비의 지속성에 관한 정보를 제공하고 차후 다른 유사 사업의 귀중한 경험과 교훈을 제공한다.

친환경 용·배수로 정비사업을 위한 기본설계가 완성되면, 모니터링, 평가,

보완과정에 대한 계획이 병행되어야 한다. 이 단계에서는 설계의 결과 검토와 평가를 다루는데 필요한 기초적인 현황을 조사한다. 또한 모니터링과 평가과정 중에 수집된 정보를 바탕으로 수정 및 보완 과정의 중요성이 강조된다. 모니터링은 사업의 평가와 적응 관리에 절대적인 자료가 된다. 모니터링을 통하여 그 사업이 계획대로 기능을 하고 있는가, 또는 그 사업의 목적과 목표가 달성되었는가를 알 수 있다. 필요한 경우 설계나 관리방법을 변경하는 적응 관리도 가능케 한다. 모니터링 및 평가는 정비사업 과정의 중요한 요소이며 설계의 목적과 목표를 세우는데 필요한 모든 행동을 의미한다. 따라서 성공적인 사업의 실행을 위해 미래를 예측한 사전계획이 이루어지기 위해서는 모든 수단을 이용한 모니터링 및 평가가 수반되어야 할 것이다.

### 5.2.2 모니터링의 기능과 원칙

모니터링은 지속가능한 수로정비의 평가를 위한 생태적 관리방안을 작성할 수 있는 중요한 자료수집 과정이라 할 수 있다. 모니터링은 수로의 기능성 유지와 주변 생태계와 개체군의 관리 및 효율적 보전을 위해 중요하며, 토지이용과 경관자원의 효율적인 활용에도 도움을 줄 수 있는 정보를 제공한다. 생태계 복원 또는 보전계획과의 조화와 환경의 질적 평가를 위해서도 다양한 모니터링 방법의 개발 및 적용이 필요하며 특히, 역동적인 수변생태계에 대한 지속적인 자료의 축적을 위해 필수적인 과정이라 할 수 있다.

어떠한 환경 요인에 대한 변화 과정을 손쉽게 측정할 수 있다면 전반적인 생태계 변화의 파악과 예측에 유용하게 활용될 수 있다. 따라서 지속적인 모니터링을 위해서는 몇 가지 주요 원칙들이 고려되어야 한다.

- 모니터링은 장기간 지속적으로 시행될 수 있어야 한다. 그렇지 못하면 모니터링 계획은 실효성이 낮아질 수 있다.
- 기록과 반복된 기록의 영속성, 조사구(transect or quadrant)의 위치 표식 및 조사지 관리를 위한 고정시설이 필요하다.
- 주기적인 반복 기록이 필요하며, 반드시 정기적이지는 않더라도 추가적인 기록이 특정 사건을 전후해서 측정되어야 한다.
- 모니터링 대상지는 자료 수집시기가 아니더라도 정기적으로 확인·관리되어야 한다.
- 모니터링 목적은 명확하게 한정할 필요가 있을지라도 기록의 범위를 제한하여서는 안 된다. 기초적이고 체계적인 기록은 추후에 중요한 가치를 가



질 수 있기 때문이며 추후에 그 자료가 어떻게 활용될 수 있는가에 대한 것을 현시점에서는 판단할 수 없기 때문이다.

- 현황은 복잡하게 서술하는 것 보다 체계적으로 간단하게 기록하는 것이 좋으며, 또한 아무것도 없는 것보다는 어떤 것이라도 일단은 기록하는 것이 훨씬 바람직하다.
- 정기적인 분석과 보고서 준비는 자료수집 방법의 개선에 도움을 주며, 목적의 평가에 유용하다.

### 5.2.3 모니터링 계획의 작성

1단계 : 정비 사업의 목적과 목표를 설정한다.

2단계 : 개념적 모형을 설정한다. 사업의 목적과 성능평가를 위한 인자간의 관계를 설정하는데 유용하며 특히 베이스 라인 모니터링은 아무런 조치를 취하지 않은 현 상태를 확인하고, 복원에 필요한 조치를 확인함으로써 복원사업의 설계와 모니터링 계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있다.

3단계 : 성과와 사업목적의 연결을 위해 평가기준을 설정한다. 사업목적이 뚜렷하고 점점 가능한 지표들이 있는 경우 성능 검토는 비교적 용이하다.

4단계 : 모니터링 인자와 방법을 설정한다. 용·배수로의 기능과 주위 환경에 부합되는 항목을 선별하여 효율적인 모니터링 인자를 설정한다. 모니터링 기법을 선정하는 경우 정확한 자료를 효율적으로 수집할 수 있는 기법인지를 확인해야 하며 합리적이고 재 수집 가능한 자료를 적정 시간과 예산 내에서 수행할 수 있는 방법인지를 판단하여야 한다.

5단계 : 비용을 추정한다. 모니터링 계획 수립에 소요되는 자체 비용을 파악하고 질 보증(QA), 자료관리, 야외 샘플 프로그램에 필요한 비용 등을 분석하며, 실험실 샘플 분석, 자료분석과 해석, 보고 준비 및 결과의 발표에 따른 비용도 산정한다.

6단계 : 다양한 집단에 의해 수행된 조사자료를 분류한다.

7단계 : 모니터링 수준과 시간(조사시기, 빈도, 조사기간)과 통계학적 구조 및 샘플 수준을 선정한다.

(표 5-1) 친환경 복원 사업의 모니터링 계획

과 정	내 용
자료 수집	-모니터링 계획의 주체 -모니터링 계획의 목적과 대상 -체계적이고 적절한 방법의 적용 -모니터링 기간 및 자료 수집주기 -조사내용(항목)의 선정 및 목적과의 적합성
자료 분석과 해석	-자료 분석에 사용될 방법 -자료 표현의 방법 -자료 해석의 가능성

#### 5.2.4 모니터링 구성

모니터링은 사업의 성패를 평가하는 중요한 수단으로 사업계획 단계부터 기본적인 구상이 준비되어야 한다. 모니터링의 목적은 구체적으로

- 1) 치수·이수, 환경(생태) 등 모든 측면에서 사업의 성과 평가,
- 2) 공간적, 시간적 환경 변화 평가,
- 3) 치수·이수, 환경(생태) 등 모든 측면에서 사업에 위협을 주는 요인의 평가,
- 4) 참고 구간(reference reach)에서 생태 변화 과정의 정량화 등이다.

모니터링 결과에 따라 미리 설정한 각종 점검 시점에서 위와 같은 평가를 시행하여 사업의 효율성을 재검토하여 필요시 수정하는 적응관리가 가능해진다. 이에 따라 필요한 경우 관리 방향을 변경시킬 수 있을 것이다. 적응관리의 주요대상은 다음과 같다.

- 수로의 기능성
- 수변식생의 변화
- 생태계의 연속성
- 곤충 및 어류와 야생동물
- 경관 및 친수성

## 5.2.5 목적별 모니터링의 구분

모니터링 항목은 수로의 기능성과 생태계, 경관 등이며 기간 별 모니터링 항목은 다음과 같다.

- 일간 조사 : 일수위, 강수량 등
- 주간 조사 : 경관 변화 촬영
- 월간 조사 : 수질 측정, 하천 생태계 변화
- 비정기 조사 : 유량측정
- 집중 조사 : 식재된 식물의 활착 시기에 따른 주간 변화 기록

생물종 복원을 위한 3단계 모니터링은 다음과 같다

- 예측 모니터링(anticipatory monitoring): 복원 가능성의 예측
- 기준선 모니터링(baseline monitoring): 복원 실행단계에서의 모니터링
- 실행 후 모니터링(follow-up monitoring): 복원 실행 후 성과 검증단계에서 시행

위에서 언급한 바와 같이 시공이 정비 또는 복원 사업의 끝을 의미하는 것은 아니다. 사업 담당자는 수로 정비 사업지역에 대한 모니터링을 계획하고 지속적으로 투자해야 한다. 모니터링의 범위와 유형은 수로의 기능적 생태적 특성과 조건에 따라 몇 가지 다른 목적으로 수행될 수 있다.

- 1) 실행 평가: 복원 사업의 실행과 생태적인 유효성에 관하여 평가한다. 모니터링과 평가는 현장 정보의 수집을 통해 확인한다.
- 2) 동향 판단: 다양한 시공간적 규모의 생태학적인 변화를 평가하기 위해 장기간에 걸친 주기적인 변화과정을 파악한다.
- 3) 위험 판단: 생태계 훼손의 원인과 결과를 파악한다.
- 4) 기준선 설정: 특정지역에서 발생하는 생태학적인 진행과정을 계량화하고 조사시점의 기준선을 설정 한다.

모니터링은 복원사업의 구조와 기능 회복, 복원의 유효성 평가 등 다양한 목적과 기능을 위해 수행되며 필요에 따라 물리적, 생물적, 화학적 지표의 방법을 사용하게 된다. 모니터링에 사용된 기술 및 방법과 모니터링 결과는 어떠한 분석결과를 얻는가를 결정하는데 있어 중요한 고려사항이다.

- 1) 실행 모니터링 (Implementation Monitoring): 실행 모니터링은 복원 방법의 올바른 수행여부를 판단하는데 도움을 준다. 물리적, 생물적, 화학적

모니터링을 통한 복원의 유효성 평가는 많은 시간과 예산이 소요되며 기술적인 어려움이 있다. 참여자는 생태적 특성 변화에 바탕을 둔 효과적인 유효성 평가를 위해 다양한 분야에 대한 이해가 필요하다. 따라서 실행 모니터링의 수행은 사업의 중간 단계에서 중요한 의미를 지니며 무엇이 적합하고 적합하지 않은지를 검증하여 복원 사업을 재구성하는데 중요한 정보를 제공한다.

- 2) 유효성 모니터링 (Effectiveness Monitoring): 유효성 모니터링은 ‘복원방법은 바람직한 결과를 성취했는가. 또는 ‘복원 시도는 이루어 졌는가. 라는 질문에 해답을 준다. 유효성 모니터링은 생태계에 적용된 복원사업의 영향을 측정하여 사업의 성공 여부를 평가한다. 유효성 모니터링은 변화에 민감하며, 인지가 가능하고 통계적인 타당성을 가지는 지표의 선택이 매우 중요하다. 모니터링의 수준에 따라 실행하는데 있어 소요되는 예산이 결정된다.
- 3) 타당성 모니터링 (Validation Monitoring): 타당성 모니터링은 ‘복원 설계와 원인과 영향의 관계에 대한 가정은 옳았는가.라는 질문에 해답을 준다. 타당성 모니터링은 복원 방법의 평가와 계획에 이용된 다양한 가정의 타당성을 확인하는 과정이다. 만약 복원사업이 예상했던 결과를 성취하는데 실패하였다면 아마도 생태적 가정에 적합하지 않거나 빈약한 모니터링 지표를 선택한 결과일 것이다. 모니터링의 수준은 비용과 과학적인 전문지식에 의해 결정된다.
- 4) 친수성 모니터링 (Human Interest Monitoring): 친환경 수로정비사업에서 친수성은 생태성 다음으로 중요한 역할을 한다. 사업의 효과 평가에서 이러한 친수성 평가는 인간 이용과 생태 조건을 동시에 평가하는 주요한 기능을 가진다. 주민의 친수활동에 대한 사업성과를 평가하기 위한 이용도 조사는 추가적인 생물자료를 제공할 수 있다.

## 5.2.6 모니터링의 방법과 평가

친환경 복원사업의 모니터링 대상은 물리적, 생물적, 화학적 변수들로 나누어 생각할 수 있다. 수변 복원의 모니터링에서 고려하는 물리적 변수들은 다음과 같다. 첫 번째로 물리적 매개변수로서 다양한 물리적 매개변수의 적용은 사업의 실행 평가를 위해 중요하다. 수로의 유형과 형태는 8가지의 측정 가능한 매개변수, 즉 넓이, 깊이, 수로의 경사, 수로 재료의 거칠기, 유량, 유속, 침

전물의 양, 침전물의 크기 등으로 구분할 수 있다. 자연하천에서의 변화량은 일정한 체계를 가지며 어떠한 하천 변수의 변화라도 하천과 수생 서식처의 변화를 수반하고, 하도 유형과 형태를 변경하게 된다.

두 번째로는 생물학적 매개변수로 이에 대한 모니터링은 유기체, 수로특성, 수집기법의 광범위한 분야에 영향을 미칠 수 있다. 대부분의 경우 예산과 인력은 평가 방법 선택의 다양성과 강도를 결정한다. 생물적 특성 분석은 대상 수로 생태계의 구조와 기능을 분석하여 자연 생태계에 대한 물리기반과의 연결고리를 파악하는데 필요하다. 세 번째는 화학적인 매개변수로 이에 대한 모니터링의 유형과 범위는 모니터링 프로그램의 목적에 따라 결정된다. 화학적 변수는 주로 수질에 관련된 것으로, 이는 특히 복원의 목적이 수질개선도 포함하는 경우 의미가 크다. 화학과 생물 모니터링을 같이 하게 되면 여러 이점이 있다. 특히 생물 모니터링은 여러 화학적 변수들을 종합하여 나타나는 특성이 있다. 그러나 때로 생물은 수질의 점진적인 변화를 늦게 감지할 수 있으므로, 이 경우 화학적 모니터링이 우선적으로 필요하다. 수로복원 측면에서 생물 시스템에 영향을 주는 중요한 화학변수로는 수온, 탁도, 용존 산소, pH, 자연 특성(수온)과 인공 독성 영양 염류, 유기물, BOD, 색, 용존 이온과 부유사 등이다. 한편 위와 같은 화학적 속성의 모니터링과 함께 유속, 피난처나 휴식처(cover) 그늘, 여울과 소의 비율, 지하수 침투, 하상토 유사량, 인공 구조물의 양과 크기, 분포 등 물리적 속성의 모니터링도 같이 하는 것이 바람직하다.

### 5.2.7 모니터링의 종류

모니터링 계획은 사업의 계획 단계, 즉 사업 목표와 성과의 기준을 설정하는 단계에서 수립되어야 한다. 사업 전 모니터링은 사업 전후의 변화 및 도입 공법 등을 선정하는 데 주요 기초자료가 되며 사업 중 모니터링은 설계가 제대로 시공되어지는가와 시공으로 인해 주변 생태계의 훼손 여부를 점검할 수 있다. 사업 후 모니터링은 정비사업의 특성상 가장 중요한 단계로서, 사업의 성능 평가를 위해 수행되어야 할 것이다. 사업 시행 전 모니터링으로 이 모니터링은 사업의 필요성과 선정과정에서 제시된 자료를 통해서 어느 정도 확보할 수 있으나 필요한 경우 현장 답사를 통해서 시행 전 생태환경을 조사하여야 한다. 그리고 사업 시행 중 모니터링으로 복원사업이 설계에 맞게 시행되는지의 평가를 검할 수 있으며 시행 중 또는 시행직후 발생할 수 있는 예측치 못한 문제를 해결하거나 수정하는 현장관리 기능과 문제의 원인을 파악하여

차후 사업에 적용할 자료를 확보하여야 한다. 마지막으로 사업 시행 후 모니터링으로 복원사업의 설계 목적과 기능이 적절히 완료되고 수행되는지를 평가한다. 세부적으로 적용된 공법과 구조물 등의 안전성과 내구성 등을 평가하고 생태적인 기능이 확보 되었는지를 평가한다. 생태적 측면의 모니터링은 식물상을 위주로 목적 수종의 활착 정도와 그 기능 그리고 원하지 않은 수종의 유입도 등을 조사하며 친환경 시공재료의 생태적 기능성을 평가하고, 친환경 공법별 사후유지관리 상태와 지리적, 지형적, 물리적 여건을 고려한 수로정비 방안을 도출하기위한 자료를 확보한다.

### 5.2.8 모니터링 평가항목

- 1) 용·배수로의 통수능력과 안전성
  - 수로의 횡과 종단면
  - 수심 및 유속
  - 홍수위 조사
  - 토양 또는 구조물의 종류
  
- 2) 생태적 특성
  - 식생의 종과 밀도 및 크기
  - 식재 생존율
  - 번식도
  - 곤충, 어류, 양서류, 조류 등의 서식 밀도
  
- 3) 기 타
  - 수온/pH/용존산소/전도도/질소/인 등의 수질 평가항목
  - 경관과 친수활동
  - 사후관리를 위한 지역주민의 참여도 등.

### 5.2.9 모니터링의 추진과 관리

정비사업이 실행되면서 모니터링의 중요성과 추진은 약해지고 자료관리와 분석이 부실해질 가능성이 있다. 따라서 모니터링 계획의 장기적인 전망이 필요하며 관리자와 모니터링 계획이 장기적인 관점에서 사업 목표를 평가하는

수단이 된다는 확신감이 필요하다. 이러한 과정을 통해 역할과 책임의 명확한 구분이 필요하며 모니터링은 통상 장기간에 걸치므로 사업 책임자와 계약시 책임을 분명히 하여야 한다. 또한 수집 자료의 질을 보장하는 방법을 강구하여야 하며, 모니터링 책임자와 사업 책임자 공히 객관적이고 완전한 결과 해석이 필요하다. 자료의 관리는 데이터베이스와 스프레드시트 등을 이용하여 체계적이고 합리적으로 이루어져야 한다.

### 5.2.10 모니터링 결과의 평가

생태복원 계획에 있어 사업 후 평가는 통상 긴 시간을 요하므로 소홀히 다루어지는 경향이 있다. 그러나 사업 후 모니터링 결과의 평가는 사업계획의 성과를 검증할 수 있으며 향후 진행될 복원사업에 많은 도움을 줄 수 있다. 따라서 모니터링 결과에 따라 실행 대안을 제시할 수 있다. 모니터링 평가 후 작성된 보고서는 복원사업의 홍보, 복원대상지의 적응관리를 위한 근거, 후속 사업시 기술적 실행가능성 제고, 복원과정에 대한 현장기록 제공 등의 차원에서 다양하게 활용될 수 있다.

### 5.2.11 수로 식생조사

#### 1) 조사범위

식생은 수변의 생물자원 중에서 가장 중요한 1차 생산자이며 서식처로서의 기능이 있다. 식생조사의 대상은 양치식물과 종자식물을 위주로 한다. 조사대상 수로에서의 식생조사는 종단 및 횡단의범위 안에서 조사구역과 조사지점을 통계학적 기법을 적용 선정하며, 조사지점에서 식물군집구조 조사를 실시한다. (표 5-2)는 수로생태계의 식물상 및 식생 모니터링에 대한 것을 나타낸 것이며 식생조사 기간은 일반적으로 식물의 계절적인 변화를 파악할 수 있도록 계절별로 실시하며, 봄과 홍수 전후 여름에는 주로 식물상 조사를 수행하며, 홍수 후 식생이 안정되는 가을에 식물상과 더불어 식생도, 식물군집구조 및 식생단면을 조사한다.

(표 5-2) 수로생태계의 식물상 및 식생 모니터링

분야	모니터링 내용	모니터링 방법	모니터링 시기	모니터링 주기
식물상	관속식물종수 · 자생종 · 외래종 · 법적보호종 · 고유종 · 분포한 계종	조사경로(조사구) 설정 · 기점과 종점 · 조사범위(폭) 문헌 및 탐문조사 현지조사	계절별 조사 · 년 4회 · target species →개화 및 결실시기	
	생육형별 종 수 · 목본:교목, 관목, 덩굴성 · 초본:다년생, 이년생, 일년생	· 설정된 조사구에 대해 시기별 조사 · 채집 및 동정 · 표준조사기록지 사용	보충조사 · 년 2회	
식생군락	· 종다양도 · 균재도 · 최대종 다양도	조사대상지 전체 및 식물군락 유형별 종 다양도 · Shannon & Winner Index · Simpson's Index	현지조사 · 년 1회 · 년 4회 : 초본층의 변화파악	최초 3년간 →1년주기  3년 이후 →3년주기  10년 이후 →5년주기
	군락유형 · 종조성(지표종) · 종간결합 · 유사도	Random Sampling 에 의한 조사구 설정 · TWINSPAN에 의한 분류 · Species Association by $\chi^2$ test · Sorensen's Index & Jaccard's Index 식생도 작성	현지조사 · 년 1회	
	식생층 · 수와 높이 · 우점종	식생 유형별 파악 · 식생 투영도 작성 · 단면 모식도 작성		
	상대수도 · 상대밀도, 피도, 빈도 · 중요치	식생유형(군락)별 파악 · Importance Value by Curtis & McIntosh	현지조사 · 년 1회	
	식생천이	· 식생층별 Importance Value 및 우점도 · 내음성(Tolerance)	· 년 4회 : 초본층의 변화파악	
	개체군 분포 · 개체군의 크기 · 개체군의 공간분포	· Target Species 선정 · 평균과 분산의 비율		
	무생물적 요인과 식생유형 관계 · 지형, 경사, 방향, 고도 · 토양특성:토성, 토양반응, 토양수분, 밀도, 공극, 단면	식생 유형별 파악 기구와 장비를 이용한 현지측정 Ordination - DCA	현지조사 · 년 1회	
	생체량	건조중량 측정		



## 2) 조사방법

현지조사에 앞서 문헌을 수집하고 현지 경험이 있는 전문가의 도움을 받아 조사지의 식생에 대한 정보를 수집한다. 문헌 및 청문조사의 결과를 바탕으로 조사대상지를 답사하여 조사지를 설정하고 사진을 촬영하여 조사지의 개황을 파악한다.

조사대상 수로에 나타나는 전형적인 식물군집에서 식생 유형에 따라서 적절한 면적의 방형구를 설치하고 식물의 종조성과 각 종의 피도를 조사한다. 식생구조와 함께 조사지의 환경인 지형, 위치 경사, 토성, 토양습도 등을 기록한다. 현장에서 동정이 어려운 식물은 표본으로 제작하여 동정한다.

## 3) 분석방법

종의 다양성은 생태계의 특성을 분석하는 좋은 지표이다. 이는 단위 면적당, 또는 일정 공간당 출현하는 종의 수로 나타낸다. 종 다양성을 나타내는 지표로 특정 조사 단위에서 종의 수를 나타내는 종 풍부도(species richness)와 종 분포의 균등성을 나타내는 종 균재성(species evenness) 등이 활용된다. 모집단과 군집을 기술하는 중요 측정값으로는 밀도(density) 우점도(dominance), 상대밀도(relative density), 종 다양도(species diversity) 등이 있으며, 이들 측정값으로 다른 중요한 생태적 특성을 파악할 수 있게 된다.

### (1) 우점도(Dominance Index, DI)

군집에서 무작위로 선택한 2개 이상의 개체가 같은 종에 속할 확률을 구함으로써 계산된다.

$$DI = \frac{\sum ni (ni - 1)}{N(N - 1)}$$

여기서, DI = 우점도 지수

ni = 표본에서 종 i의 개체수

N = 표본에서의 모든종의 총개체수

### (2) 종 다양성지수(species diversity, H')

정보이론에 기초를 두고 불확실성과 관련이 있는 측정방법인 Shannon-Wiener함수를 이용하여 산출한다.

$$H' = -\sum pi \log pi$$

$$\text{단, } p_i = n_i/N$$

여기서,  $H'$  = 종 다양성

$n_i$  = 표본에서 종 I의 개체수

$N$  = 표본에서 모든 종의 총 개체수

### (3) 종 풍부도 (Richness Index, RI)

표본에서 총 개체수와 총 종의 수를 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로, 지수값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 생태계가 양호하다는 것을 나타낸다.

$$RI = \frac{(s-1)}{\ln N}$$

여기서, RI = 종 풍부도

$s$  = 표본에서의 종의 수

$N$  = 표본에서의 모든 종의 총 개체수

### (4) 균재도 (Evenness Index : $J'$ )

각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로써 나타낸다. 각 다양도 지수는 군집내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균재도 지수는 군집내 종 구성의 균일한 정도를 나타내며 다음과 같이 구한다.

$$J = \frac{H}{H_{max}}$$

여기서,  $J'$  = 균재도

$H'$  = 종다양성

$H_{max}$  =  $\ln s$

$s$  = 표본에서의 종의 수

### (5) 상대밀도 (Relative Density, RD)

우점종의 개체수에 대한 특정종의 개체수의 비로써 다음과 같이 계산한다.

$$RD = \text{특정 종의 개체수} / \text{우점종의 개체수} \times 100 (\%)$$

## 6. 농촌개발용 친환경 소재·공법의 특성 D/B구축

여 백

## 6. 농촌개발용 친환경 소재·공법의 특성 D/B구축

### 6.1. 편의시스템 개발

#### 6.1.1. 연구의 배경 및 필요성

농촌종합개발사업의 개별 개체들에 대한 신규공법의 개발과 친환경적인 공법이 계속 개발되고 있으나, 사업단위 발주로 인하여 공법에 대한 적합한 검토와 재료의 성능이 기존의 구조재료로 사용되어온 소재들과 비교하여 신뢰를 확보하기 어려운 실정이며, 따라서 중·장기적으로 개발사업의 결과로 시공되는 시설물들의 제 기능의 유지관리에 대한 추가적인 비용이 요구될 가능성이 높아지고 있다.

농촌종합개발은 기존의 농업생산기반 시설물외에도 다양한 종류의 시설물을 대상으로 하며, 기존의 구조적 안정성과 시공성뿐만 아니라 경관성, 소재의 친환경성 등을 모두 고려해야 하기 때문에 소재에 대한 능력평가 결과에 대한 타당한 기관의 시험결과를 토대로 표준데이터베이스를 손쉽게 검토할 수 있는 센터가 필요하다.

급격하게 변화하는 국내외 농업 및 농촌여건에 대응하고, 친환경공법 및 소재를 사용한 시설물은 향후 농촌지역의 자원개발로 활용되어 자산가치가 높아질 수 있기 때문에 잘 보존하고, 유지·향상시키기 위해서는 지속적인 소재의 품질관리를 필요로 한다.

#### 6.1.2. 연구의 목표와 내용

농촌현장에서 현재 진행되고 있는 친환경시공공법 사례의 조사와 각 소재, 공법의 결과의 분석, 설문 등의 조사결과를 통하여 향후 공법선정과정에서 현장설계 및 품질기준에 대한 의사결정을 지원하기 위하여 품질관리에 관한 표준화된 규정이나 평가 기법 조사 및 유형 분석을 실시하였다. 또한 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 자료 유형 분석 친환경 소재공법에 대한 자료조사 및 자료유형 분석 결과를 지속적으로 제공하기 위하여 데이터베이스를 설계하고 자료를 구축하여야 한다.

먼저, 친환경 소재공법에 대한 데이터베이스 구축은 향후 자료 관리의 일관

성 유지를 위하여 ER-diagram 분석을 통하여 친환경소재 공법자료의 관리를 위한 관계형 데이터베이스 설계하고, 웹기반 시스템에서 공법의 참조와 평가를 지원방안으로는 공사주관 사업에 실시되고 있는 기존 친환경 소재공법의 사진자료(공사 전후), 시방서 내역, 표준설계도면 등을 제공할 수 있도록 한다. 각 소재별로 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 및 품질관리평가결과의 자료는 향후 새로운 소재의 선정과 공법에 대해서 등록할 때 기준을 시스템으로 구축한다.

이 데이터베이스를 활용하기 위해서 데이터베이스 분석 프로그램(AP) 개발한다.

사용자가 프로그램을 이용하여 구축된 사진 DB 및 공법 자료의 신뢰도 평가 기능 구현과 적용공법을 이용한 개략설계 기능을 지원할 수 있는 개략설계지원프로그램 개발하고 향후 시스템의 유지보수를 위한 사용자 및 관리자 매뉴얼을 제공하도록 한다.

그러나 이러한 지원시스템의 공급대상이 지사, 사업단 등에서 다양하게 발생하며, 향후 시군 관계자들의 요구가 발생할 것을 대비해서 웹기반 시스템으로 시스템을 구축하는 것이 바람직하다. 웹기반 시스템으로 구축할 경우 간편한 검색 및 입력 시스템 개발이 가능하며, 친환경 소재 및 공법의 정보를 인터넷 활용을 위한 D/B 응용프로그램 개발이 용이한 장점을 이용할 수 있다.

### 6.1.3. 연구의 범위

- 친환경 소재공법에 대한 자료조사 및 자료유형 분석
- 농업기반공사 농어촌연구원의 친환경시공 공법 사례조사를 기초 자료로 하여 친환경소재공법에 대한 정보공학적 분석을 실시하여 향후 데이터베이스 시스템의 개발, 유지관리의 기초자료를 구축한다.
- 최근 농촌종합개발의 방법론으로 도입되고 있는 친환경공법의 경우 기존의 토목건설 사업을 통하여 축적된 콘크리트가 주요 재료인 공법과 다르기 때문에 각 공법에 도입된 소재에 대한 품질시험 결과의 표준화와 신규 도입 공법의 타당성을 결정하기 위하여 품질관리 측면에서 참조할 수 있는 규정이나 평가 기법 조사하여 데이터베이스 구축을 위한 자료의 형태 및 유형을 분석한다. 또한 농어촌연구원에서 실시하거나 인증된 기관의 품질시험 결과 보고서를 토대로 하여 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과에 대한 자료 유형을 분석한다.

● 친환경 소재공법에 대한 데이터베이스 구축

- 친환경소재 공법자료의 관리를 위한 관계형 데이터베이스 설계
  - 친환경소재 특성별 공법과의 관계 분석
  - 농촌종합개발 유형별 적정 공법 및 소재의 선정에 관한 관계 분석
  - 조사자료의 개체-관계형 분석 결과를 기본으로 데이터베이스 구조 설계
- 공사주관 사업에 실시되고 있는 기존 친환경 소재공법의 사진 및 자료구축
  - 친환경 소재공법에 대한 영상자료 데이터베이스 구축
  - 새로운 친환경소재 공법의 관리에 필요한 자료구조 설계
- 웹기반 시스템에서 공법의 참조와 평가를 지원을 위한 데이터베이스 설계 및 구축
  - 사용자 관리 및 사용실적관리를 위한 데이터베이스 설계
  - 소재공법에 대한 활용성을 높이기 위하여 적용사례 및 적용 후 사후 평가자료의 구축을 위한 데이터베이스 설계
- 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 및 품질관리평가결과의 자료 구축
  - 친환경 소재공법의 적용에 대한 사후 평가자료 구축 및 사업 단위별 유지관리 실태의 영상자료 데이터베이스 설계

● 데이터베이스 분석 프로그램(AP) 개발

- 사용자가 프로그램을 이용하여 구축된 사진 DB 및 공법 자료의 신뢰도 평가 기능
  - 종합개발 사업유형별 사용자의 선호도 및 신뢰도를 사후 및 유지관리 자료로부터 평가할 수 있는 기법의 도입
- 적용공법을 이용한 개략설계 기능을 지원할 수 있는 개략설계지원프로그램 개발
  - 기존의 종합개발 사업유형과 친환경성의 평가지표들을 이용하여 이를 개선할 수 있는 적정공법 선정 기준 수립에 관한 규칙을 개발
- 사용설명서(매뉴얼) 개발
  - 웹기반의 환경에 친숙한 사용자가 데이터베이스를 쉽게 사용할 수 있도록 매뉴얼 개발

● 친환경 소재공법 데이터베이스 활용 웹기반 프로그램 개발

- 친환경 소재공법의 인터넷 웹기반 검색 및 입력 시스템 개발

- 웹기반으로 시스템을 지원하기 위하여 사용자관리, 관리자 모드, 신소재공법의 등록 및 유지관리, 인증 등에 관한 절차를 지원할 수 있도록 시스템 개발
- 친환경 소재 및 공법의 정보를 인터넷 활용을 위한 D/B 응용프로그램 개발
- 웹기반의 농촌종합개발 친환경 소재공법 사례 검색 시스템 개발
  - 사업유형별, 지역별, 권역별, 시설물의 유형 등의 구분에 따라서 친환경소재 공법 검색 시스템 지원
  - 시스템 시험 운용 및 보고서 작성
  - 사용자 인터페이스 구축 및 평가보고서 작성 시스템 개발
  - 시스템 시험 운용을 위한 시험용 서버 구축 및 DBMS 운용 결과의 종합 보고 환경 제공

## 6.2. 시스템의 개발

### 6.2.1. 개요

현대를 지칭하여 ‘산업사회를 지나 고도의 정보가 지배하는 정보화 사회다’라고 한다. 정보사회란 산업사회가 그러했듯이 정보가 우리사회 전반을 지배한다는 것을 뜻한다. 정보는 쏟아지는 자료의 홍수 속에서 필요한 자료를 분류하고, 체계적으로 정리하여 저장한 후, 이를 가공하여 언제든지 필요할 때 이용할 수 있어야 얻어지는 부가가치의 산물이다. 즉 정보란 단순히 자료가 아니며 쏟아지는 자료를 정리할 수 있는 능력과 가공할 수 있는 능력이 있는 사람이나 조직에게서만 존재할 수 있다. 정보의 가치는 존재하는 자료의 지식으로의 가정절차와 방법, 경영과 의사결정을 위한 정보의 활용방법으로부터 생겨난다고 할 수 있다. 데이터베이스(Database)론은 전산학 분야에서도 급격히 발전해오고 있는 분야 중의 하나이다. 데이터베이스는 이제 우리에게 생소한 말이 아니지만, 전산학의 현실적용을 위한 응용학문이기 때문에 단순히 이론의 이해와 개발하려는 의지만으로 도입이 성공하기 어렵다. 수많은 자료의 홍수 속에서 우수한 정보를 생산하고 이용하기 위해서는 고품질의 소프트웨어를 사용한 정보처리에 관한 기술적인 방법들과 도구들 그리고 개발 프로세스에 관한 이론과 실제적인 기술들이 필요하다.



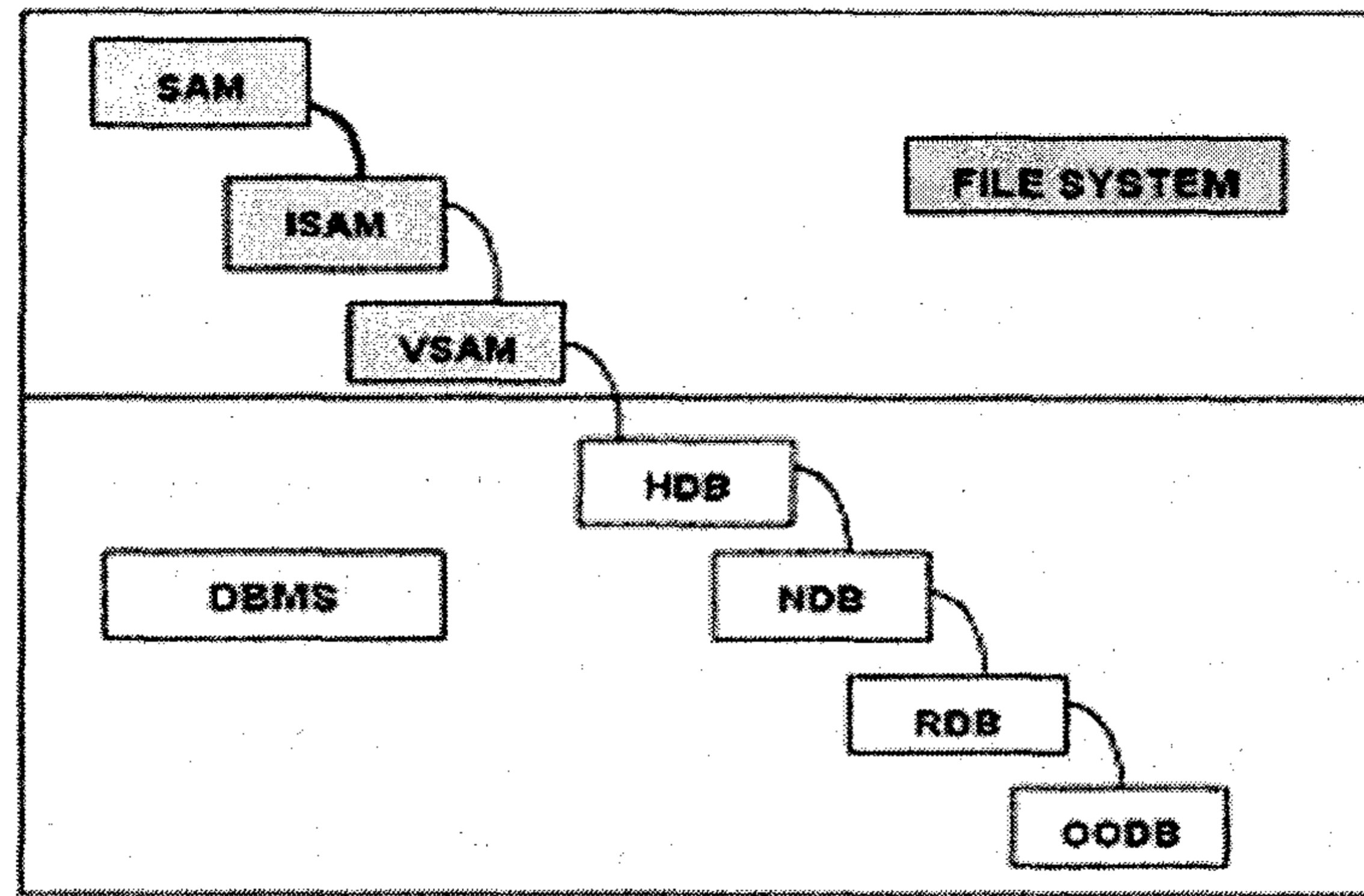
## 6.2.2. 친환경소재 및 공법자료의 정보화 체계화 기술

### 1) 자료관리체계 형의 진화

Database란 논리적으로 서로 관련 있는 자료를 정리해둔 집합체이며, 정보화 시대에 살고 있는 우리들과 밀접한 관계를 유지하고 있으며, 정리한 방법, 형태에 따라 세 종류로 나눈다. 데이터베이스 기술의 목표는 대량의 정보를 분류, 저장하는 데 있어서 가장 쉽고 빠르게 정보를 조직화 할 수 있는 기술을 개발하는데 있다. 데이터베이스는 단순한 자료의 모임이 아니라 B-Tree 알고리즘, Dead-lock 검출 알고리즘, 트랜잭션 관리 알고리즘 등의 복잡한 내부구조를 가지고 있기 때문에 이를 구축하는 것은 상당한 시간과 노력이 필요하며, 구현과 이를 유지, 확장하는 것 또한 많은 비용이 들고 꾸준한 노력을 투자하여야 한다. 데이터베이스는 자체의 목적을 가지고 독립적으로 운영하는 크고 작은 산업체, 기관 연구소 등의 특정 조직에서 인사관리, 회계업무 등의 여러 가지 응용업무에서 자체자료를 바탕으로 독자적인 기능을 가진 업무를 개발하도록 하며, 시차에 관계없이 동일한 자료에 대해서 독립적으로 사용이 가능하도록 운영하여 가능한 최대한 중복의 자료가 없도록 이상적인 상태로 자료를 관리하도록 한다.

따라서 공학분야에서 데이터베이스 활용은 향후 적용과정에서의 신기술의 도입과 적용결과의 분석, 새로운 비전제시 과정에서 끊임없이 진화하고 발전하고 있기 때문에 현 시점에서 가장 보편적인 시스템설계 이론을 채택하여 설계하고자 한다.

데이터베이스를 사용한다는 것은 기존의 파일구조를 바탕으로 관리되던 정보체계가 더 이상 대용량의 다양한 형태의 정보발생이 예측되는 현 체제에는 적합하지 못하기 때문이다. 이전의 파일 시스템에서 나타난 문제점을 해결해 가는 과정에서 데이터베이스의 등장까지의 과정은 다음 <그림 6-1>과 같이 요약이 될 수 있다.



<그림 6-1> 데이터베이스와 파일구조의 전개과정

또한 과거 파일 시스템이 갖고 있던 문제점은 다음과 같이 요약된다.

- 다양한 파일들은 정보의 참조 측면만을 고려하여 중복 관리되는 경우가 많다.
- 각각의 특정업무에 맞도록 독립적으로 구성되는 경우가 대부분이어서 그 요구사항이 변경되는 경우에는 자료구조와 프로그램까지 새롭게 구성해야 한다.
- 새로운 자료의 발생과 이를 처리하는 경우에 관련된 전체 시스템을 일관되게 유지하는 것이 어렵다.

이상의 검토 결과로부터 친환경정보수공법 및 소재를 관리하기 위해서 설계될 데이터베이스에서 기본적으로 갖추어야 할 기본적인 사용 목적은 다음과 같다.

## 2) 자료관리체계의 독립성

응용업무를 지원하는 시스템의 개발과 사용 데이터간의 독립성을 확보하는 것은 시스템 전체의 유지관리 비용을 줄이고 또 상.하위의 데이터정의에 영향을 주지 않도록 하는데 필수적인 기준이다. 이 문제는 물리적인 데이터 독립성과 논리적 데이터독립성 문제로 검토할 수 있다. 물리적 데이터 구조가 바뀌더라도 논리적 구조에 영향을 주지 않도록 설계하는 물리적 독립성과 응용 프로그램의 재작성 없이 개념적 단계의 데이터 구조를 수정할 수 있도록 하는

논리적 데이터 독립성을 들 수 있다. 이 관계에는 데이터관리 시스템의 성능을 이용하여 구현되며, 이는 데이터베이스 구현상의 세부적인 내용을 일반 사용자들, 프로그래머에게 보여주지 않고 독립적으로 자료의 처리에 편리성과 효율성을 제공할 수 있도록 한다.

### 3) 데이터 중복의 최소화

자료의 처리과정에서 중복을 최소화 할 수 있는 기능을 제공하도록 함으로써 저장공간의 절약과 수정의 신속처리가 가능하도록 한다.

### 4) 데이터의 공유문제

데이터베이스의 구축결과는 당연히 다중 사용자에게 지원되도록 할 필요가 있다. 그러나 이전의 배타적인 일괄처리 방식으로는 자료의 공유가 불가능하다. 따라서 다른 목적으로 동시에 다른 사람이 사용하는 자료의 경우에는 병행공유기능을 필요로 한다. 그러나 이 기능의 사용은 항상 트랜잭션의 우선순위와 대기중 사용자 프로세스의 관리문제를 유발시키기도 한다.

### 5) 데이터 보안문제의 해결

데이터베이스 시스템의 보안은 데이터베이스 관리시스템에서 지원하는 보안, 안전관리 시스템에서 지원된다. 불특정 다수의 불법적인 접근으로부터 데이터의 누출을 방지하기 위해서는 사용자의 등록과 접근권한의 부여를 통하여 구현되며, 운영체제나, H/W의 물리적인 손상에 대비해서도 지원하도록 한다.

### 6) 데이터의 무결성의 지원

전체 시스템내의 데이터의 불일치문제를 해결할 수 있는 방법은 최대한 자료의 중복이 발생하지 않도록 하는 것이며, 이를 검증할 수 있는 수단을 통하여 모든 갱신, 삽입 과정에서 통제하는 방법을 사용할 수 있다. 따라서 개개의 파일 수준에서 발생 가능한 무결성보다는 전체 시스템에서의 무결성이 중요하다고 할 수 있다.

### 6.2.3. 데이터베이스 기본이론 및 설계

#### 1) 데이터베이스 모형

##### ● 계층모형(Hierarchical DBMS)

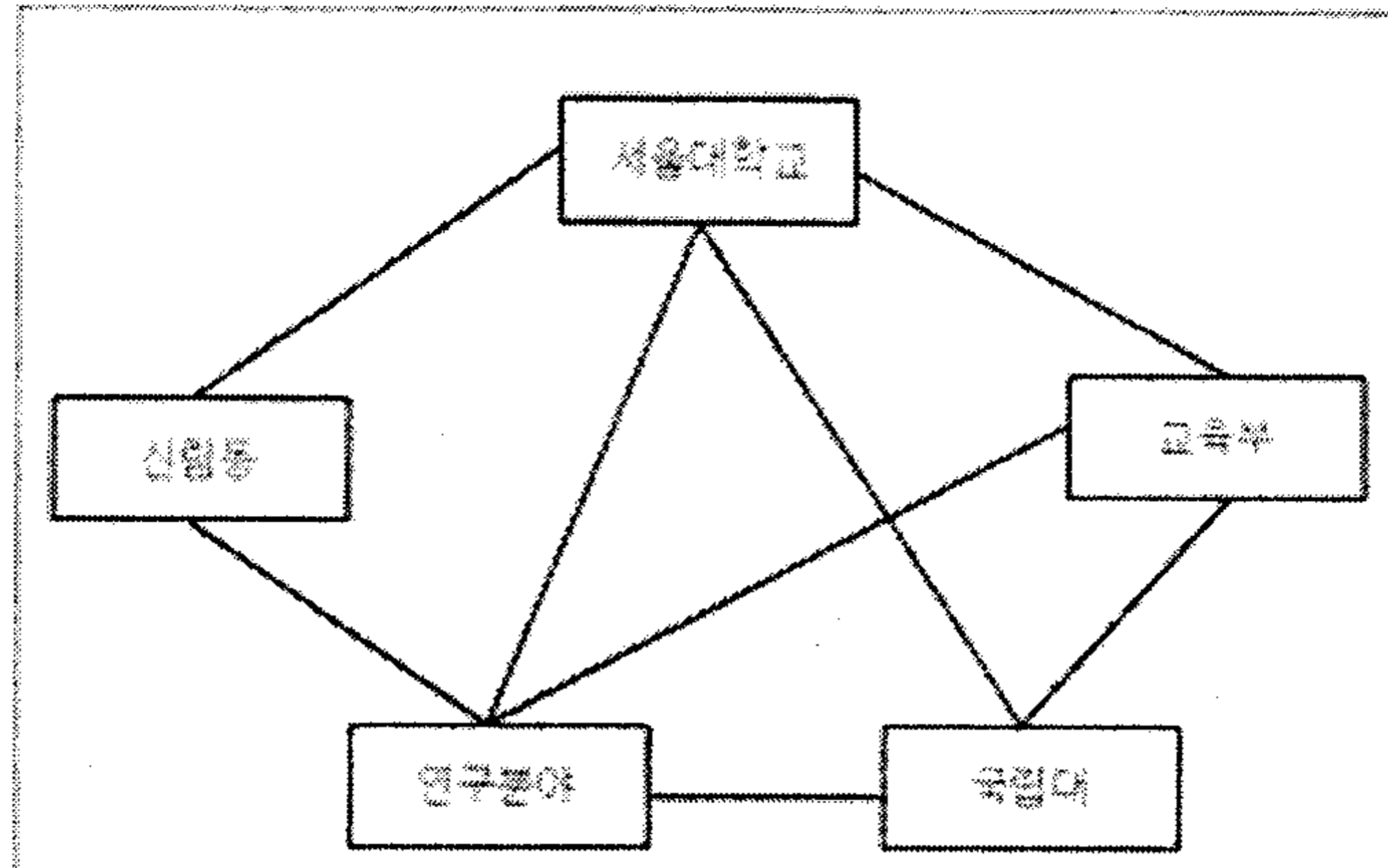
자료가 계층화되어 있는 경우 그 Tree에 따라 자료를 저장한다. 즉 최상위 절점으로부터 하위 계층으로 유일한 경로만을 갖는 구조가 된다. 따라서 많은 자료를 쉽게 정리할 수 있지만 한번에 하나의 관계만을 설정할 수 있는 단점이 있으며, 현실세계의 복잡한 관계를 정의하기가 곤란한 경우가 발생한다. 따라서 변하지 않는 종류의 구조화에 유리하며 이 모델의 장단점을 간단히 요약하면 다음과 같다.

(표 6-1) 계층모형 모델의 장단점

장 점	단 점
Data 처리의 신속성 성능예측의 용이함	업무 변환에 대한 적응력 부족 운용의 복잡함(추가, 삭제 곤란) N:M의 관계가 복잡 고도의 숙련된 전산 요원을 요함

##### ● 망모형(Network Model)

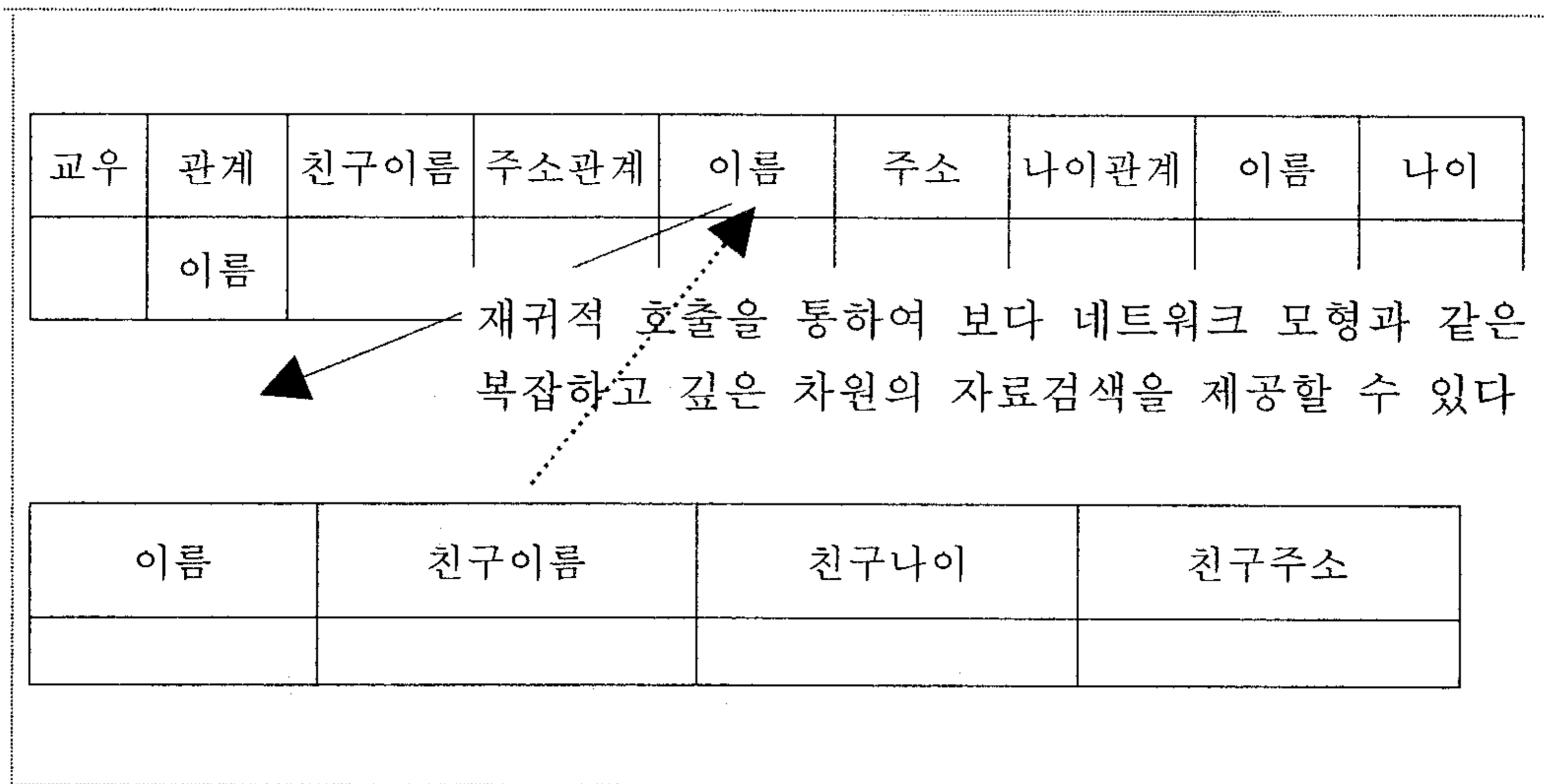
자료를 독립적으로 보존하면서 network을 형성한 자료구조를 사용한다. 각 절점의 자료 간에 대등한 관계로 N:M의 관계를 표현한다. 따라서 상호간에 복잡한 네트워크를 이용해서 다양한 방법의 검색과 접근이 가능한 대신에 최초의 네트워크를 수정해야 하는 일이 발생한다면 이를 토대로 구축된 프로그램을 수정하는 일이 폭주하게 된다. 한 자료가 많은 연관성을 가질 수 있어 유연하나, 관계가 증가하면 Overhead가 많아져서 곤란해진다. 시스템의 설계가 복잡할 뿐만 아니라 전문적인 전산요원이 반드시 필요하다.



<그림 6-2> 망(네트워크)형 데이터 모델의 예

● 관계모형(Relational Model)

업무 변화에 대한 적응력이 탁월하고, 모든 자료를 표로써 표시하고 표를 결합, 분류한다. 이 모형은 SYSTEM 설계의 단순화가 가능하고, 사용자의 편리성과 높은 생산성, 그리고 유지 보수가 편리하다. 그러나 시스템 설계가 미숙할 경우에는 사용하기가 어렵다. 이 모형의 설계개념은 문제공간에서 선택된 개체(Entity)간의 관계를 독립적으로 판단하기 때문에 사용자가 임의의 관계를 사용하여 정보의 생성이 가능할 뿐만 아니라 최근에 이용되는 대부분의 D/B는 관계형 모형으로 개발된 시스템이다.



**<그림 6-3> 관계형 모델로 표현된 현실세계의 자료관계**

본 연구에서도 친환경소재공법에 대한 설계방법, 지역특성, 공법의 분석 등에 관하여 관계형 데이터베이스를 사용하고 있다.

● 객체-관계 모형(Relational-Object Oriented Model)

관계형 데이터베이스 모델에서 사용하는 테이블을 객체지향 프로그램의 클래스처럼 사용하고 참조할 수 있도록 하고, 객체의 검색과 데이터의 입력, 수정작업이 테이블 단위에서 객체의 상속과 관계를 동시에 관리하도록 한다. 자료조작언어로는 기존의 데이터조작언어와 SQL의 확장수준에서 처리하고 있으므로 기존의 개체-관계모형에 익숙한 사용자들에게 친숙한 개념으로 객체지향 개념을 사용할 수 있도록 한다. 최근 새롭게 많은 사용자가 관계형 데이터베이스에서 객체-관계형으로 옮겨가고 있다. 이는 현실세계의 문제를 직접 데이터베이스로 처리할 수 있고, 저장, 검색을 통하여 응용프로그램으로 바로 진화할 수 있다는 장점이 있다. 대형 DB 개발업체가 이러한 구조를 채택하고 있는 이유도 바로 이 때문이다. 최근 국내의 연구진(KAIST)에서도 웹정보를 바로 데이터베이스에 저장할 수 있는 데이터베이스 구조를 개발함으로써 세계적인 DB 기술을 확보하고 있는 실정이다.

그러나 실질적인 객체를 집적하는데 있어서 나타난 바 있는 객체지향 모형(Object Oriented Model) 에서와 같은 복잡한 개념을 구현하고 있지는 않기 때문에 객체지향프로그램에서 사용하고 있는 데이터모델로서 캡슐화(Encapsulation), 상속(Inheritance), 다형성(Polymorphism) 등과 같은 객체지향

개념을 지원하고 있지는 못한다. 다만 관계형 데이터베이스에서 부족한 객체 간의 구조를 쉽게 표현할 수 있으며 이를 통하여 객체에 대한 이해와 구축을 지원하고 있다는 것이다. 향후 가까운 미래에는 공학적 문제해결 솔버와 같은 부분과 인식의 문제 등에 대해서도 객체형의 데이터베이스를 통하여 접근하는 것을 지원하는 보다 나은 개발환경을 지원할 수 있다.

## 2) 데이터베이스 시스템의 구성방법

데이터베이스 시스템의 설계는 크게 구조설계, AP 프로그램, 구현환경에 맞는 UI로 구성된다. 이때 구조설계 부분을 DDL, 자료구조정의에 관한 부분이라고 하며 자료구조를 스키마라 한다. 이 용어는 데이터시스템언어협의회(CODASYL)의 DBTG에서 제정하여 보급한 것이다. 현재는 CODASYL 데이터베이스뿐만 아니라 데이터베이스의 전반적인 구조를 말한다. 데이터베이스 언어에 의하여 관련 자료간의 관계를 정의할 수 있다. 이를 통하여 사용자에게 데이터에 대한 추상적인 개념을 제공할 수 있어야 한다. 즉 데이터가 어떻게 저장되고 유지되고 있는지를 모르는 사용자에게 데이터에의 접근방법을 제공하도록 하기 위해서 스키마를 제공한다. 이 스키마는 논리적인 데이터베이스의 기술부터 물리적인 데이터베이스의 기술까지의 3층 관계 기술을 말하는데, 이들을 각각 외부 스키마, 내부스키마, 개념 스키마라고 부른다.

데이터베이스 설계과정에서 필수적으로 요구되며 향후 유지보수를 위해서 기록으로 남겨야 하는 과정이다.

<b>데이터베이스</b> : 내부스키마 시스템 프로그래머나 시스템 설계자가 바라보는 데이터베이스의 관점이다. 이때, 시스템의 효율과 데이터의 저장위치, 구조, 보안대책, 파일의 구성 등을 결정한다.
<b>스키마</b> : 개념스키마논리적인 데이터베이스의 전체 구조를 지칭한다. 데이터베이스 파일에 저장되어 있는 데이터의 형식, 형태와 논리적인 관계를 나타내는 도표로 설명된다.
이 단계까지는 데이터베이스별로 1개만 존재, 물리적인 형태를 보여주지 않는다.
<b>서브스키마</b> : 외부스키마 사용자가 직접 접속할 수 있는 데이터추상화최상위 단계, 관점별로 작은 단위로 제공된다.
사용자는 외부스키마를 서브스키마로 하여 접근 하는 체계를 사용해야 안전한 자료의 보안과 보호장벽을 만들기 쉽다.

데이터베이스의 구축과정에서 데이터 언어는 데이터 정의어(data definition

language), 데이터 조작어(data manipulation language) 및 질의어(query language) 등이 있다. 이 언어들은 일반적인 범용언어와는 다른 독립언어, 비절차적 언어의 특징이 있다.

- **데이터 정의어** : 데이터베이스의 스키마를 정의한다. 즉 데이터베이스 내의 독립적인 객체의 정의나 각각의 객체를 표현하는데 사용한다.

- **데이터 조작어** : 데이터베이스 내에 저장된 정보를 검색하는 일, 새로운 정보를 입력하는 일, 삭제하는 일등을 수행한다. 이를 위해서 효율적인 자료접근 알고리즘도 구성한다. 실제로 이 접근방법은 데이터베이스의 모형에 근거하여 작성되며, 일반 응용프로그램에 의하여 사용되며, 절차를 완전히 정의해야 하는 절차식 언어와, 필요한 데이터의 이름 등을 통하여 필요한 데이터만 언급하는 방법으로 자료에의 접근을 지원하는 비절차적 언어로 나뉘어진다.

- **질의어** : 파일 구성과 범용프로그램언어를 정확히 사용하지 못하는 단말의 사용자들이 데이터베이스를 사용하기 위하여 사용하는 언어이다.

### 3) DBMS (Database Management System)

데이터베이스의 구성에서부터 이용까지의 모든 것을 취급하도록 한 시스템, 소프트웨어이다. 시스템의 운영시스템의 지원을 받는 부분과 독립적으로 데이터베이스의 관리기능, 데이터조작언어의 컴파일 기능 등을 갖는다. 일반적으로 이 DBMS 엔진을 사용하여 단독의 자료관리 목적으로 사용하기보다는 자료관리와 유지보수 등에서 많은 비용이 필요한 대규모 시스템 구축과정을 단순화, 일반화 시키는 방향으로 이용된다. 대표적인 시스템은 아래와 같으며, 최근 새로운 시스템의 개발이 진행되고 발표되고 있다.

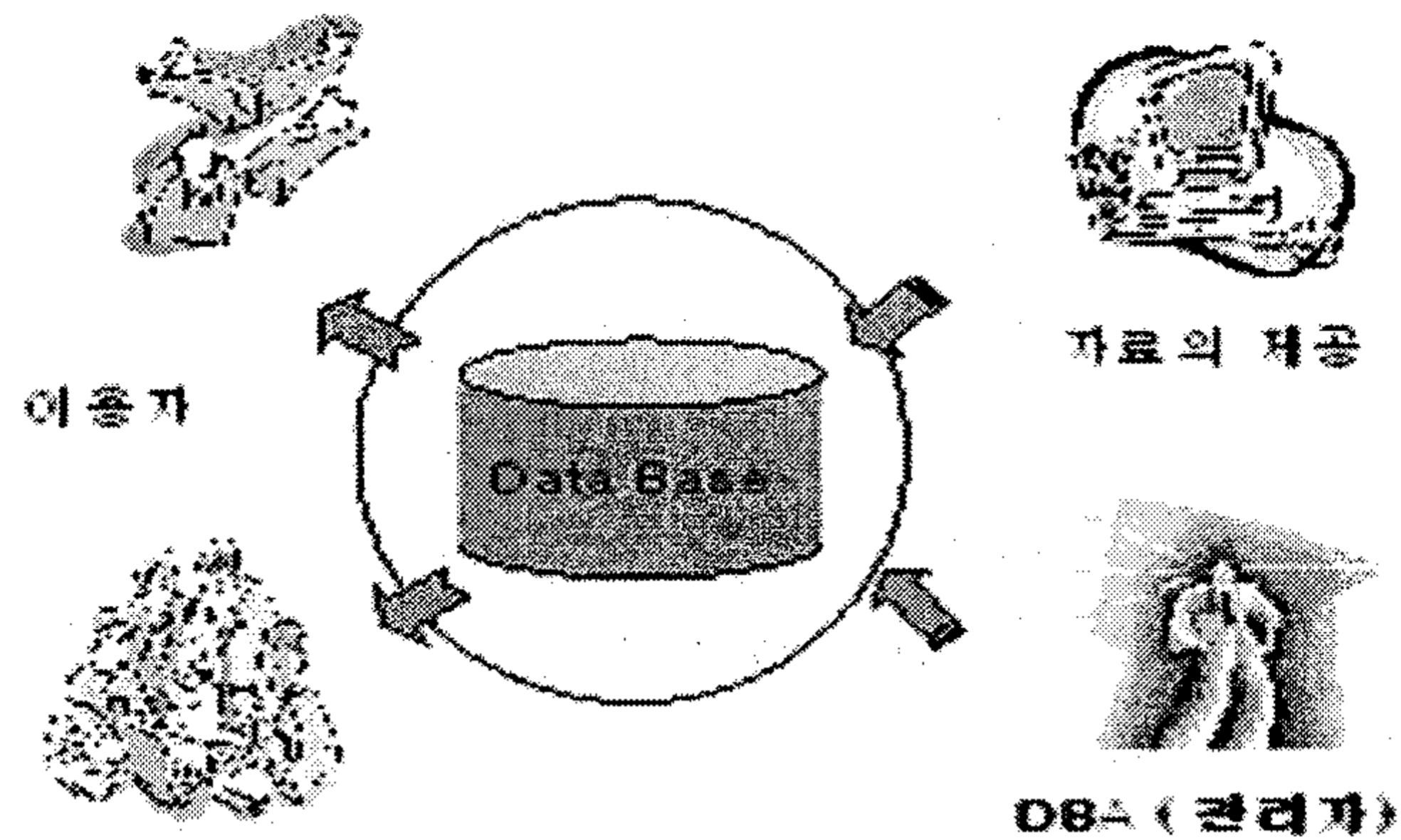


관계형 시스템	DB2,	SQL/DS IBM
INGRESS	Relational Technology Inc.	
Oracle	ORACLE Corp.	
Informix	Informix Corp.	
Sybase		
SRP	Seoul Nat'l Univ.	
계층형 시스템	IMS	IBM
System 2000	Intel	
망형 시스템	IDMS	Cillinet
DMS 1100	Sperry	
TOTAL	Cincom Systems	
관계-객체지향 시스템		
UniSQL		
Informix-Universal Server		
Oracle-Universal-Server		
객체지향시스템	Iris	HP
ORION	MCC	
Gemstone	Servio Logic Corp.	
ExoDuS	Univ. of Wisconsin	
SOP	Seoul Nat'l Univ.	

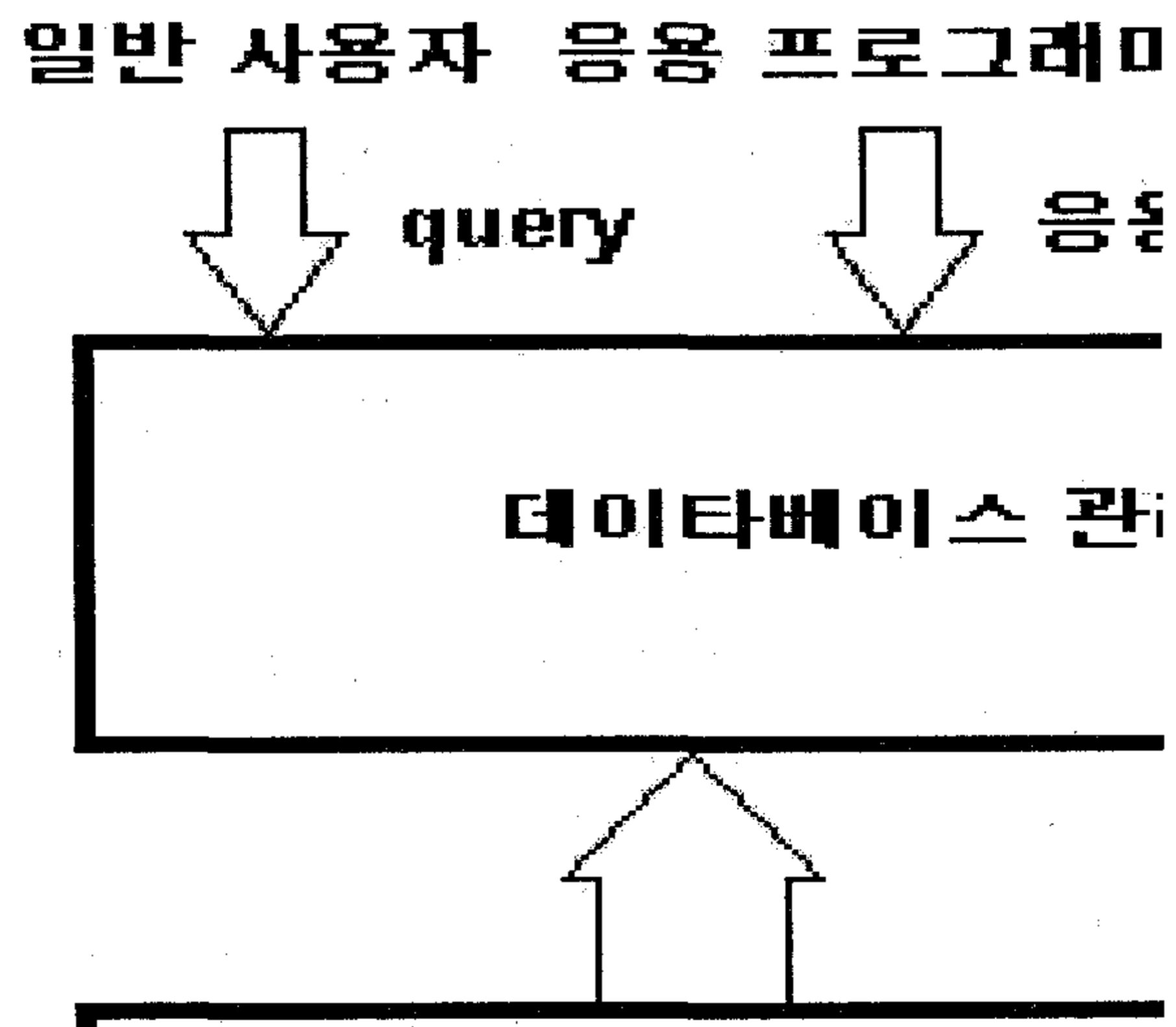
DBMS 사용의 이점으로는 표준화일 포맷을 사용한다는 것과, 인덱스 접근법을 사용하기 때문에 효과적이고 빠른 검색속도를 보장하며, 자료의 저장과정, 수정, 삭제과정을 일관되게 유지하여 데이터 무결성 보호를 위한 프로시저를 설계할 수 있다 또한 다중사용자 환경에 대한 접근관리를 설계할 수 있기 때문에 인터넷환경과 같은 임의의 다중사용자 환경에는 가장 적합한 자료관리 시스템을 구축할 수 있다. 이러한 데이터베이스의 발달은 데이터베이스에 대한 처리의 대부분을 H/W에서 처리할 수 있도록 만든 장치로 이용될 수 있으며, 이런 경우에는 데이터베이스 기계라고 한다. 인공지능을 갖는 기계를 인공지능머신이라고 하는 것과 유사한 개념이다. 이런 장치는 S/W에서 처리하는 기능을 대신 처리할 수 있으므로 분산처리 및 오류처리 등에서 높은 신뢰도와 속도의 개선을 기대할 수 있다.

#### 4) 광의의 DB의 구성

광의의 데이터베이스는 데이터베이스 관리 시스템과 사용자, 그리고 지속적으로 자료를 제공하는 자료 원으로 이루어진다.



<그림 6-4> 광의의 데이터베이스



<그림 6-5> 데이터베이스의 설계 및 DBMS 역할

## 6.2.4. 관계형 데이터베이스의 설계 및 구축

### 1) Database의 개요

데이터베이스의 데이터는 형식을 갖고 저장매체에 저장되는 대상이다. 따라서 현실세계의 객체가 갖는 속성이며 의미를 표현하기 위해서 사용된다. 대부분의 경우 데이터베이스는 많은 양의 데이터를 가지고 있기 때문에 이들을 저장하기 위해서는 비교적 값싸면서도 많은 데이터를 저장할 수 있는 하드디스크와 같은 매체를 사용하고 있다. 이러한 디스크에 자료를 쓰거나 읽는 작업의 경우, 내부 메모리에서의 작업에 비해 훨씬 많은 시간이 걸리며 다중 사용자 환경에서는 큰 걸림돌이 되며 시스템의 안정성을 해칠 수 있는 문제로까지 발전된다. 따라서 시스템 개발에 있어서 가장 중요한 점은 기왕의 DBMS 성능 중에서 시스템의 동시 사용자수와 안정적인 서비스제공 수준이 시스템의 선정에 중요한 인자가 된다.

데이터베이스에서 자료의 관리는 동일한 성격으로 분류되는 레코드라고 하는 단위로 관리, 저장되며, 이 저장 단위를 체계적으로 저장하여 정의된 물리적 공간에 하나의 파일을 구성합니다. 레코드들의 집합으로써의 파일은 그 내부에서 레코드들이 배열된 형태에 따라 여러 가지 종류가 있으며, 이 정의 방법에 따라서 데이터베이스 활용의 중요한 방법이 되는 검색, 수정, 삭제, 입력에 대한 성능이 좌우된다. 이중에는 초기의 시스템에서 사용된 아무런 순서 없이 배열되어 있거나, 또는 레코드의 특정한 값에 따라 순서대로 정렬되어 있거나, 또는 해쉬와 같은 방법으로 배열할 수도 있습니다. 파일에 저장된 자료를 찾을 때 흔히 맨 뒤에 있는 인덱스를 이용하는 것처럼 파일 내에서 필요한 레코드를 찾을 때에도 인덱스를 찾아봄으로써 전체 파일을 찾을 때보다 훨씬 효율적으로 작업할 수 있도록 하는데 이를 물리적 저장 공간에 까지 확대하게 되면 시스템의 부담이 증가하지만 최고의 검색속도를 보여줄 수 있는 장점을 제공한다.

### 2) 레코드(record)와 항목(field)

고전적인 RDB에서는 Tuple과 Attribute로도 불리었으며 유일하게 구분되는 그룹화 된 자료를 레코드라 한다. 이 레코드는 일반적으로 어떤 특성을 갖는 항목 여러 개를 모아서 구성하는데 데이터베이스 내에서는 이 레코드, 즉 자료의 한 행(row)은 항상 유일하게 정의될 수 있어야 한다. 이와 같은 정의를 잘 지켜내기 위하여 데이터베이스는 기본적인 설계 규칙을 갖지 않을 경우 자

료의 모순이나 이상 현상을 일으킬 수 있다.

나타내고자 하는 대상에 관련된 값들을 모아서 하나의 단위를 만들고 모든 데이터는 이 레코드의 단위로 저장되는데, 이처럼 관련된 데이터를 레코드 단위로 묶음으로써 한 친환경소재 및 공법에 대한 데이터라고 하면 그 공법, 소재, 적합한 구조물의 종류, 설치 장소, 비용, 회사, 담당자, 시공사례, 공법의 각종 특징 등에 대하여 레코드로 나타냈을 때는 다음과 같이 표현할 수 있습니다.

(표 6-2) 친환경 소재 · 공법 레코드

회사	공법이름	공법코드	개발년도
< 속성 정보 >			
농공1	천공공법	91512-102	1993
코엑스	에코콘	85503-101	1997
한림원	바닥보호공	85512-111	1996
조경건설	윤환시스템	95518-201	1996
지역건설	식생돌붙임공법	99507-102	1990

자료를 최소단위의 정보제공형태로 나타내고자 할 경우 관계형 데이터베이스는 수많은 항목(field)을 한꺼번에 다루지 않는다. 밀접한 항목끼리 모아서 분리된 형태의 그룹 짓기를 행한 후 자료 관리를 한다. 이와 같이 서로 어떤 유기적인 관계가 있는 항목만을 모아서 분리해놓은 묶음을 RDBMS에서는 테이블이라 한다. 이 테이블의 정의는 정보의 가치와 값의 유일성을 부여하는 방법이며, 또한 이 관계를 지속시키기위한 최소한의 조치라고 할 수 있다. RDB에서 하나의 테이블내의 어떤 레코드를 다른 레코드와 구분하기 위해서는 특별한 항목을 이용하는 방법을 사용한다. 이때 유일한 성질을 부여할 수 있는 필드를 키라 하고, 이중에서 이 테이블에서 해당 레코드를 유일하게 정의하는 키를 Primary Key라 한다. 즉 이 키라는 항목을 중심으로 나머지 항목의 값이 생명력을 갖게 된다. 예를 들면, 키와 몸무게, 시력 과 같은 개인적인 정보는 혼자서는 숫자이상의 의미를 갖지 못한다. 그러나 어떤 개인의 정보라는 것이 알려지면 이는 상당히 중요한 고객의 정보가 될 수 있으며, 개인의 체격조건을 판단하는 회사의 중요정보가 될 수도 있다. 이와같이 동일한 수치나 물량이 사용조건이나 평가수단에 따라서 달라질 수 있다는 것을 키라

고 하는 항목의 정의로 판단할 수 있으며, 동질한 그룹의 항목으로 이루어진 경우를 잘 정의된 테이블이라고 한다.

이렇게 잘 정의된 테이블 단위를 정보들은 당초의 현실세계를 완전히 구현할 수 없는 경우가 많다. 지나치게 추상화된 자료로 나타나기 때문이며, 이 과정에서 정보의 손실이 일어나지 않도록 설계되어야 한다. 이 과정은 과거의 계층형 정보체계나 망형정보체계가 단순 또는 복잡한 관계를 사전에 형상화된 모양으로 표현하던 것을 상호 간의 정보제공이나 추출하는 방법으로 표현되었다. 이것이 관계(릴레이션)이며, 릴레이션 간의 관계는 해당 Primary key를 먼저 정의한 다음에 나머지 항목에 대한 정의는 상호 테이블에서 사용될 수 있는 정보항목들의 Domain의 관계로부터 결정된다. 이 관계정의는 실세계에서 나타날 수 있는 모든 관계를 수학적인 함수관계나 또는 유사한 형태로 표준화 될 수 있다.

1 대 1 : 각 Domain의 크기가 동일한 관계

1 대 n : Domain과 Sub-domain의 관계를 정의한다.

m 대 n : 두 Domain의 관계가 완전한 부분집합의 관계가 아닌 경우

현실세계의 모든 관계를 세 가지 관계로 나타낼 수 있지만 한편으로 세가지의 관계를 통하여 실제 데이터는 존재하지 않고, 단지 질의 동작에 의해 기존의 테이블이나 또 다른 가상적인 뷰를 동적으로 생성하여 사용할 수 있으며, 이 뷰 또한 기존의 자료가 갖는 관계의 일부를 상속하여 만들어 진다. 실제로 뷰는 일종의 컴파일된 질의로서, 데이터베이스 내부에서는 테이블처럼 사용되고 있다. view의 관리 방법에 따라서 시스템이 구분되기도 한다. 예를 들면 사전에 만들어진 뷰는 실제 테이블과 유사한 성격이며, 내부 엔진에 등록된 테이블로 인식하는 경우와, 언제나 원본테이블의 내용을 인식의 주체로 사용할 뿐 뷰에 대해서는 중간단계의 가상의 자료로만 인식하는 방식이 있다.

### 3) 데이터베이스의 설계 이론

데이터베이스의 설계는 자료의 결합, 분류가 이루어지고 정확하고 안전한 복구기능과 검색이 가능하도록 해야 한다. 데이터베이스에서 주로 발생하는 사건들, 즉 데이터베이스 연산은 아래와 같은 4대 주요 연산으로 요약 할 수 있다.

- 추가 (Insert ): 새로운 자료의 생성과정

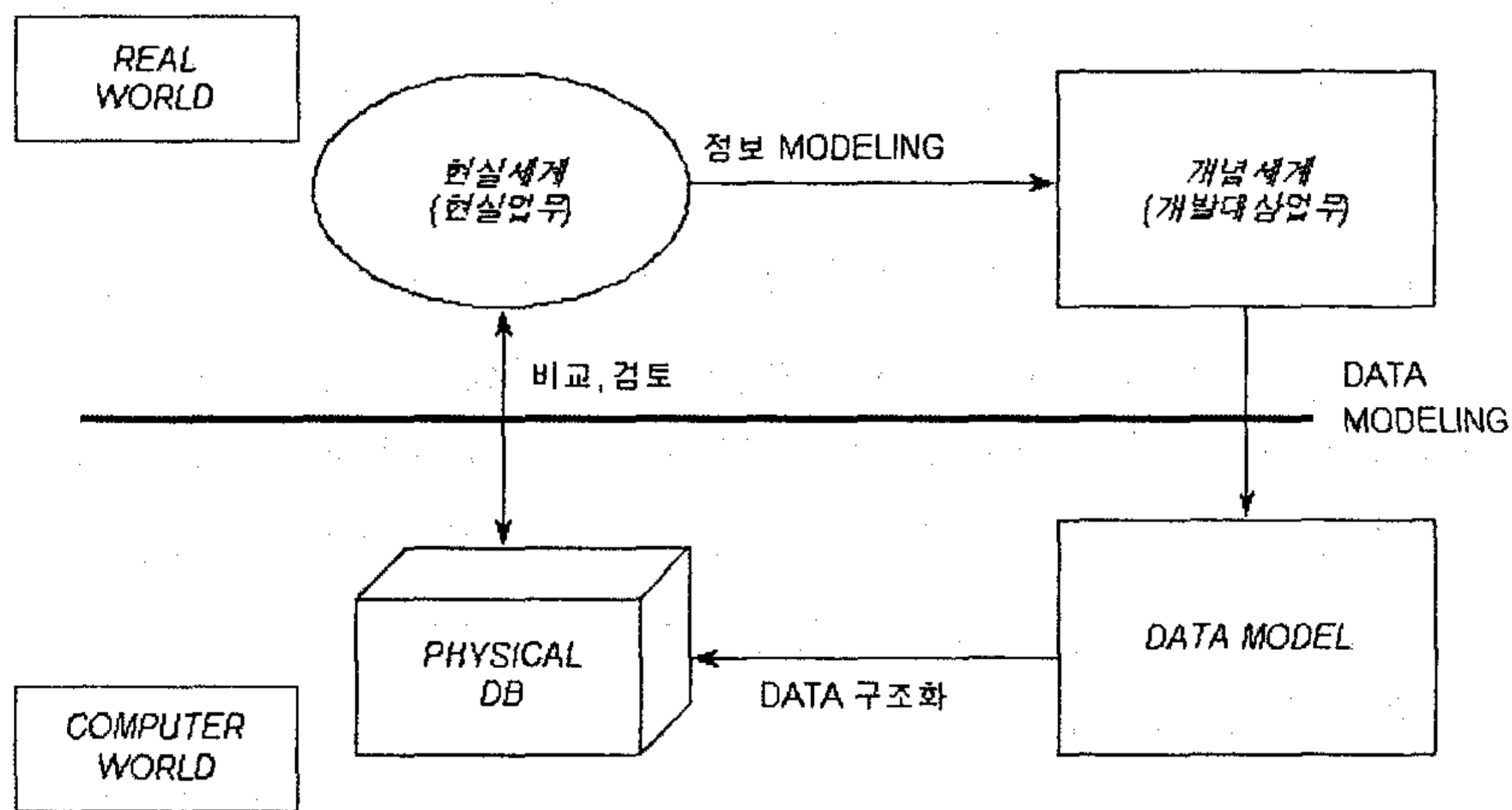
- 삭제 (Delete ): 자료의 제거, 소멸과정
- 수정 (Update ): 기존 자료의 보완과정
- 참조 (Select, Retrieve): 저장된 자료객체를 관리, 확인과정, 수정과 삭제 과정의 선행과정으로 가장 중요하고 빈번히 사용되는 과정이다.

상기 4개의 과정으로 요약되는 절차를 효과적으로 보장하기 위하여 데이터 베이스의 모형 선정과 구조의 설계과정은 다음과 같이 요소를 충족시키도록 하고 있다. 즉 4대 연산에 대한 선결요건이 만족될 경우 시스템의 수행이 안정적일 것이라고 보증하는 것이다.

- Integrity ( 무결성 ) : 자료의 일관성, 관계정의의 통일성 유지조건
- Security ( 보안성 ) : 자료검색 및 접근권한에 대한 정의
- Recovery ( 회복성 ) : 오류발생시 제약조건,
- Query (질의) : 원하는 정보를 빠르고 정확하게 찾는기준 제공

그러나, 관계형 데이터베이스에서는, 일단 데이터베이스에서 취급하고자 하는 모든 필드들이 결정되면, 자료의 분실이 없이 복잡한 자료구조를 단순한 구조로 분해하는 절차, 즉 정규화를 거쳐야 한다. 이 정규화의 기본 개념은 데이터와 프로그래밍의 완전한 분리를 위해서 정의된 개념이기도 하다. 많은 종류의 공학적 프로그램이 갖고 있는 방식에서처럼 프로그램의 개발과정에서 설계된 자료구조가 바뀔 경우에 프로그램을 새롭게 개발해야 하는 문제가 없어지며, 프로그램에서 처리하려고 하는 일련의 관련된 정보가 동일한 물리영역에 저장될 필요가 없는 것이다. 실제로 정규화가 없는 관계형 데이터베이스는 생각할 수도 없을 만큼 중요한 절차이다. 따라서 데이터의 요소들이 이상 현상들을 제거할 수 있게 테이블로 그룹화 시키는 과정의 정도에 따라 여러 가지 정규화 형태(Normal Form)로 분류하고 있으며, 최소한의 정규화 과정으로 설계된 데이터베이스를 사용하도록 하고 있다. 이 과정은 전적으로 사용자가 제공하는 정보를 토대로 하고 있다. 데이터베이스 모델링은 제 1단계로 사용자 요구분석이 시행되어야 하며, 데이터베이스를 설계하는 과정에서 가장 먼저 해야 할 일은 사용자가 관심이 있는 데이터는 무엇이며 그 데이터로부터 얻고자 하는 정보는 무엇인지에 관해 조사하는 것이다. 이러한 과정을 사용자의 요구분석이라고 하며, 이 단계를 통해서 사용자가 요구하는 실세계의 데이터를 분명하고 이해하기 쉽게 나타내어야만 사용자의 요구에 맞는 데이터베이스

스를 만들 수 있다. 현실세계의 수많은 데이터 중에서 관심의 대상이 되는 데이터만을 추려내어 추상적 형태로 나타내는 데이터 모델링을 실시한다. 보통의 언어보다 좀 더 형식화되고 다이어그램 등을 사용하여 표현하게 되는데 대부분의 경우에 관계형 데이터베이스의 설계에서는 개체-관계 모델을 이용한 데이터 모델링을 실시하게 된다. 데이터 모델링을 하려면 정해진 기호와 규칙을 숙지하고, 정보처리 업무를 명확히 이해하며, 도출된 객체들을 분명하게 정의해야 한다. 모델링의 목적은 데이터베이스 구축 이외에도 정보처리 업무의 사용자와 데이터베이스 설계자간에 의사소통을 증진하는데 있다.



<그림 6-6> 데이터모델링 과정

광의의 데이터 모델링은 현실세계의 업무를 가상적인 컴퓨터 세계에서 정보를 처리하도록 하는 전체 과정을 의미하며, 협의의 데이터 모델링은 현장의 업무를 컴퓨터 공간에서 잘 처리하도록 업무를 분석하는 것이다. 이 과정은 업무파악의 단계와 정보 모델링과 프로세스 모델링의 단계로 이루어진다. 이 중에서 정보 모델링은 데이터베이스에 필요한 각 자료들을 정의하고 자료들 간의 관계를 정의하는 작업이며, 프로세스 모델링은 현장의 업무처리를 지원할 수 있도록 컴퓨터에서 자료처리 기능과 흐름을 정의하는 작업을 말한다.

- 업무파악 모델링

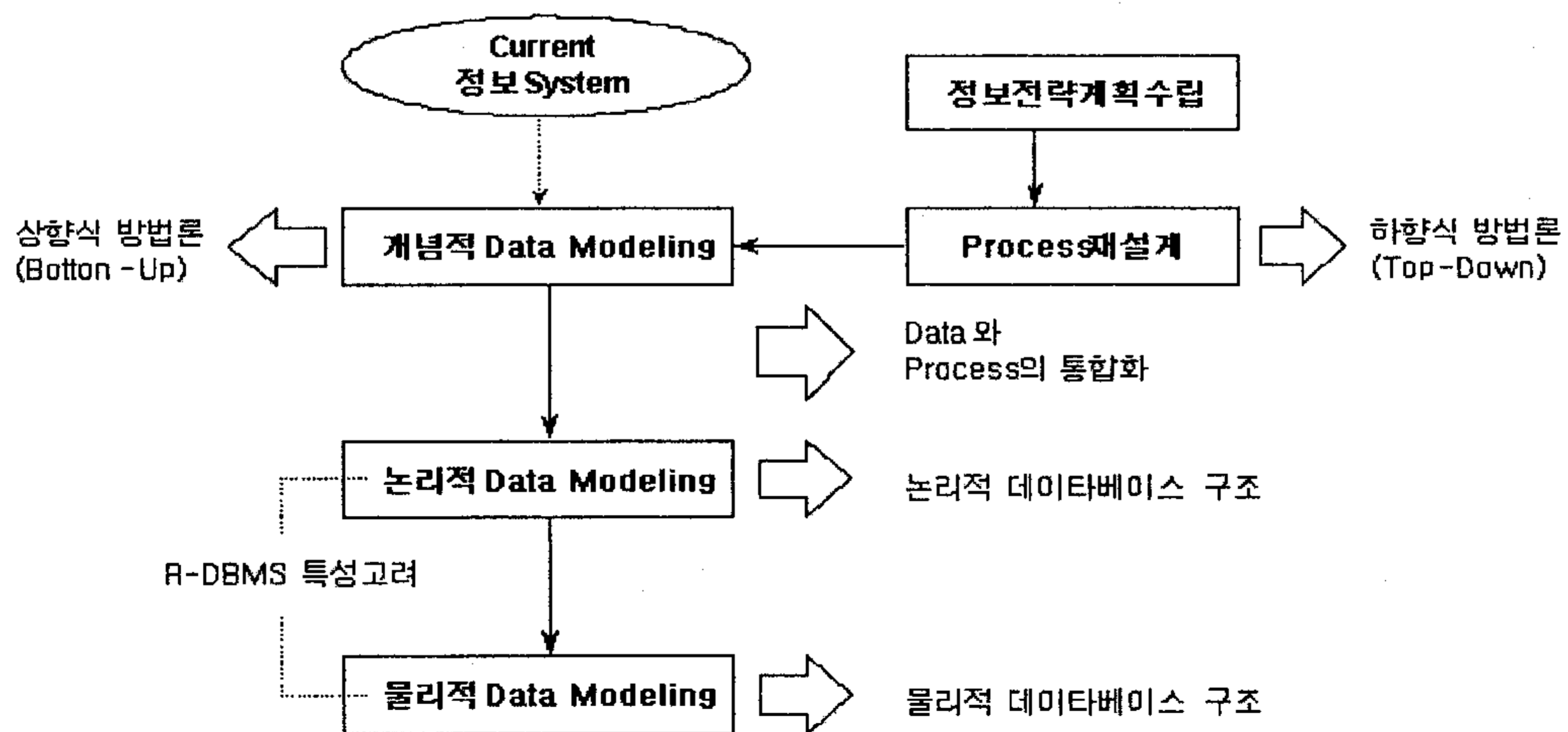
데이터베이스 설계를 위한 준비과정으로서 수행하는 데이터 모델링은 기획, 분석, 설계 구현, 운영과 이 과정의 반복적인 수행을 통하여 이루어지는 순환 과정이 된다. 따라서 각 과정 별로 별도의 작업 산출물을 필요로 하며, 이를 토대로 유지 보수와 개선이 이루어 질 수 있다. 먼저 시스템의 수요 분석을

통하여 설계범위의 정의와 사용자 요구 View의 정의, 관련된 자료와 운영에 필요한 요구사항을 분석한다. 이 작업의 결과를 토대로 하여 시스템 환경 분석, 입출력 양식의 조사를 통하여 자료의 흐름 관계도를 작성한다. 이 자료흐름 관계도는 기능분석과 함께 설계 자료의 분석 과정의 대표적인 업무이다. 시스템의 기능 분석은 정보가 처리되고 이동하고, 생성, 소멸 되는 과정으로부터 사용자의 기능요구를 토대로 실시한다.

- 정보 모델링과 정규화(Normalization)

개체-관계와 데이터 모델, 자료사전의 정의와 구체적인 시스템의 테이블의 정의 단계이다. 가능한 데이터베이스 모델에 대하여 검토가 완료되면 이 데이터베이스 모델에 대한 자료의 이상현상을 분석하여야 하므로 반복적인 모델링 과정을 거치게 된다.

<그림 6-7>에서 개념적 데이터 모델링은 현재 운용중인 정보시스템을 역공학(Reverse- Engineering), 재공학(Reengineering)을 이용하여 정보시스템을 재구축(Restructuring)을 하는 단계이며, 이를 통하여 현재의 데이터모델을 새로운 데이터 모델로 발전시킬 수 있다. 논리적 모델은 데이터 구조에 대한 논리적인 설계를 하는 단계로서 정확한 업무 분석을 통한 자료의 흐름을 분석하여 현재 사용중인 양식, 문서, 장·표를 중심으로 자료항목을 추출하여 추출된 실체(Entity)와 속성(Attribute)들의 관계(Relation)를 구조적으로 설계하는 단계이다.



<그림 6-7> 데이터베이스 모델링과 설계과정



물리적 모델링은 관계 데이터 모형(Relational Data Modeling)이라고도 하며 이 단계는 논리 데이터 모형을 DBMS의 특성 및 효율적 데이터 베이스 시스템이 되기 위한 데이터 분산 등을 고려하여 데이터베이스 스키마를 구축하는 단계에 해당한다. 관계형 데이터베이스모델링 방법으로 현실세계의 개체와 데이터베이스의 관계를 직접 정의해가는 개체-관계 모델링을 많이 사용하고 있다. 문제공간에 대하여 분석결과는 정보를 갖고 있거나 그에 대한 정보를 알아야 하는 유형, 무형의 사물이나 객체로 정돈된다. 이를 개체(Entity)라 하며, 이 개체는 다음과 같은 성질을 만족해야 한다.

- \* 상호배타성 : 사물,객체는 한 개의 실체에만 속해야 함
- \* 식별성 : 각 실체는 유일하게 식별 가능해야 하며 실체내의 사례가 상호 구분될 수 있어야 함, 반드시 유일한 주요 식별자를 정의해야만 데이터베이스가 유지될 수 있다.

이 개체에 대하여 각 실체에 내재된 본질을 파악하기 위해서는 실체 파악의 장애 제거와 직접적인 Interview가 필요하다. 그 밖의 서류자료(장표,문서,대장)와 상식, 논리, 관찰력에 의존하여 실체를 정의하고, 그 결과의 예로 개체 명칭과 동의어의 정의, 이를 통해서 체계적인 정보의 전략적 계획이 가능해진다. 현실세계의 개체는 상호 배타적인 2개 이상의 개체로 분할되면서 자신의 정보를 일관되게 유지한다. 이때 객체간의 상호 공통의 속성이나 관계를 갖도록 할 수 있으며, 하위 개체는 상위실체의 속성, 관계, 기능을 암시적으로 포함한다. 따라서 개체간에는 참조와 재귀(Recursion), 순환 등의 다양한 관계가 있다. 그러므로 개체-관계 모델링은 이들 관계를 도표화하여 개발과정에서 누락되거나 중복되지 되지 않도록 한다. 향후 구축될 자료에 대해서도 현재까지의 일관성을 유지하고 관리하기 위한 체계는 자료흐름도의 내용을 문서화하고 시스템의 사용 범위와 각 자료의 입출력관계를 자료사전에 명시한다.

#### - 정규화(Normalization)의 실제 과정

정규화는 주로 데이터베이스 모델링의 결과로 만들어진 테이블을 분해하는 과정으로 이해할 수 있다. 정규화 단계는 그 정도와 개념적 처리과정에 따라서 5단계 또는 그 이상의 단계로 구분된다. 최종적인 데이터베이스의 설계는 정의된 관계를 분석하여 모순을 제거하는 과정이므로 초기단계에서 완전한 모델의 구성을 기대하기란 어려운 점이 있다. 또한 자료의 정의구간에 대한 명

확한 이해를 바탕으로 해야 하기 때문에 많은 경험이 필요하다. 그러나 가장 기본적인 개념은 개별의 레코드가 유일성을 유지하도록 하는 것이기 때문에 한 레코드에 소속된 항목들이 함수적 종속성과 비이행적 종속성을 유지하도록 하는 것이 필요하다.

## 6.3. 시스템의 개발

### 6.3.1. 데이터베이스 구축

#### 1) 자료유형 분류

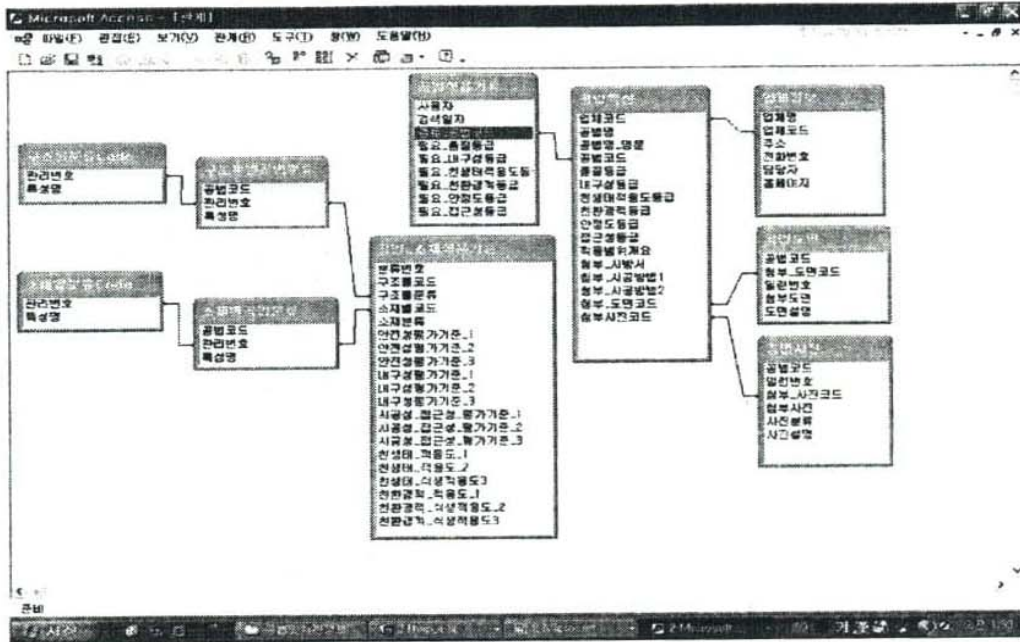
친환경 소재, 공법은 도시지역의 친수환경구축과 어메니티향상을 위한 노력의 일환으로 관심이 높아지고 있다. 이와같은 관심으로 인하여 기존의 콘크리트 위주의 소재에서 다양한 소재의 개발과 구조형식의 개발이 진행되고 있다. 특히, 목재, 친환경블럭과 같은 다양한 소재를 이용한 공법의 개발이 신제품으로 개발되고 있다. 관련 업체에서는 이러한 소재를 이용하여 농촌종합개발의 진행과 함께 다양한 구조물의 어메니티 향상과 효율성, 내구성, 안전성, 시공성 등의 개선을 위한 노력이 진행되고 있다.

본 연구에서는 먼저 농촌종합개발에서 다루어지고 있는 구조물의 유형들의 분류와 사용가능한 소재를 이용한 구조물의 검색엔진에 적합한 자료형태로 구성하였다. 또한 농촌지역의 친환경공법의 적용에 필요한 설계기준이 부족한 관계로 현장의 실무자들이 필요한 공법선정 과정을 단계별로 접근할 수 있도록 소재-공법 관계를 분석하였다.

#### 2) 데이터베이스 설계 및 자료구축

##### (1) E-R 분석과 테이블설계

친환경 소재-공법자료 및 자료관리 기능, 공법등록 및 시방서 설계기준, 사용자별 현장조건 및 검색이력관리 정보, 사용자 인증정보를 대상으로 E-R 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음 <그림 6-8>과 같다. 현장 적용될 수 있는 친환경 소재, 공법은 개발단계 별로 신규공법의 등록과 신규공법을 심의하는 기관에서 검색엔진에 제공되어야할 테이블로 크게 구분된다.



<그림 6-8> 친환경 소재-공법정보의 관리를 위한 정보시스템의 E-R 분석관계도

### 3) 소재-구조물별 적용등급 기준정의 테이블

사용자가 원하는 소재와 구조물의 선정과정에 있어서 해당 공법정보를 구축하는 과정에서 관리자는 다음 (표 6-3)과 같은 품질기준 정보를 구축하고 지속적으로 갱신해주어야 한다.

(표 6-3) 소재-구조물별 적용등급별 설계기준 (1)

분류번호	구조물 코드	구조물종류	소재별 코드	소재분류	안전성평가기준_1	안전성평가 기준_2	안전성평가 기준_3
class_no	g_ino		m_ino		spec_eval_safety_1	spec_eval_safety_2	spec_eval_safety_3
1	B1	어도	a2	석재계	석재를 쓸경우 안전성기준에 해당하는 표현	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준
2	B1	어도	a7	보통콘크리트	보통콘크리트를 쓸경우 안전성기준에 해당하는 표현	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준
3	B1	어도	a1	목재계	목재를 쓸경우 안전성기준에 해당하는 표현	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준

(표 6-4) 소재-구조물별 적용등급별 설계기준 (2)

분류번호	구조물 코드	구조물종류	소재별 코드	소재분류	내구성평가기준_1	내구성평가 기준_2	내구성평가 기준_3
class_no	g_ino		m_ino		spec_eval_Durability_1	spec_eval_Durability_2	spec_eval_Durability_3
1	B1	어도	a2	석재계	석재를 쓸 경우 내구성기준에 해당하는 표현 예를 들면 압축강도 *** Mpa 이상 등	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준
2	B1	어도	a7	콘크리트	보통콘크리트를 쓸 경우 내구성기준에 해당하는 표현 예를 들면 압축강도 *** Mpa 이상 등	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준
3	B1	어도	a1	목재계	목재를 쓸 경우 내구성기준에 해당하는 표현 예를 들면 압축강도 *** Mpa 이상 등	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준

(표 6-5) 소재-구조물별 적용등급별 설계기준 (3)

분류번호	구조물 코드	구조물 종류	소재별코드	소재분 류	시공성_접근성_평가 기준_1	시공성_접근 성_평가기준_ 2	시공성_접근 성_평가기준_ 3
class_no	g_ino		m_ino		spec_eval_Construction_1	spec_eval_Construction_2	spec_eval_Construction_3
1	B1	어도	a2	석재계	석재를 쓸 경우 시공성기준에 해당하는 표현 예를 들면 구조물의 종류에 적합한 시공기준, 경사도 *** 이하 등	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준
2	B1	어도	a7	콘크리트	보통콘크리트를 쓸 경우 시공성기준에 해당하는 표현 예를 들면 구조물의 종류에 적합한 시공기준, 경사도 *** 이하 등	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준
3	B1	어도	a1	목재계	목재를 쓸 경우 시공성기준에 해당하는 표현 예를 들면 구조물의 종류에 적합한 시공기준, 경사도 *** 이하 등	2등급에 해당하는 설계기준	3등급에 해당하는 설계기준

4) 구조물 및 소재의 분류

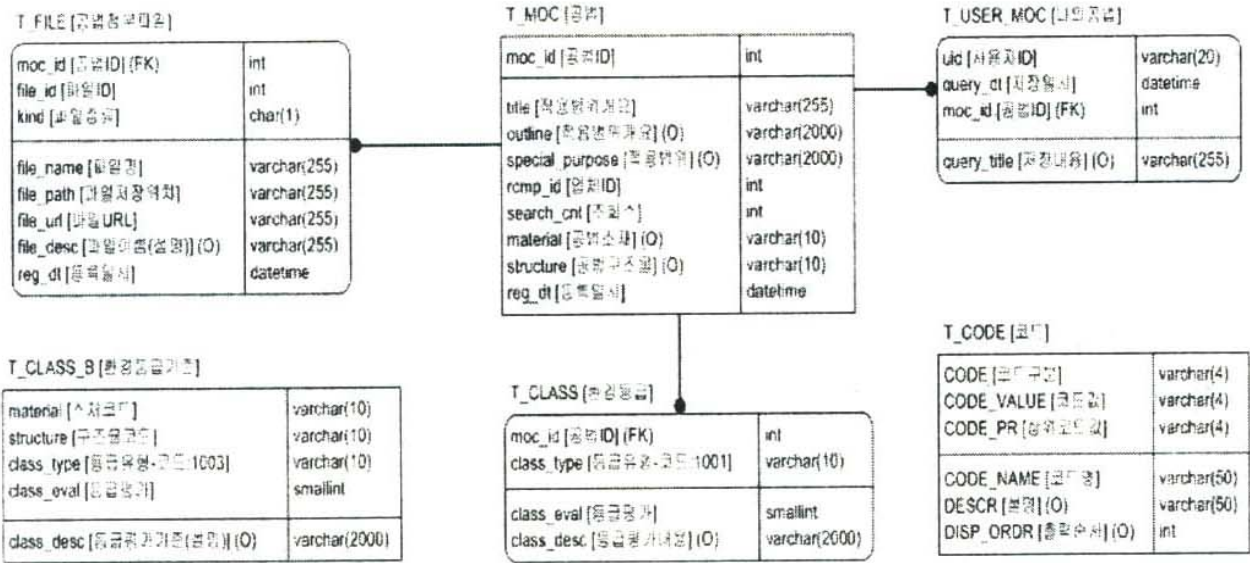
현장에서 적용 가능한 소재 및 구조물의 유형을 농촌지역 시설물의 시공사례와 시공회사의 신기술 공법 조사자료를 토대로 구축하였다. 친환경적인 시설물의 시공목적으로 요구되는 현장의 수준에 대한 정의(표-2-1)를 토대로 적용 가능한 소재와 구조물을 선정할 수 있도록 제시된 시공사의 신기술 정보를 토대로 구축하였다. 이 정보는 향후 새롭게 신청-품질진단 결과를 토대로 지속적으로 신제품 정보가 추가될 수 있다.

(표 6-6) 구조물 분류

관리번호	특성명
g_ino	g_name
B1	어도
b2	옹벽
b3	배수로
b4	저수지 수변
b5	호안공
b6	용수로
b7	방채
b8	어초집
b9	방음벽
b10	세굴방호공
b11	보
b12	하천바닥
b13	식생녹화공
b14	해안공

(표 6-7) 소재별 분류

관리번호	특성명
m_ino	m_name
A1	목재계
A2	석재계
A3	콘크리트식생블럭
A4	식생기반재
A5	기타소재



<그림 6-9> 공법정보 및 검색기준 지표관리 테이블 ER

### 6.3.2. 자료관리 및 운영방법

보편화된 정보망과 사내 전용망의 활용, 그리고 시설물관리자에게 신속하고 편리성이 높은 시스템의 제공, 다양한 종류의 공법에 대한 신뢰도 제고를 목적으로 데이터베이스와 웹-환경을 통하여 서비스를 제공하도록 계획하였다

먼저 공사의 정보망을 활용하여 현장 시설물에 대한 객관적 자료 데이터베이스 구축, 시스템에 접속한 사용자가 데이터베이스를 이용하기 쉽도록 화면 폼과 해석결과의 보고서 작성을 지원한다. 사용한 자료와 결과자료는 모두 직접 데이터베이스에서 관리하도록 하므로, 향후 관련 업무에 이 자료를 이용한 새로운 업무개발에 효율성을 제고할 수 있도록 한다. (표 6-8)은 Web 환경의 Client/Server 개념의 프로그램과 단독 프로그램 사용 환경을 비교한 결과이다.

(표 6-8) 독립환경 프로그램과 Web 기반의 C/S 환경 프로그램 비교

항 목	단독 프로그램	Web 기반 C/S 프로그램
개발환경	독립적 OS 환경에서 개발되므로 사용자 환경을 1가지로 개발해야 함	사용자 환경에는 제약을 두지 않는다. Web 브라우저를 사용 가능한 환경 이면 가능
프로그램 보수	배포된 시스템을 모두 회수하거나 사용자에게 이 사실을 알려서 새로 배포	모든 사용자에게 시스템의 개선내용이 즉시 보급되며, 그 결과를 확인할 수 있다.
다중 사용자 환경	사용자 혼자서 사용하므로 해석된 결과만 보고될 뿐, 입력자료나 출력자료 자체를 다시 사용하는 것이 어렵다.	다중 사용자 환경을 가정하기 때문에, 여러 사용자가 현재 사용한 입력 자료를 다른 사람이 재사용할 수 있고, 일관된 유지관리가 가능하다.
자료구조의 유연성	프로그램에 고정된 자료구조는 매개변수 계산에 새롭게 추가된 자료항목이 있을 경우에는 프로그램을 새로 개발해야 한다. 이때 기존의 자료저장 형태는 다시 사용하기 어렵다.	프로그램의 입·출력 자료가 데이터베이스에서 관리되므로 자료구조가 변경되더라도 프로그램에서는 크게 영향을 받지 않으며, 자료의 보완만으로도 시스템의 일관적인 유지가 가능하다.

특히 정보망 이용체계는 WWW- IntraNet을 이용하고 데이터베이스 서버에 안전한 접속과 다중 사용자 환경을 지원하기 위하여 3-tier Client/Server 구조를 사용한다면 엔진에 자료를 공급하고 Network이 일시적으로 중단된 환경에서도 독립적으로 자료를 이용할 수 있을 것이다. 이는 사내 인트라넷과 인터넷 공개망에 대한 접근을 동시에 지원해야 하는 시스템의 기본 개념으로 도입할 필요가 있으며, 지원이 가능할 것으로 판단된다.

### 6.3.3. 친환경소재 공법의 자료구축

#### 1) 친환경소재 공법 적용기준 및 분류체계

친환경 소재공법에 대한 자료조사결과를 토대로 자료유형 분석을 실시하였다. 농촌현장에서 현재 진행되고 있는 친환경 시공공법 사례조사 및 결과의 분석과 품질관리에 관한 표준화된 규정이나 평가 기법 조사 및 유형 분류작업을 하고 있으며, 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 자료를 검토

- 농업기반공사 농어촌연구원의 친환경시공 공법 사례조사를 기초 자료하여

친환경소재공법에 대한 정보공학적 분석을 실시하여 향후 데이터베이스 시스템의 개발, 유지관리의 기초 자료를 구축함.

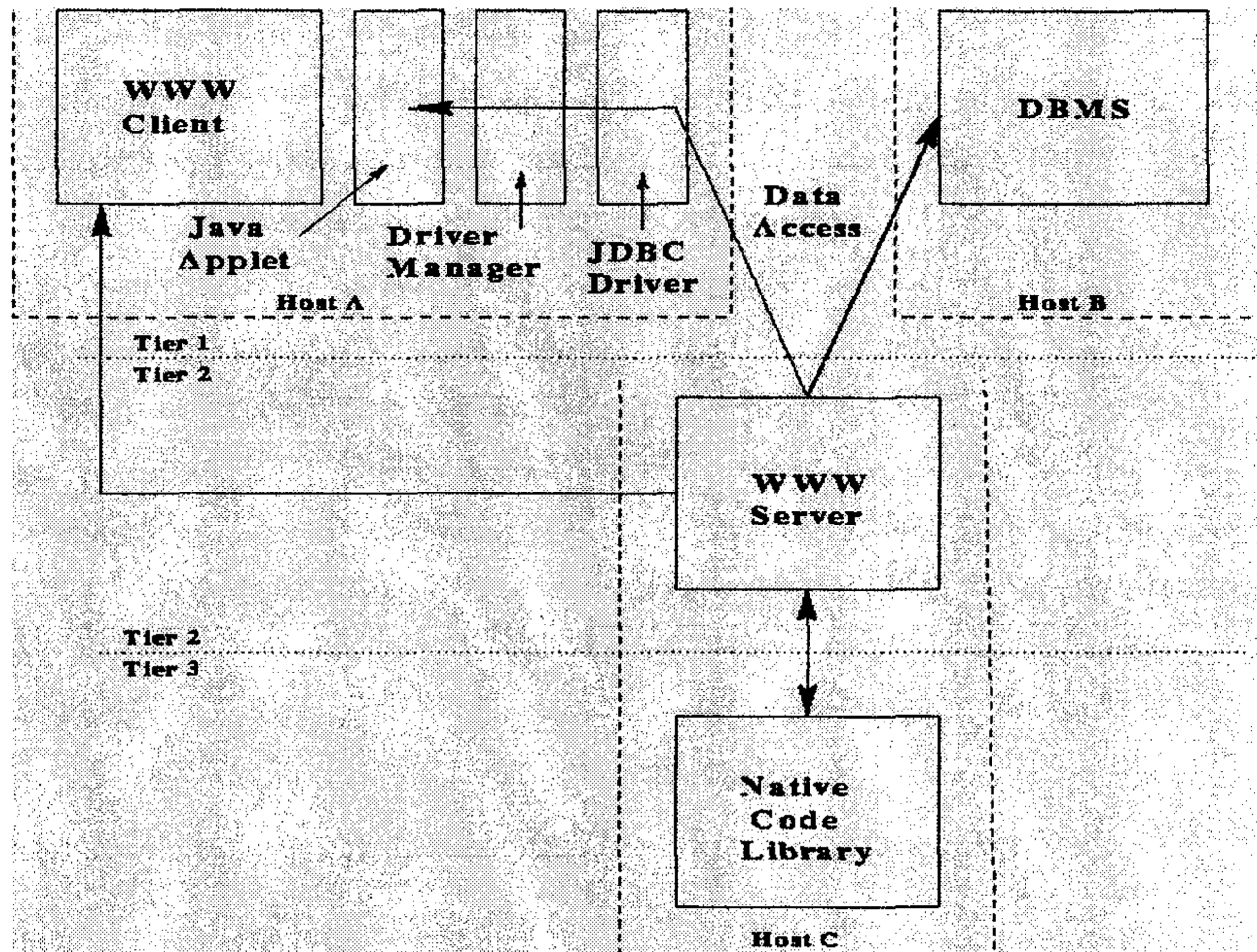
- 최근 농촌종합개발의 방법론으로 도입되고 있는 친환경공법의 경우 기존의 토목건설 사업을 통하여 축적된 콘크리트가 주요 재료인 공법과 다르기 때문에 각 공법에 도입된 소재에 대한 품질시험 결과의 표준화와 신규 도입공법의 타당성을 결정하기 위하여 품질관리 측면에서 참조할 수 있는 규정이나 평가 기법 조사하여 데이터베이스 구축을 위한 자료의 형태 및 유형을 분석한다. 또한 농어촌연구원에서 실시하거나 인증된 기관의 품질시험결과 보고서를 토대로 하여 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과에 대한 자료 유형을 분석하여 DB구조 설계 및 자료를 구축하였다.

친환경소재 공법자료의 관리를 위한 데이터베이스 설계는 향후 웹기반으로 개발될 자료관리 및 사용자 편의시스템 개발방향에 적합하도록 관계형 데이터베이스로 개발되었다. 기초 자료는 공사주관 사업에 실시되고 있는 기존 친환경 소재공법의 사진 및 자료와 국내외의 친환경소재 공법에 대한 데이터베이스를 대상으로 농촌종합개발 설계시 공법선정과정에서 활용할 수 있도록 자료 구조를 계획하였다. 본 데이터베이스는 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 및 품질관리평가결과의 자료 구축을 위하여 더 확장될 것이며, 웹환경과 공법의 등록과 유지관리를 위하여 보완되어야 한다. 따라서 이를 위하여 시스템에서는 공법의 사전 등록제와 사후 평가제를 도입하여 인증기관의 시험 결과가 있고 사용자측면에서 공법에 대한 선호도 조사결과를 토대로 하여 자료가 구축되도록 할 계획이다.

## 2) 웹기반 지원시스템 기본모델의 제시

농촌개발을 위한 친환경 공법에 대한 정보체계의 분석을 통하여 공법의 선정지원시스템의 기본환경으로 선정된 웹기반 시스템은 데이터베이스 환경과 사용자지원(UI) 통합 환경 하에서 데이터베이스와 설계과정의 검토, 현장조사표의 입출력 관리, 분석, 이력관리 과정을 지원하는 시스템의 개념적 모델에 적합한 모델로 3-tier 기반의 웹-기반 시스템이 선정되었다. 설계된 데이터베이스와 분산 환경의 사용자를 연결해주고, 조사자료 데이터베이스 입력과 보수보강공법 입력이 서로 다른 계층의 사용자에 의해서 독립적으로 이루어질 수 있는 최적의 개발환경이 될 것으로 판단되었다.





<그림 6-10> Web 환경과 데이터베이스의 3-tier 연결

보편화된 정보망의 활용과 사용의 편의성, 보수공법 및 노후손상자료 및 원 인, 적합한 공법선정과정, 공법 사용에 대한 이력관리 모델의 재이용성을 높일 수 있도록 한다.

### 3) 시스템의 구성 요소

- 데이터베이스 서버 : 공사의 정보망을 통하여 제공된 보수공법에 대한 관리를 목적으로 하며, 외부 시스템과의 접속과정에서 데이터베이스 연결을 제공한다.
- 사용자 지원 인터페이스 (GUI) : 표준적인 외부와의 정보망(WWW)을 이용하여 접속한 사용자가 데이터베이스를 이용하기 쉽도록 화면 폼과 검색 결과의 작성, 검색에 대한 이력관리 보고서 작성을 지원한다.

### 4) 시스템의 개략도

정보망 이용체계는 WWW- IntraNet을 이용하고 데이터베이스 서버에 안전한 접속과 다중 사용자 환경을 지원하기 위하여 3-tier Client/Server 구조를

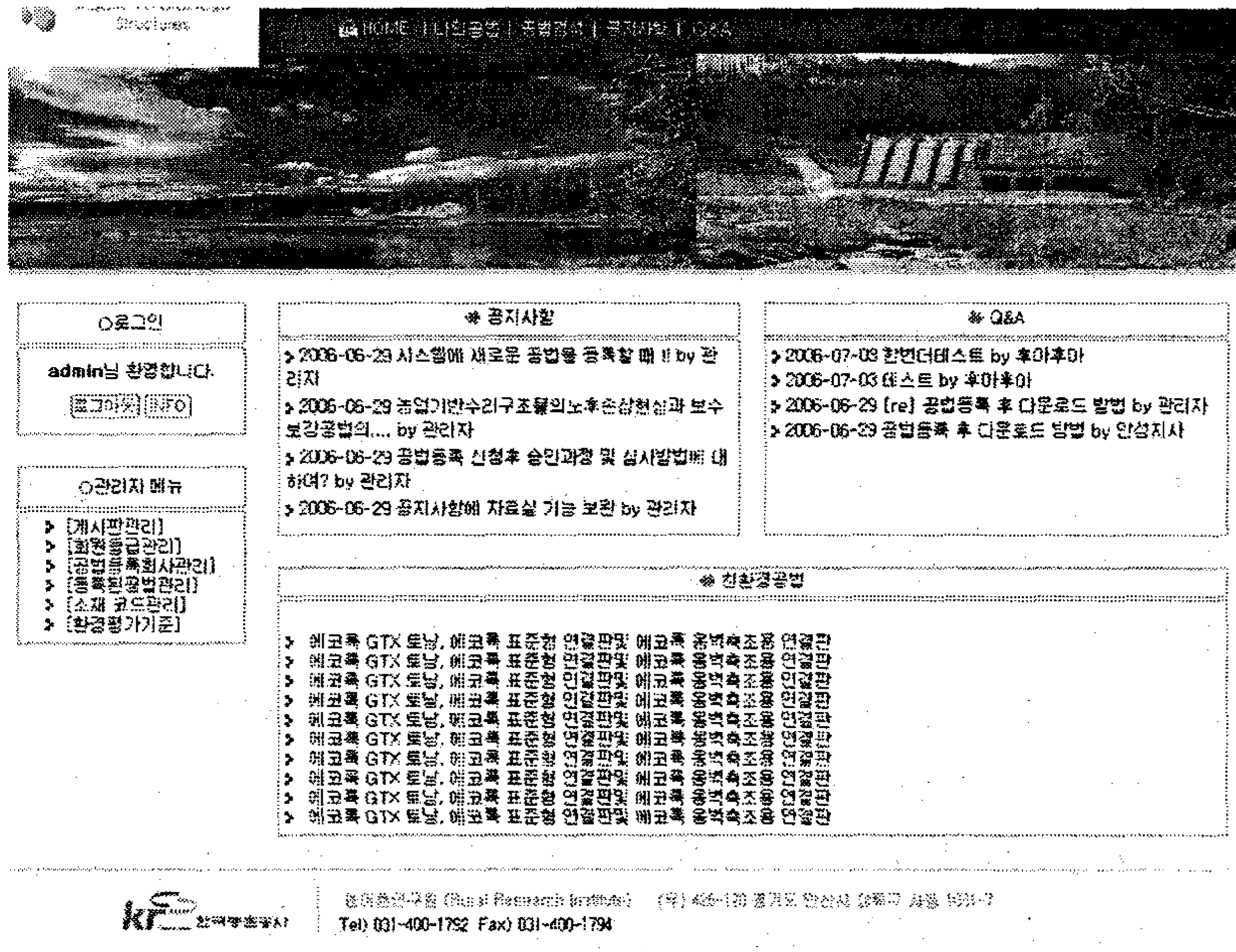
사용하였으므로 Network이 일시적으로 중단된 환경에서도 외부 서버에 대한 접속을 독립적으로 제공할 수 있다. 이는 유연한 확장성을 기반으로 향후의 환경 변화에서도 지속적으로 시스템을 운영 가능하도록 할 것이며 개방환경 모드로 개발할 경우에는 다양한 Client 환경 또한 지원이 가능할 것으로 판단된다. IntraNet/Web 방식(I/W) : 서버상의 데이터베이스를 원격지에 있는 PC에서 접근하는 C/S방식의 경우는 사용자 Program은 개인용 PC에 존재한다. 그러나 I/W방식은 서버 측에서 데이터베이스와 데이터처리를 대부분 담당하고 Client측에서는 표현에 관계되는 처리만을 담당하게 된다.

공사의 정보시스템과 Engineering Database구축 : 기술정보 : 설계와 공사관리에 관련된 기술 자료의 전산화가 진행된 상태이므로 향후 시설물관리 목적과 최적의 운영 기회를 제공하게 된다. 또한 시설물에 대한 관리 자료를 추가하여 프로그램을 수정하면 시스템의 지원 성능을 향상하여 Client에 보급할 수 있다.

Intranet의 특징 : 기관의 보호벽(security wall)안에서 제공되는 안전한 정보 제공 방법을 통하여 원격지의 사용자에게 원하는 데이터 형식을 제공한다. 이 환경에서는 Multi-platform에서 동일하게 작동하게 할 수 있으며, 다양한 형태의 정보처리 가능하며, 이때 네트워크간의 방화벽은 개념적일뿐 실제 내부 구성원은 자유롭게 Intranet을 사용할 수 있다.

#### 6.3.4. 시스템 설계 내역

친수환경시설의 정비현장에서의 현장조건 및 수요도에 따라서 공법과 재료를 점검할 때 적합한 공법을 시공 전·후 현장상황을 사전에 시뮬레이션하기란 매우 어렵다. 따라서 유사한 지형적 요인과 수요도가 비슷한 여건을 갖고 있던 지역에서 공법을 사용한 사례를 데이터베이스에서 구축하도록 하여 이를 비교 검토할 수 있도록 하였다. 현재까지 설계된 데이터베이스에서는 공법에 대한 단위비용 등의 자료가 구축되지 않고 있으며, 사전 사후를 비교할 수 있는 국내의 사례도 부족하여 최소한의 자료를 통하여 데이터베이스를 설계하였다. 그러나 장기적으로 수명기간 동안의 규정화 될 경우에는 반드시 필요한 정보이며, 이 정보는 공법의 변화와 함께 지속적으로 갱신이 되어야 할 부분이라고 판단된다. 친환경소재 및 공법에 대한 사용시스템 운영 예는 <그림 6-11>과 같다.



<그림 6-11 >공법의 등록조건으로 시공정보와 시공전·후의 결과를 제시

### 6.3.5. 데이터베이스 분석 프로그램(AP) 개발

지역적 특성과 농촌개발대상 사업의 특성을 반영하여 설계자가 적합한 공법 선정에 관한 자문을 구할 수 있는 프로그램을 구축된 사진 DB 및 공법 자료의 신뢰도를 통하여 제안할 수 있는 방법을 검토한다. 이 개념은 적용공법을 이용한 개략설계 기능을 지원할 수 있는 개략설계와 데이터베이스로 제공되는 개략 설계비를 통하여 사업비 선정 및 공법선정에 주요 자료가 될 것으로 판단된다. 현재까지 검토된 방법은 전문 설계자가 프로그램을 이용하여 구축된 사진 DB 및 공법 자료에 대하여 평가분야별로 신뢰도 평가하는 방법과 사용자가 사업과 대상지구의 특성을 감안하여 설계한 공법의 사용빈도를 토대로 공법의 신뢰도를 제안하는 것이다. 각 평가항목에 대해서는 공법에 사용된 소재와 사업구분 등에 따라서 전문가 조사를 통해서 조사될 수 있다.

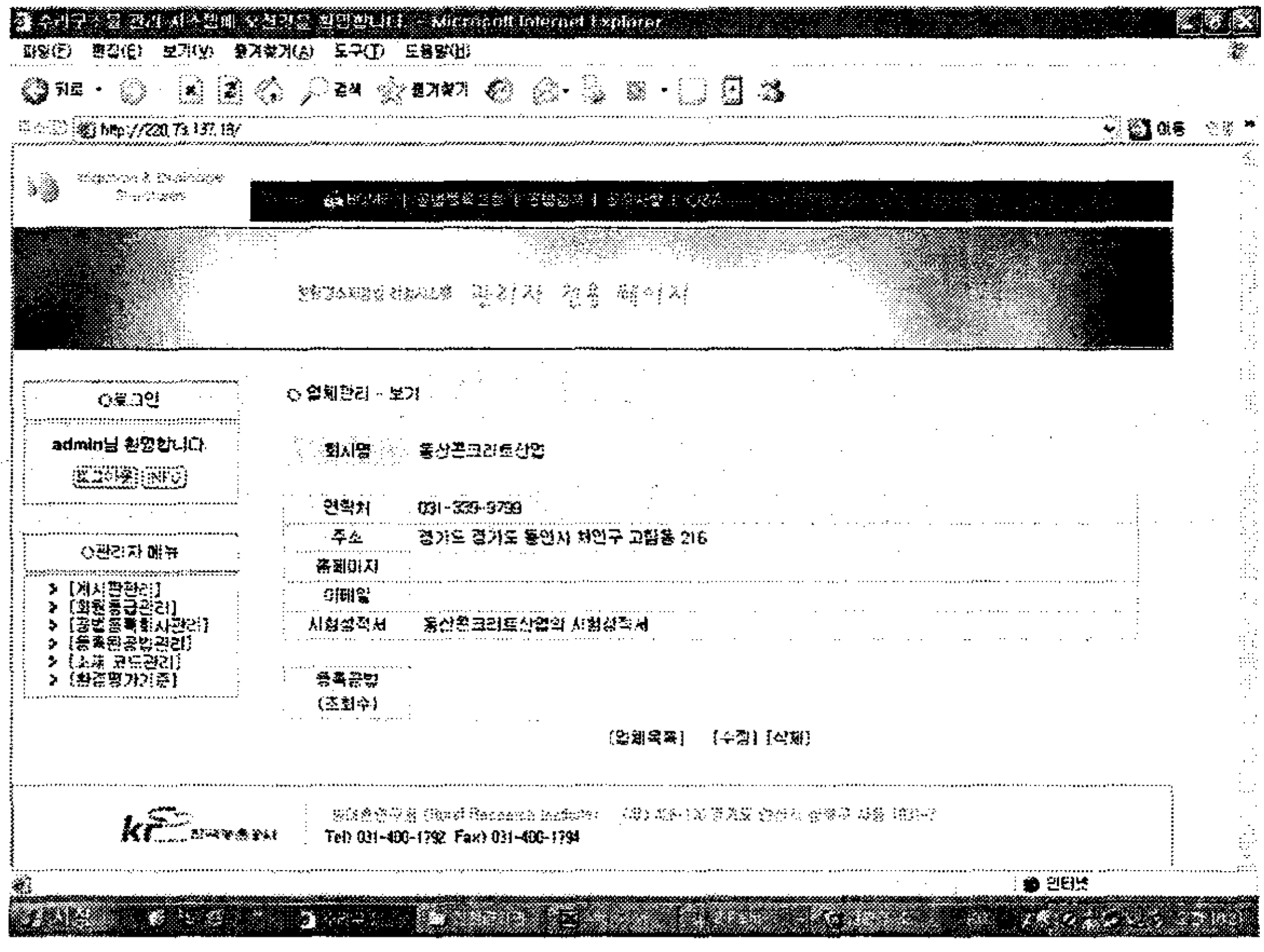
이 절차에 의하여 기존의 종합개발 사업유형과 친환경성의 평가지표들을 이용하여 이를 개선할 수 있는 적정공법 선정 기준 수립에 관한 규칙을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

친환경 소재공법의 인터넷 웹기반 검색 및 입력 시스템은 웹기반으로 시스

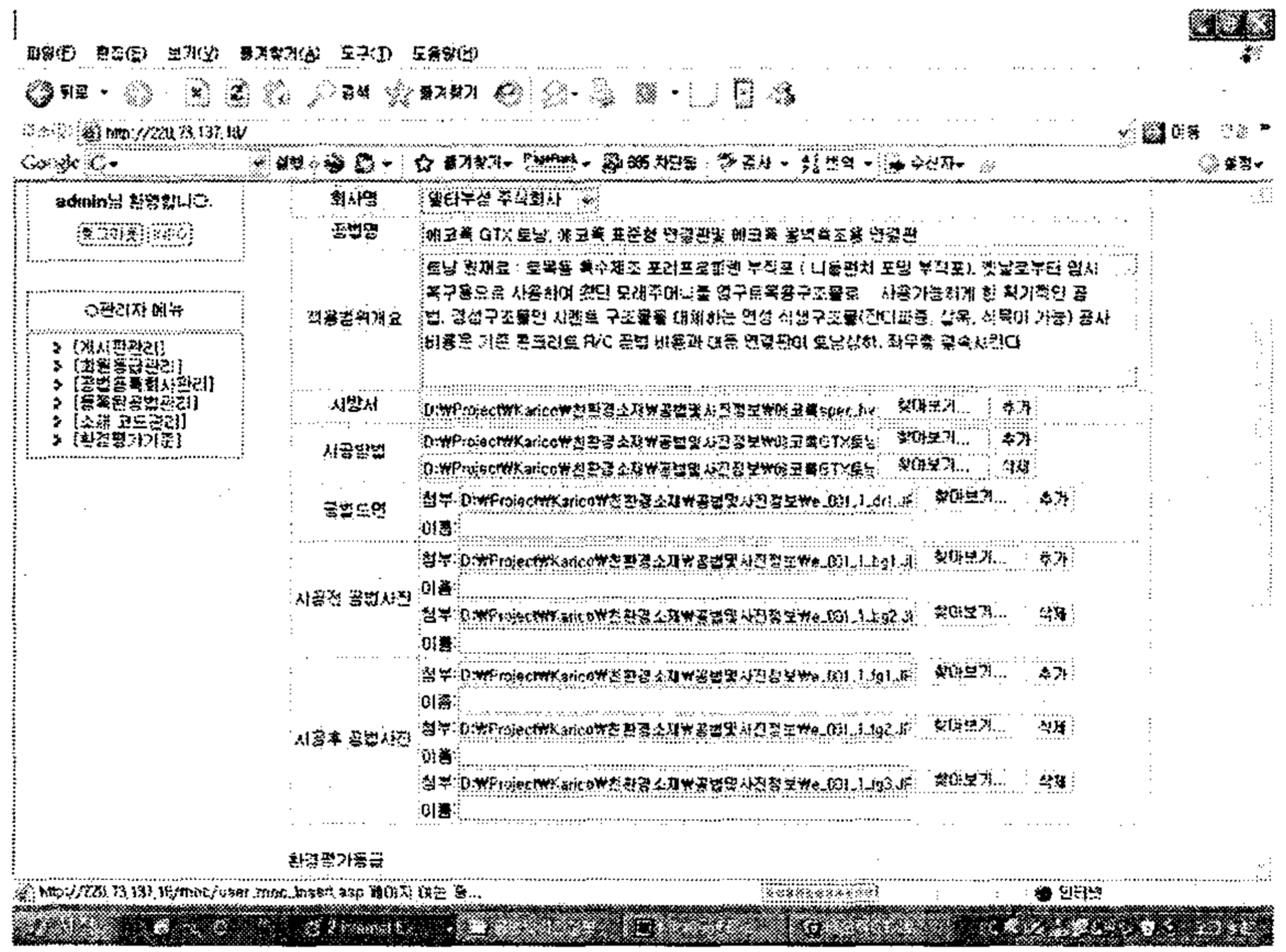
템을 지원하기 위하여 사용자관리, 관리자 모드, 신소재공법의 등록 및 유지관리, 인증 등에 관한 절차를 지원할 수 있도록 지원해야 한다. 대개의 경우 웹기반 품의 검색, 입력, 출력환경이 사용자에게 친숙하도록 하며, 실제 사용자의 기술수준 향상을 기할 수 있도록 하여야 한다. 또한 친환경 소재 및 공법의 정보를 인터넷 활용을 위한 D/B 응용프로그램 개발, 웹기반의 농촌종합개발 친환경 소재공법 사례 검색을 통하여 사업유형별, 지역별, 권역별, 시설물의 유형과 요구도 조건 등의 구분에 따라서 친환경소재 공법 검색 시스템을 활용할 수 있도록 함. 농촌지역 종합개발에 사용될 수 있는 친환경공법에 대하여 현행 공법의 조사 및 친환경 소재공법의 특성을 데이터베이스와 웹 환경을 이용하여 편의지원 시스템을 개발하고자 한다.

사용자 요구분석에 의하여 설계된 데이터베이스와 공법선정 및 관리를 위한 편의지원 시스템을 웹기반으로 구축하기 위하여 필요한 정보시스템의 설계개념 및 시범적으로 개발된 시스템의 수행 예는 다음 <그림 6-12>~<그림 6-19>에서 제시하였다. 단일모드 모듈의 일부를 개발하고 있으며, 자료의 외부출력과 통합시스템의 운영을 위한 설계는 진행단계에 있다.

초기단계에서 친환경소재-공법에 대한 시험인증 결과를 토대로 등록된 회사에 대해서 시공방법, 도면, 현장시공 정보 등에 대하여 등록할 수 있으며, 등록되는 공법은 <그림 6-13>과 같이 적용환경별로 품질등급기준에 따라서 등급화된 결과를 등록하게 된다. 이 결과는 검색엔진에서 사용자의 요구도에 따라서 공법을 선정하는 기초정보로 활용된다.



<그림 6-12 > 공법관리 회사등록 정보

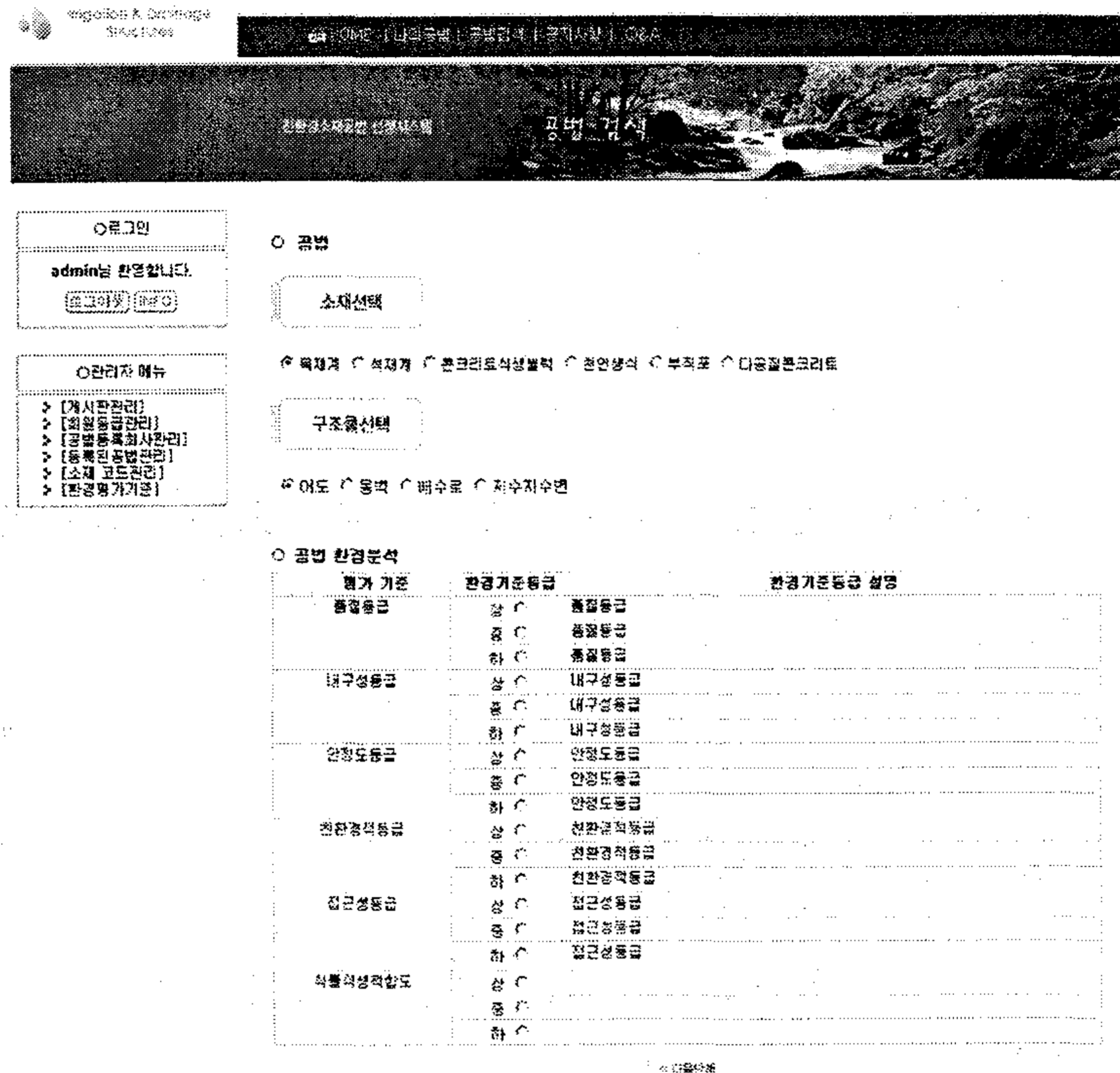


<그림 6-13 > 공법 등록화면

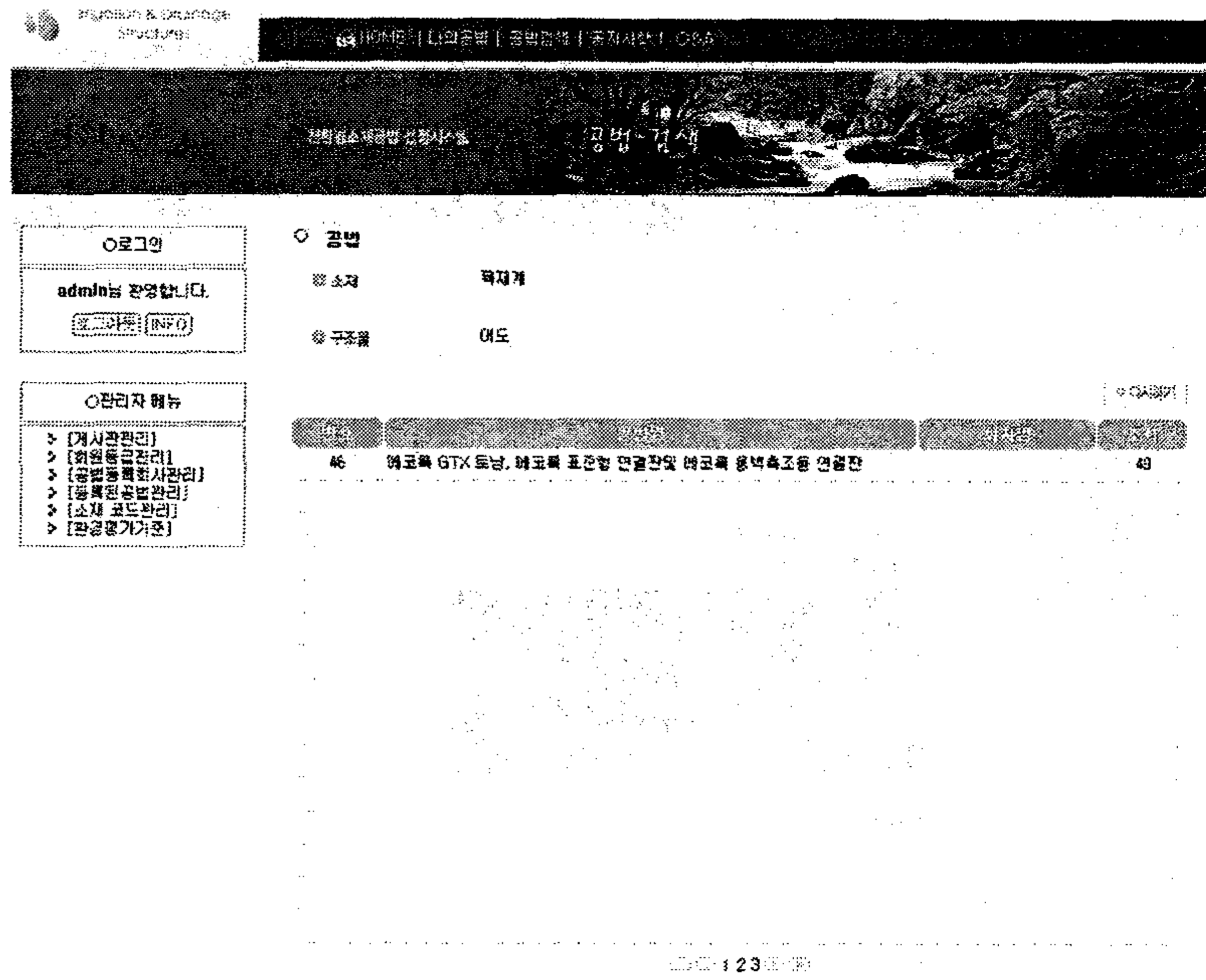
초기 검색화면의 구성은 시스템관리자의 기능과 일반 사용자의 기능으로 구분된다. 일반 사용자의 등록은 자료의 성격상 안전을 위하여 관리자가 신청된 리스트의 심의에 의하여 권한을 부여하는 방법으로 운영할 수 있다.

일반 사용자는 <그림 6-14>와 같이 소재선택-> 구조물 유형 선택->평가기

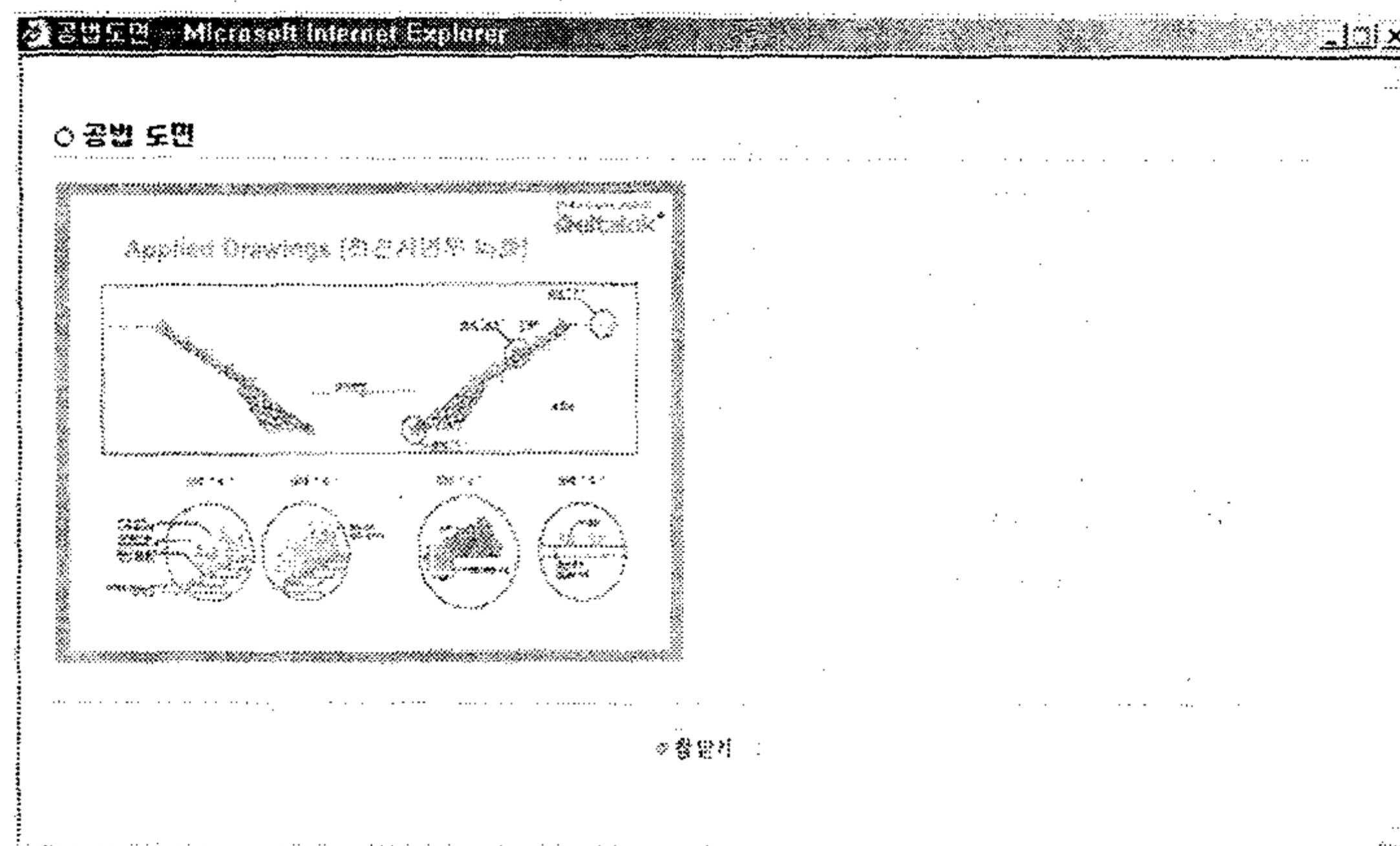
준의 범의 선택 단계를 통하여 공법을 검색할 수 있다. <그림 6-15> ~<그림 6-17>은 선택한 공법의 상세정보를 확인한 결과이다. 각 공법은 시방서, 시공 방법, 도면, 시공 전 후의 현장정보를 제공하고 있다.



<그림 6-14 > 소재-구조물 선정단계를 이용한 공법검색



<그림 6-15 > 공법검색 결과



<그림 6-16 > 검색된 친환경-소재 공법의 표준단면도 예

로그인

admin님 환영합니다.

[로그아웃] [INFO]

- 관리자 메뉴
- > [게시판관리]
  - > [회원관리]
  - > [공법등록회사관리]
  - > [공법등록공법관리]
  - > [소재 코드관리]
  - > [환경평가기준]

검색 공법 보기

제목: **해코록 GTX 토남, 해코록 표준형 연결판 및 해코록 용벽속조용 연결판**

회사명:

담당자:

전화번호:

주소:

출판일자:

시범시: 해코록spec.hwp

시공방법: 해코록GTX토남.1.hwp

공법사진 [상세보기](#)



공법도면 [상세보기](#)



적용범위개요

토남 신자료 : 토목용 특수제조 프리프로파일 부직포 (니플관치 포함 부직포). 옛날로부터 임시벽구용으로 사용하며 워터 오프 주머니를 연구특용구용으로 사용가능하게 한 최기적인 공법. 중성구조물인 시멘트 구조물을 대체하는 연성 석상구조물(잔디파장, 강주, 식목이 가능) 공사비용은 기존 콘크리트 R/C 공법 비용과 대동 연결판이 토남상하, 좌우를 연속시킨다

평가등급

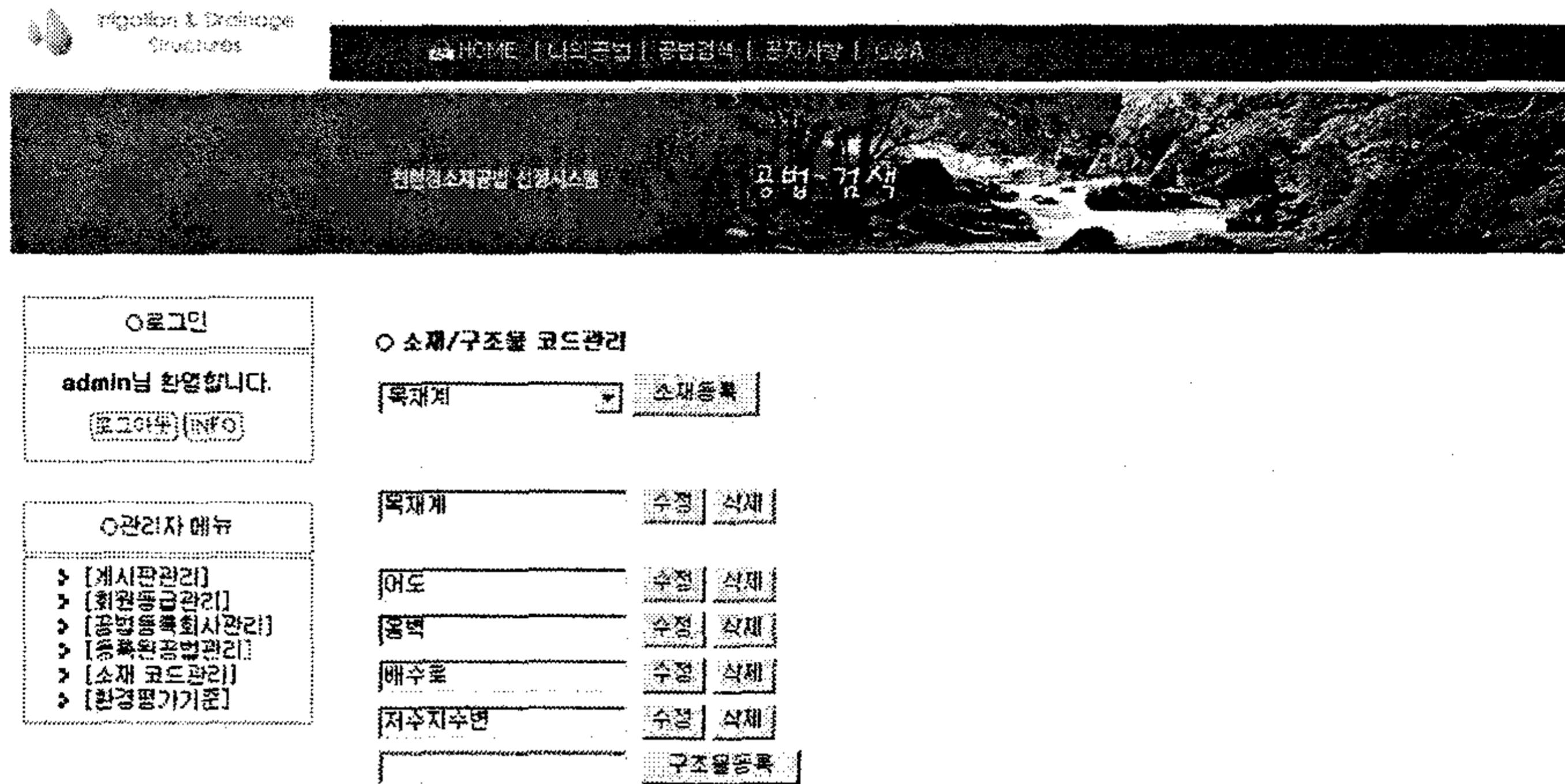
품질등급	품질등급	하
내구성등급	내구성등급	중
안전도등급	안전도등급	상
환경영향등급	환경영향등급	하
접근성등급	접근성등급	중
시공성등급	시공성등급	상
경제성등급		
유지관리등급		
식물식생적합도		

[검색결과 저장하기](#) [목록보기](#)

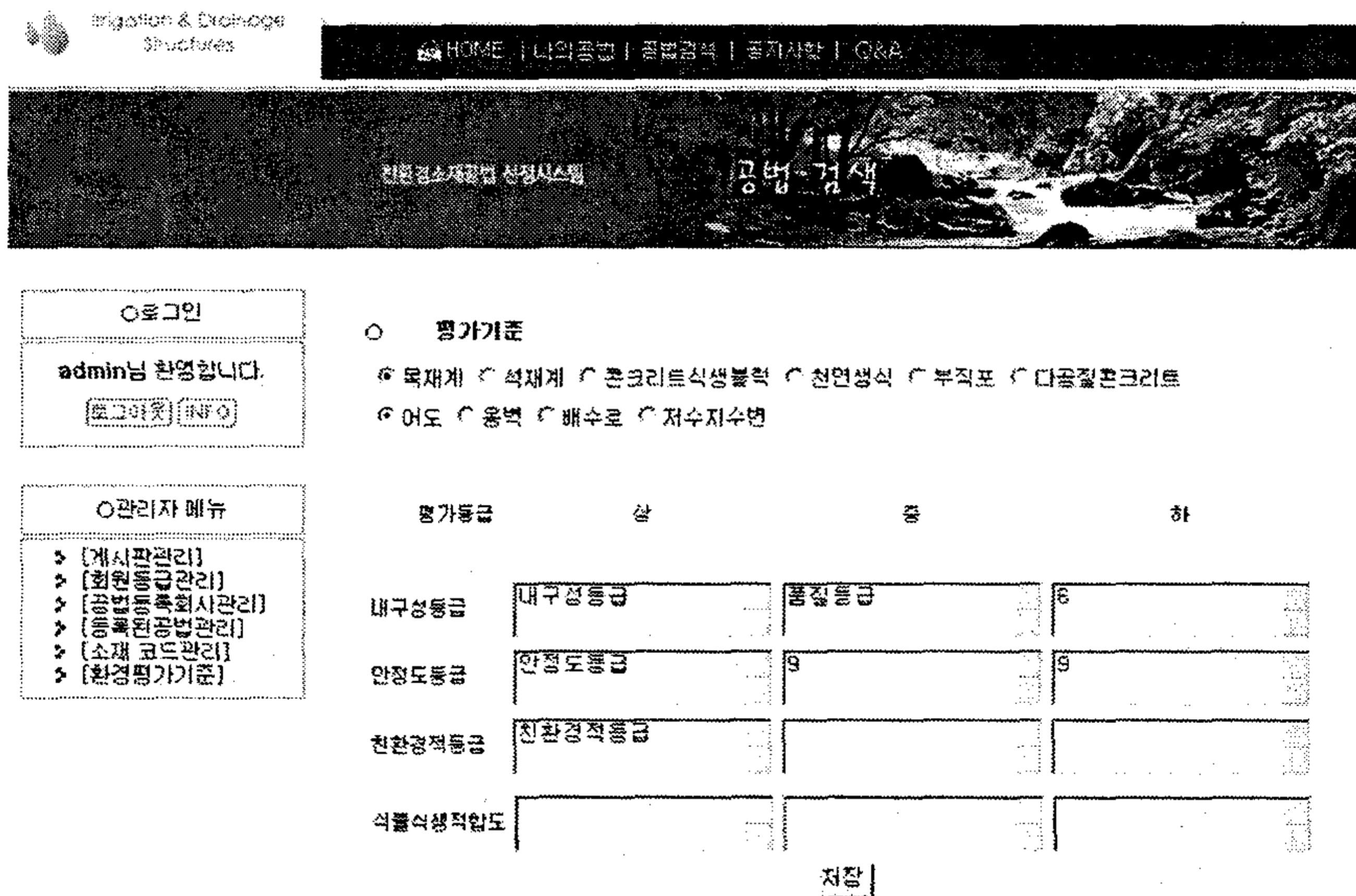
<그림 6-17 > 공법검색결과에서 선택한 공법의 상세화면



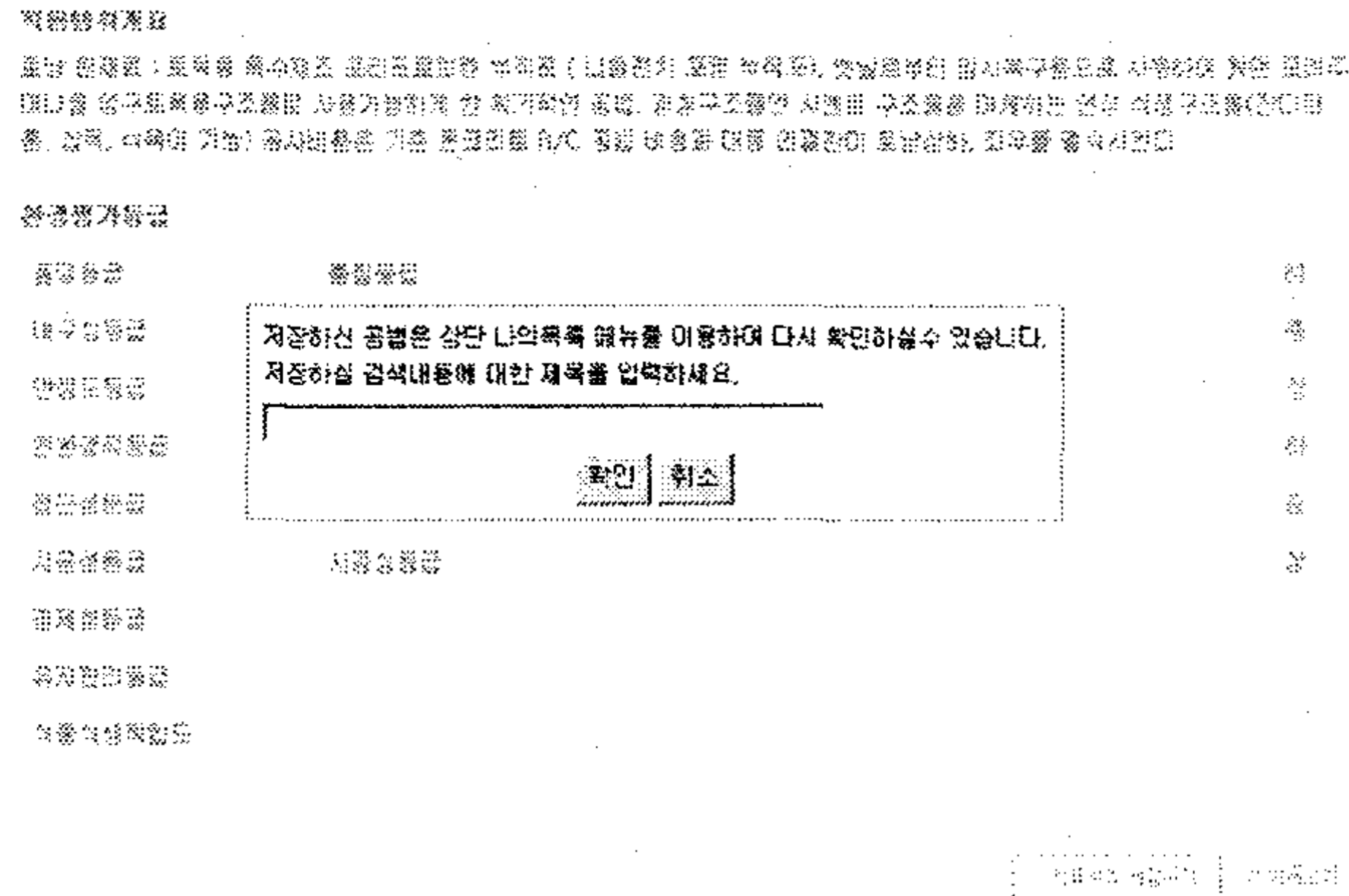
구조물의 유형은 <그림6-18>, <그림 6-19>과 같이 현재 등록된 공법에 따라서 소재로서 가능한 유형의 구조물을 관리자가 등록하여 관리한다.



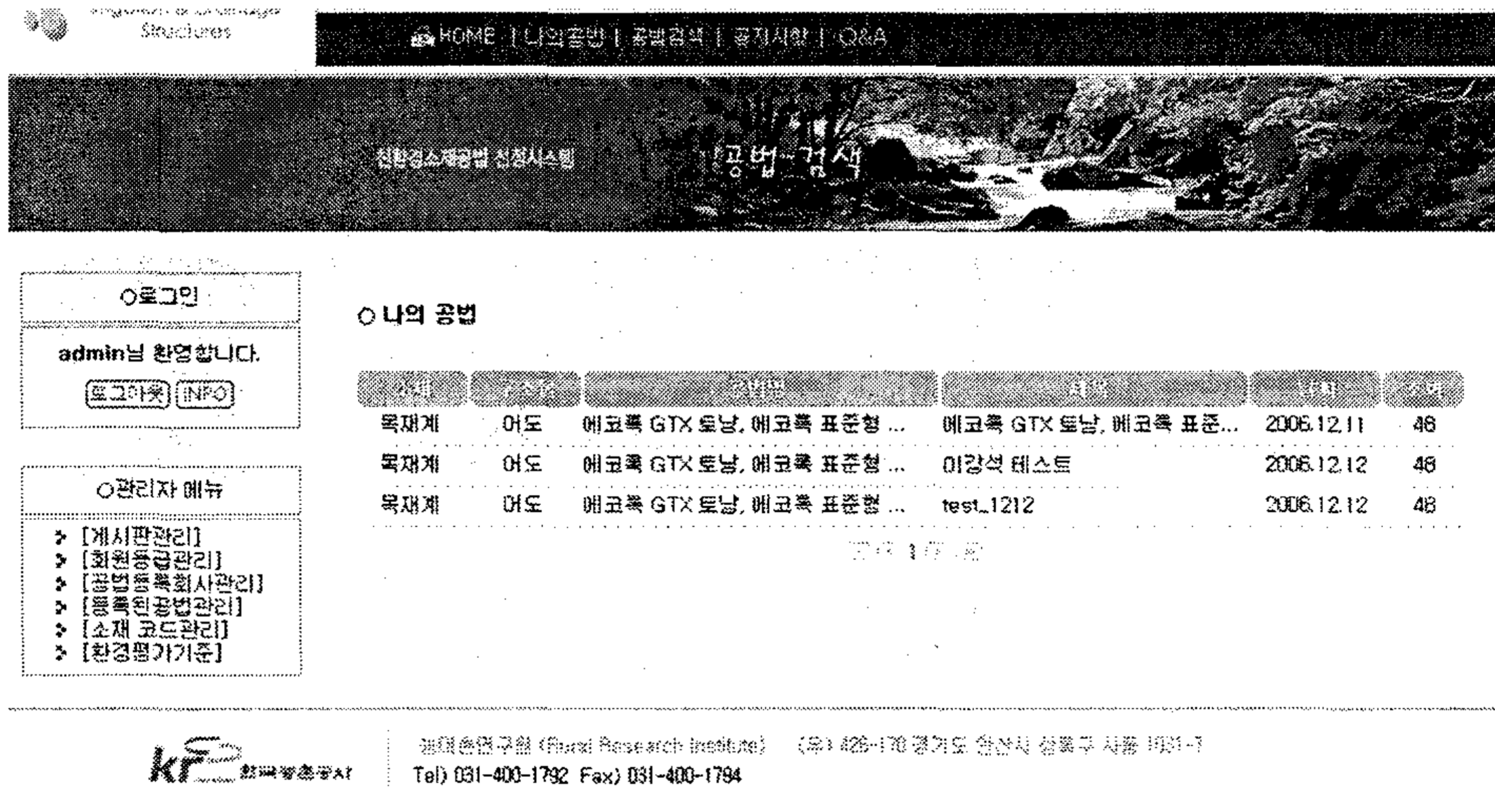
<그림 6-18 > 공법 등록을 위한 소재-구조물의 등록



<그림 6-19 > 소재-구조물의 등급에 따른 설계기준 정보



<그림 6-20 > 나의공법 기록 만들기



<그림 6-21 > 사용자별 공법검색 결과 시나리오 저장 및 검색

각 사용자별로 소재-공법에 대한 적합한 검색결과들을 <그림 6-20>, <그림 6-21>과 같이 저장하여 향후 각 구조물에 대한 공법상세 정보와 업체정보 등을 간편하게 조회할 수 있는 기능을 제공한다.

## 6.4. 요약 및 결론

본 장에서는 농촌종합개발 친환경소재 공법 선정 및 공법관리 편의지원 시스템을 웹기반 환경을 이용하여 구축하였다.

이를 위하여 본 연구에서는

- 친환경 소재공법 사례분석을 통하여 기본적인 인자를 조사하였으며,
- 자료구축을 위한 데이터베이스와 기본 사용자 환경을 설계하였으며,
- 웹기반 시스템 개발을 위하여 사용자 요구분석과 유지관리 방법을 조사 분석하여 시설물과 유지관리 방법, 공법선정 방법 등에 관한 데이터베이스 구조설계를 하였다.
- 웹 환경에서 공법선정 및 검색과정에 대한 다양한 조건별 검색 시뮬레이션이 가능한 사용자 환경을 설계하였다.

여 백

## 7. 종합 결론

여 백

## 7. 종합 결론

1) 농촌개발용 친환경 소재 공법을 적용할 경우 내구성 및 구조적 안정성 확보를 원칙으로 하고 이와 함께 제품의 형상에 있어서는 주변 경관과 어울리는 색상과 모양이어야 하고, 시공성이 우수하여야 함. 국내에서 생산·제조·시공되고 있는 친환경소재에 대한 소재 및 공법에 대한 자료 조사 결과를 분석하였다.

2) 일본에서는 '80년대 생산성 향상이 주목적이었으며 경지정리, 구획정리 관개, 배수개선 사업, 생활환경 정비사업을 추진하였으며 '90년대에는 생활의 여유와 풍요로움에 대한 쾌적한 생활환경 조성 요구하게 되어 농촌지역의 환경을 정비하는 사업을 추진하고 있었다. '2000년대에는 농촌의 생태계 보전 요구가 있어 '91년 농촌환경정비센터를 설립하였으며 그 목적은 쾌적한 농촌환경 정비사업을 시행 즉, 친수형성, 경관보전, 쾌적성을 고려하여 지금까지 생산성 향상 중심에서 새로운 환경정비 사업과 연계하여 추진하고 있었다.

3) 일본에서의 농촌환경정비사업의 개념은 생활환경사업과 생산기반정비사업 시 농촌생태계 보전, 경관, 생물 재생을 고려하여 정부에서 계획수립을 실시하고 있었으며 주민과의 동의협의를 제일 중요하게 생각하고 있었다.

4) 친환경 소재 및 공법은 기존의 치수, 이수 중심의 획일적인 정비 관념에서 탈피하여 자연재생 및 수생 식물이 서식할 수 있도록 기능회복, 생태계 보전 및 경관성을 개선하기 위하여 적용된다. 또한 유속, 수심 등 유수의 특성, 하상경사, 하상토의 재료 등을 고려하여 공법의 종류, 사용재료 및 조합방식 등이 결정되어야 할 것으로 판단된다.

5) 친환경소재의 품질, 안정성 및 내구성을 평가하여 체계화하기 위하여 콘크리트 식생블럭계, 식생기반재계, 목재계, 자연석계로 크게 나누어 품질시험과 내구성 및 안정성에 관한 평가방법으로는 친환경 소재를 객관적으로 평가하기 위하여 KS 기준을 사용하였다.

6) 콘크리트 식생블럭계의 제품은 재료 및 제조에 관한 품질기준안을 정립하

였다. 양생은 제품 출하시에 소요 강도를 얻을 수 있도록 하기 위하여 1차 실 내 양생은 500도시(°)를 표준으로 하였으며 물-시멘트비는 20 ~ 30 %의 범위를 제시하였다. 그리고 흡수율은 10 %이내이고 내구성에 관하여는 동결융해 시험후 동결융해시험 전 중량의 30 % 이내의 범위가 적정하다고 판단된다.

7) 식생기반재의 품질관리는 친환경성을 확보하기 위해서는 pH가 5 ~ 8 이내의 범위에 들어야하며 검사는 겉모양과 식생의 활착기간을 제시하였다.

8) 목재계의 품질기준은 특히 물과 많이 접하는 곳에 사용할 경우 흡수율은 25 % 이내에 들어야 하며 목재의 섬유방향으로 구조물을 시공설치 해야 할 것으로 나타났다. 또한 KS 기준에 제시된 목재의 사용환경 범주와 목재의 방부처리 과정 등을 시험성적서를 통하여 현장에 반이되기 전에 확인해야 할 것으로 판단된다.

9) 친환경 제품의 합격제품은 납품시 검사시험성적서와 합격제품을 함께 발주자에 납품하고 발주자(감독소장 포함)는 검사시험성적서, 합격표시, 외관상 결함(균열, 녹 등)유무, 제품표면의 제조식별문 등을 확인 후 현장에 반입을 허용하는 방안으로 하여야 할 것이다.

10) 친환경 소재 및 공법을 적용한 지구에 친환경 공법별 유지관리 상태를 점검하는 것을 목적으로 모니터링을 실시하여 문제점 및 개선방안을 검토하고 친수공간 형성, 홍수방지 역할, 생태계복원 등의 기능을 분석하였다.

11)환경과의 조화를 배려한 농업생산기반 시설물의 수리설계는 계획최대수량을 안전하게 송수할 수 있는지의 기능 발휘 문제와 최대빈도유량, 최소유량 즉 비관개시기의 수량 등의 유량에 대하여 생물의 생식·생육에 적당한 수심, 유속을 확보할 수 있는가 라는 관점으로부터 수로의 종단면 및 횡단면의 규모·형상·구조에 관하여 검토하여야 할 것으로 사료된다.

12) 식생의 관리에 있어서는 관행적으로 행하지는 자연발달의 천이과정에 맡겨두는 것도 한 방법이지만 대부분 경작지에 인접한 용배수로의 위치와 그 기능을 고려하여 일년에 최소한 1 ~ 2회 정도의 별채를 통한 관리가 필요한 것으로 나타났다.



13) 시공시 식재하였던 수종들의 대부분이 토착수종들에 의하여 피압된 점은 시공 후 최소한 1 ~ 2년 동안은 목적수종의 활착을 위한 인위적인 관리가 필요하다.

14) 설계, 시공시 친환경성과 아울러 유지관리의 편의성을 고려한 공법의 도입이 필요하고 사후관리의 주체선정과 적절한 관리방안의 정립이 시급하며 가능하다면 수혜자인 주민의 자발적 참여가 필요하고 친수시설의 위치 선정시 이용객의 접근성과 주 거주지에서의 거리를 고려하여야 시설의 활용도와 관리상의 편의성을 높여야 할 것이다.

15) 친환경시공 공법자료로부터 데이터베이스 시스템의 개발을 위하여 자료 분석을 실시하였다. 농촌종합개발의 친환경적 개발의 방법론으로 도입되고 있는 방법들에 관하여 체계적 관리와 운영을 목적으로 관계형 데이터베이스 기반의 자료구축 기반을 제공하였다.

16) 각 공법들의 소재에 대한 품질시험 결과의 표준화와 신규 도입공법의 타당성을 결정과정 지원을 위한 평가 기법으로 다중검색 결과를 토대로 하는 최적검색 모델개발을 위하여 친환경 소재의 품질 및 내구성 평가 결과 및 품질 관리평가결과와 설계기준과의 관계를 정립하여 소재-구조물의 조합에 대한 설계기준을 활용하였다.

17) 사용자가 해당구조물의 설치를 위하여 구축된 사진 DB 및 공법 자료의 신뢰도 평가를 통하여 향후 실무자가 적절한 수준의 공법과 소재를 선정할 수 있도록 하여야 할 것이다. 이를 위해서는 웹기반의 환경에 친숙한 사용자가 데이터베이스를 쉽게 사용할 수 있도록 매뉴얼과 품질기준과 설계기준 항목 개선에 따른 유지관리를 편리하게 하였다.

여 백

## 8. 기대효과 및 실용화 추진계획

여 백

## 8. 기대효과 및 실용화 추진계획

### 8.1 기대효과

- 농촌 종합개발사업에서 농촌다움(Amenity)를 향상시킬 수 있는 친환경 소재 및 공법의 설계 시공기준으로 활용
- 농촌종합개발사업을 위한 실무자들에게 친환경마인드 확산과 사업시행시 자연환경 훼손 및 생태계 파괴를 최소화
- 농촌주위의 문화재 및 지역특성, 경관 등을 고려하여 지역주민과 인접 도시민에게 쾌적한 생활공간을 제공하는 환경친화적인 농촌종합개발 사업에 기여
- 친환경 소재나 공법의 특성·품질 등이 검증으로 국고 및 유지관리비 절감

### 8.2 실용화 추진계획

- 전문가가 아닌 일반적인 관리자도 손쉽게 농촌종합개발을 시행함에 있어서 친환경소재 및 공법을 적정하게 선정하도록 기술정보 공유 시스템을 개발하여 농업기반공사 및 지방자치단체에 보급
- 친환경소재에 대한 품질관리 기준을 제정하여 공인시험기관에 제품의 품질 검사확인을 한 뒤 합격제품에 검사시험서를 첨부하여 공사현장에 반입
- 농촌공간개발 및 정비에 있어서 개발방식에 대한 정책 입안의 자료로 활용
- 농촌종합개발사업 입안자, 지역주민, 설계·시공사 모두에게 공신력 있는 친환경 소재 및 공법의 정보 제공

여 백

## 참고 문헌

여 백



## 참고 문헌

1. (社)土木學會, 水邊의 景觀設計, 技報堂出版, 1994.
2. (주)자연과 환경, 환경생태복원시스템, 1999.
3. ACI Committee 201.2R-92, **Guide to Durable Concrete**, ACI Practice Journal, 1991.
4. 강형식, 최성욱, "식생된 개수로에서 난류 구조와 부유사 이동현상의 수치 해석", 한국수자원학회논문집, Vol.33, No.5, pp.581~592, 2000.
5. 건국대학교, 농어촌연구원, 농어촌지역 소하천의 환경정비기법 개발 연구 보고서, 농림부, 1998.
6. 건설교통부, 도시하천의 하천환경 정비기법 개발, 1995.
7. 건설교통부, 도시하천의 하천환경 정비기법의 개발, 1995.
8. 건설교통부, 수리시설 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침<V-I>, 건설교통부, 시설안전기술공단, 1996.
9. 건설교통부, 콘크리트 표준시방서, 한국콘크리트학회, 1999.
10. 건설교통부, 하천공간 정비기법 개발 조사.연구, 1996.
11. 고려대학교, 농촌지역에 생물서식공간 조성 정책 및 기법, 1997.
12. 고흥석, 최진규, 이정문, 박순철, 오동석, 백영기, "농업수리시설물의 웹기반 지리정보시스템의 설계 및 프로토타입 구현", 한국농공학회지, Vol.40, No.3, 1998.
13. 구진혁, 심우경, "농촌지역 생물서식공간 조성기술의 개발", 한국조경학회지, Vol.25, No.2, pp.100~111, 1997.
14. 권오준, "수변공간지역의 자연친화적 재생", 환경과 조경, Vol.85, pp.16~25, 1995,
15. 김관호 외 4인, "농업기반 수리구조물의 보수보강 공법 시스템 구축", 한국콘크리트학회 2005년도 봄학술발표회논문집, Vol.17, No.1, pp.289~292, 2005.
16. 김귀곤, 조동길, 차영두, 황기현, "생태공원 조성을 위한 식재설계방법의 개발", 한국조경학회지, Vol.27, No.5, pp.12~24, 2000.
17. 김남춘 외, "비탈면의 조기식생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구", 한국조경학회지, Vol.26, No.3, pp.8~18, 1998.

18. 김선주, "농촌발전을 위한 수리시설의 환경친화적 정비방안", 수리시설정비사업 심포지엄, pp.53~94, 2004.
19. 김선주, "수리시설의 환경친화적 정비방안", 농어촌과 환경, No.70, pp.26~38, 2001.
20. 김선주, 박성삼, "수리시설물 통합관리시스템 실용화 연구", 한국농공학회지, Vol.40, No.3, pp.42~53, 1998
21. 김선주, 양용석, 안민우, "용수로의 자연친화적 설계", 한국농촌계획학회지, Vol.8, No.2, pp.50~56, 2002.
22. 김선주, 양용석, 안민우, "용수로의 자연친화적 식재설계", 농자원개발논문집, Vol.25, pp.1~8, 2002.
23. 김선주, 양용석, 안민우, "자연친화적 수변공간조성 지역선정을 위한 연구", 한국농공학회 학술발표논문집, pp.96~101, 2000.
24. 김선주, 윤경섭, 이광야, 박성삼, "하천경관을 고려한 환경친화적 수변공간 정비기법", 한국농공학회지, Vol.40, No.6, pp.57~69, 1998.
25. 김선주, 윤춘경, 박성열, 이광야, "수리시설물 최적관리 시스템 개발", 한국농공학회지, Vol.39, No.2, 1997.
26. 김선주, 이광야, 박재홍, "농업수리시설물의 유지관리수준 평가기법 연구", 대산논총 Vol.6, pp.245~255, 1998.
27. 김선주, 자연친화적 경지정리기법 개발 연구보고서, 농림부, pp.101~113, 2000.
28. 김선주, 자연친화적 하천 및 수리시설정비를 위한 토목용 신재료의 활용과 설계기법, 연구보고서, 2000.
29. 김선주, 친환경적 경지정리기법 개발, 농림부연구보고서, 2000.
30. 김종훈, "농촌개발을 위한 수리시설 정비방향", 농어촌과 환경, No.86, pp.70~81, 2005.
31. 농림부, 친환경적 공법을 이용한 용배수로 개보수 기술 개발, 2004.
32. 농어촌연구원, 배수로 단면구조 및 호안공법에 관한 연구, 연구보고서, 1996.
33. 농어촌진흥공사, 농어촌지역 소하천 환경정비 사례 및 기술 자료집, 1996.
34. 농업기반공사, 건국대학교, 유지관리 측면을 고려한 친환경 수로 설치공법개발, 2002.
35. 농업기반공사, 농업생산기반정비사업 조사·설계 실무요령, 2000.

36. 농업기반공사, 전남 오동지구 수리시설 개보수 기본조사 계획서, 2000.
37. 농업기반공사, 친환경적 농어촌정비사업 설계지침, 2001.
38. 농촌환경기술연구소, 농림부, 농촌환경정비의 과학, 1995.
39. 민신현, **Advanced PHP for Windows**, 대림, 2003
40. 박광수, 김관호, "농업기반 수리구조물의 노후손상현상과 보수보강공법의 체계화 연구", 농어촌과 환경, No.81, pp.84~91, 2003.
41. 박성삼, 하천경관을 고려한 환경친화적 수변공간 조성기법 연구, 건국대학교 석사학위논문, pp.19~30, 1999.
42. 박윤호, "농어촌주거환경의 종합적 정비방향", 농어업·농어촌특별대책위원회 제3분과 발표논문, 2002.
43. 박윤호, 전영미, "농촌마을의 특성화와 향후 정비방향", 새국토연구협의회 지속가능한 농촌정비와 어메니티 세미나 발표논문집, 2002
44. 박재홍, 김선주, 김필식, "AHP기법에 의한 관계용수로 조직의 평가", 한국농공학회지, Vol.45, No.6, pp.96~108, 2003
45. 박창원, 환경친화적 농촌계획지침개발에 관한 연구, 홍익대학교 석사학위논문, 1999.
46. 안민우, 수로의 자연친화적 정비와 생태변화, 건국대학교 석사학위 논문, 2001.
47. 양용석, 주민참여에 의한 경지정리지구내의 자연친화적 수변공간 조성, 건국대학교 석사학위논문, pp.50~55, 1999.
48. 엄기철, 성기석, "농업의 다원적 공익기능-농업환경", 한국환경농학회 pp.55, 2001.
49. 우보명, "조경사방에 관한 연구", 한림지 28, pp.67~96, 1978.
50. 윤경섭, 김선주, "농어촌지역 소하천의 환경정비기법 개발", 농어촌연구원, pp.135~142, 1997.
51. 이신호, "수리시설물의 노후화 원인의 대책", 농지개량, No.81, pp.44~47, 1990.
52. 이주형, "자연과 인간이 공생하는 환경친화적 개발", 나라경제, Vol.4, pp.43~46, 2003.
53. 이진원, 이삼희, 백종식, 하도 특성과 식생의 상관관계 분석, 한국건설기술연구원, 2000.
54. 이창복, 원색 대한식물도감, 2003.
55. 최경영, "용배수로의 환경친화적 개보수 방안", 농어촌과 환경, No.86,

- pp.29~37, 2005.
56. 최기철, 하천 관리를 위한 어류서식처 구조에 관한 조사, 건설기술연구원, 1995.
  57. 최지용, 김홍년, 환경친화적 댐관리를 위한 사례 연구 연구보고서, 한국 환경정책·평가연구원, 2003.
  58. 한국건설기술연구원, 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발 연구보고서, 환경부, 2002.
  59. 한국건설기술연구원, 환경친화적 암사면 녹화공법 개발연구, pp.75~83, 1999.
  60. 한국도로공사, 암절토부 녹화방법 연구, 1999.
  61. 한국환경정책·평가연구원, 환경친화적 계획기법 및 운용 방안 개발에 관한 연구 연구보고서, 환경부, 2003.
  62. 환경부, 하천복원 가이드라인, 2002.
  63. (社)農業土木事業協會, 環境・景観製品ガイドブック利用の手引(コンクリート二次製品:水路関係), 2005.
  64. (社)農業土木学会, 環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 1-基本的な考え方・水路整備-, 2004.
  65. (社)農業土木学会, 環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 2-ため池整備 農道整備 移入種-, 2004.
  66. (社)農業土木学会, 環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 3-ほ場整備(水田・畑)-, 2004.
  67. 亀山 章, 倉本 宣, 日置佳之, 自然再生:生態工学的アプローチ, ソフトサイエンス社, 2005.
  68. 農林水産省農村振興局, 美の里づくりガイドライン, 2004.
  69. 이준우 외 5인, “포러스 콘크리트의 pH치 저감효과에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, pp. 991 ~995, 2003
  70. 이성일 외 5인, “굳지 않은 포러스 콘크리트의 품질관리를 위한 실험적 연구”, pp. 705 ~ 710, 2002.
  71. 박 승범외 1인, “식생콘크리트”, 콘크리트 학회지, 제12권 5호, pp. 38 ~ 42, 2000
  72. 이창복, 2003, 원색 대한식물도감
  73. 환경부, 2002, 하천복원 가이드라인

## ■ 공동 연구참여 내역

### 분야별 공동연구 참여내역

연구항목	한국농촌공사		용역기관	
	부서명	성명	기관명	성명
농촌개발용 친환경소재 공법의 현장실태조사	농어촌연구원	이강열		
농촌개발용 친환경소재공법의 문제점 분석	농어촌연구원	조영권		
친환경소재공법의 주변공간정비기술구축	농어촌연구원	김영화	전남대학교	이계한
친환경소재의 평가및 체계화	농어촌연구원	김관호 김명원		
농촌개발용 친환경소재공법의 특성 D/B구축	농어촌연구원	이준구	환경대학교	김하중

여 백

# 부 록

<친환경소재 및 공법 D/B구축 사례>

## 1. 제품명

발포성폴리스티렌과 폴리에틸렌폼 재질의 부체를 이용한 인공식물섬 조성기술

## 2. 용도

저수지, 댐, 호수, 유수지, 유속이 느린 하천, 하천의 만곡부

## 3. 구조종별

저수지, 수질오염 방지 등


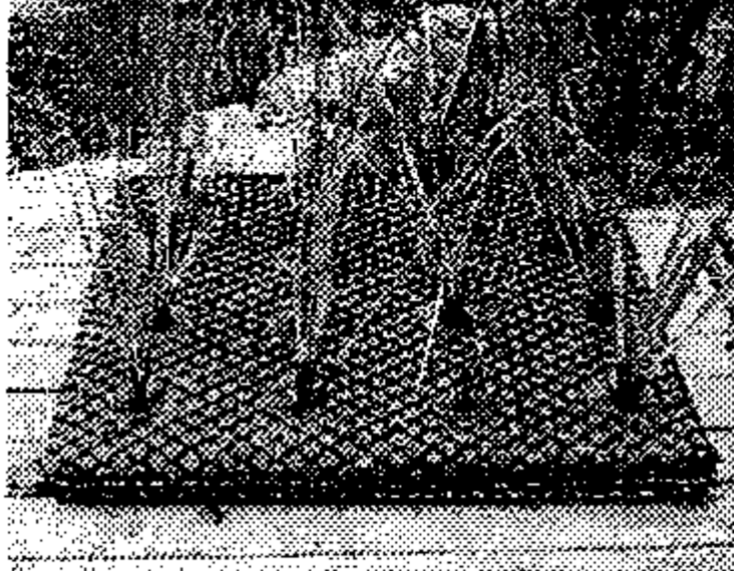
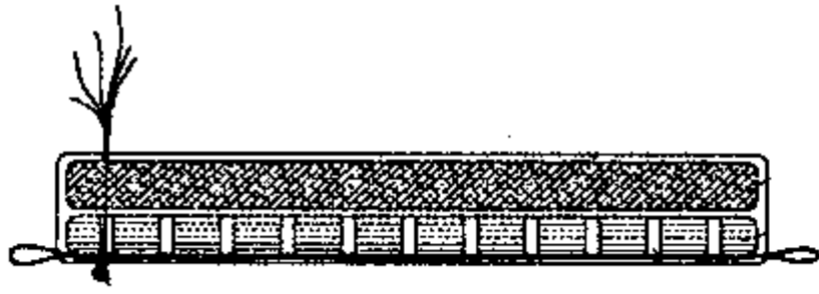
## 4. 제품형태

본 공법은 인공식물섬을 수면위에 띄워 최소규모의 생물서식공간을 (Biotope)을 창출함으로써 생태계 복원, 생물다양성 확보 및 경관 개선하고 수중의 질소, 인 등의 영양염류와 SS, COD, 등의 저감을 통한 녹조 현상 방지등의 수질 개선 효과가 있는 기술이다.

본 인공식물섬은 친환경적 식생기반재를 사용, 소규모 및 대규모 unit화가 가능하여 다양한 경관 창출은 물론 물결의 유동에 유연하게 대응(파랑 등 기상이변 시 구조적 안정성 확보)할 수 있으며 접근성이 양호하고 부분적인 보수용이, 유지관리비 저렴, 어족자원 보호, 부유형, 침수형 및 호소연안대 복원용 등 목적에 따라 다양한 형태로의 적용이 가능하다.

이에 따른 본 공법의 구성은 식생기반재, 부체, 고정장치 및 수생식물로 구성되어 있으며, 그 형태는 아래 그림과 같다.



	 
<p>막대형 발포성 폴리스티렌 재질 부체 인공식물섬</p>	<p>평판형 가교결합 폴리에틸렌폼 재질 부체 인공식물섬</p>

## 6. 적용사례

본 인공식물섬의 적용결과 적용 전후 대상 지역의 생태적 그리고 수질적 측면에서의 효과 및 적용사례는 다음과 같다.

(1) 미생물 활성도 증가 (2004 육수학회 발표 - 강원대 안태석 교수)

- 충북 진천 소재 B 저수지 내 인공식물섬 실험 (Ecotechnopia 21 환경부 연구과제)

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 활성 세균은 식물섬을 설치한 곳에서 평균 2배정도 높은 값을 보여주었다.</li> <li>- 활성 세균은 대조구 보다 식물섬 실험구에서 평균 7배 높은 값을 보였다.</li> </ul> |
|--|

(2) 저서생물(수서곤충)증가(2003 육수학회 포스터 발표 -호소생태연구소 박정호 박사)

- 충북 진천 소재 B 저수지 내 인공식물섬 실험  
(Ecotechnopia 21 환경부 연구과제)

- 인공식물섬의 설치 6개월 후 많은 수의 저서생물  
증가 확인



- 종수는 약 6배, 개체수는 약 8배 증가

- 새우류 및 잠자리류 증가

- 물달팽이류 등의 연체동물 서식 증가

(3) 어류 증가(2003 육수학회 포스터 발표 - 호소생태연구소 박정호 박사)

- 2003년 KBS 방송 - 식물섬 하단부에 어류서식 증대

- 국내 최초 담수용 인공어초 (실용신안 획득, 특허 출원)

- 식물섬 하단부에 인공어초의 부착으로 어류서식처 적극 제공 - 어류  
상 증대

(4) 조류 서식처 제공

- 강원 춘천 CC 연못

- 부산 어린이 대공원 연못

- 인공식물섬 설치로 인한 조류 서식처 마련  
으로 각종

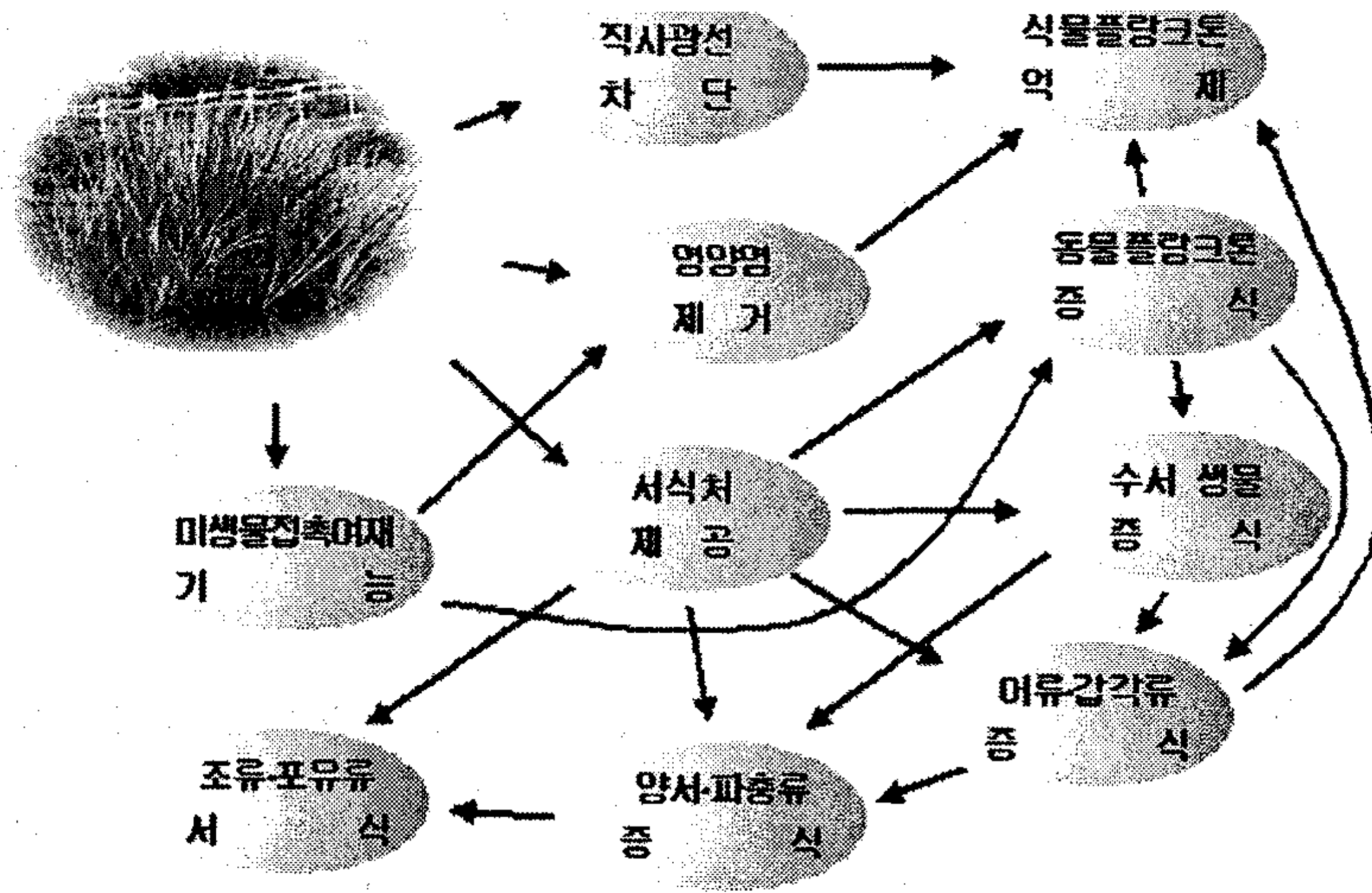
조류 적극 유도



(5) 수질정화 효과

인공식물섬에 의한 수질정화기작은 Food web에 의한  
Bio-manipulation을 통한 수질정화효과, 수생식물에 의한 효과, 미생물  
에 의한 수질정화효과(미생물 접촉여재 사용 가능)등 크게 세부분으로  
나뉘 수 있다.

① Food web에 의한 Bio-manipulation을 통한 수질정화



- 본 기술은 상기 그림과 같이 Food web에 의한 Bio-manipulation을 통한 수질정화기작은 주요한 요소 중에 하나이다.
- 식생기반재인 천연 코코넛 섬유매트는 유사제품의 화학 섬유나 PE섬유에 비해 초기 활착이 빠르며 이를 통한 안정된 생태계 조성에 유리하므로 bio-manipulation의 효과를 높일 수 있다.

② 수생식물에 의한 효과

- 본 기술의 식생기반재는 타 공법의 화학섬이나, PE 섬유와 달리 천연 코코넛 섬유 매트를 사용하여 수생식물의 초기 활착이 빠르며 그로 인한 식물이 안정된 생육으로 타기술에 비해 왕성한 생육을 확인할 수 있다.
- 같은 수생식물을 사용하지만 식물의 생육에 있어서 엄연한 차이를 볼 수 있으며 이는 타 공법에 비해 우수한 수질정화 효과를 나타내는 원인으로 작용한다.

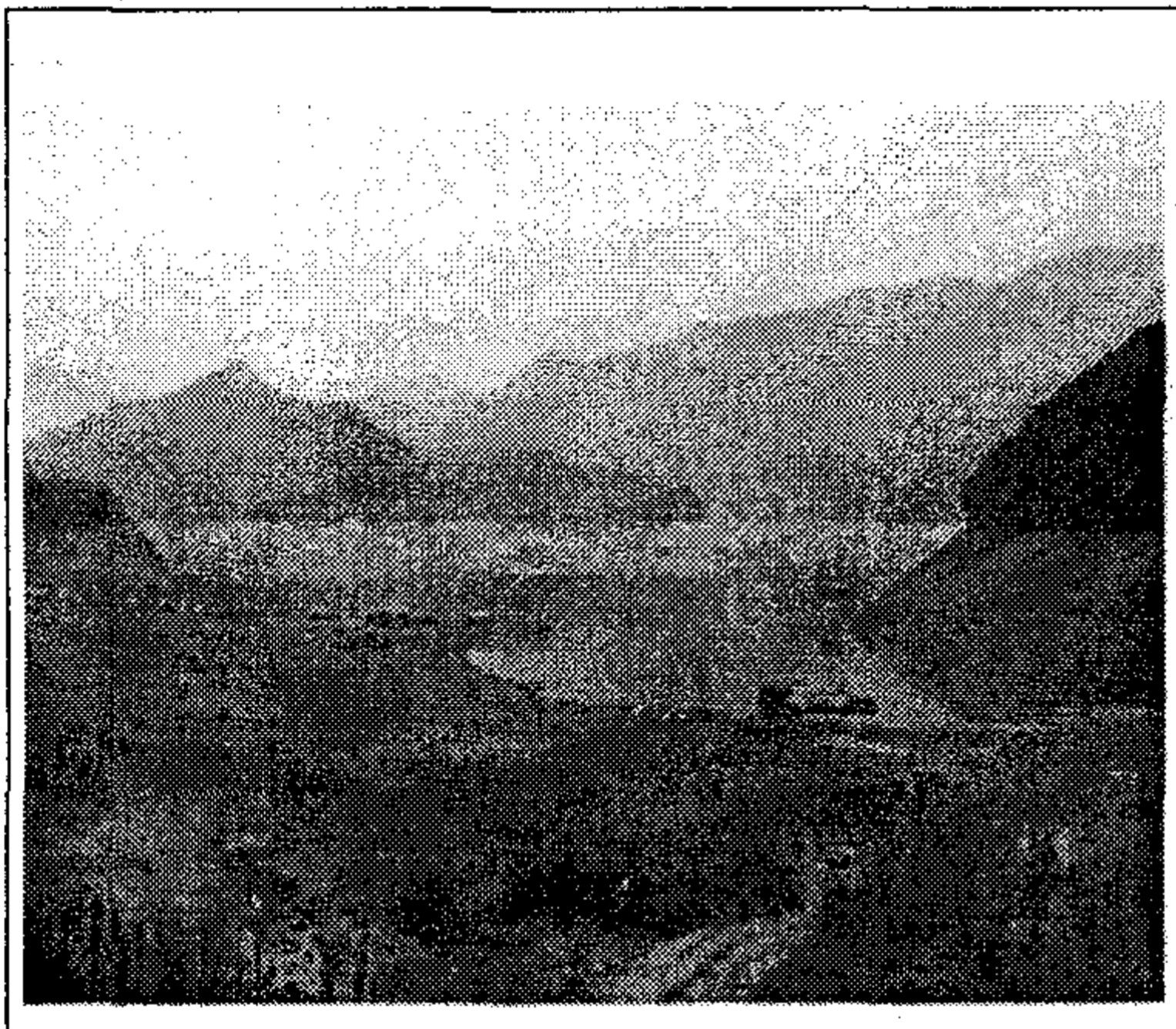
③ 미생물에 의한 수질정화효과(미생물 접촉여재 사용 가능)

- 미생물에 의한 정화효과는 미생물의 접촉여재에 의해 그 효과가 달라질 수 있으며 인공식물섬에서 미생물 접촉여재로는 수생식물의 뿌리, 식재용 매트 및 추가적으로 식생기반재 하단부에 미생물 접촉여재를 설치할 수 있다.
- 본 기술의 식재용 매트는 다공성 천연 식물성 코코넛 섬유로서 유사

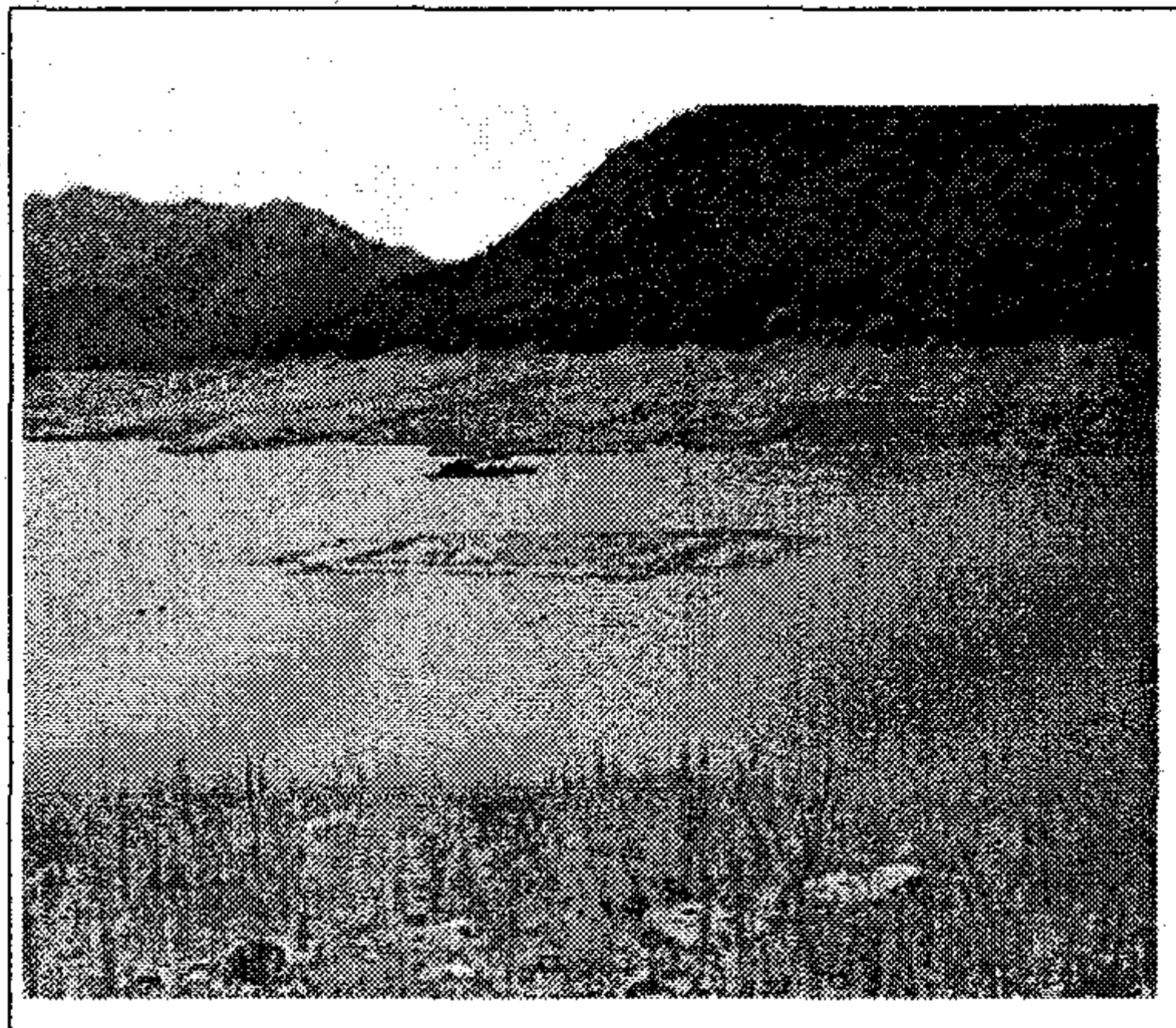
제품의 화학습, 부직포, PE섬유에 비해 무수히 많은 공극을 가지므로 미생물이 서식하기 좋은 환경을 제공하며 매트에 서식하는 미생물들에 의해 식물섬 내의 N, P농도가 주위의 수백배 ~ 수천배에 이르러 수생식물이 자라기 어려운 1급수에서도 식물의 안정적인 성장이 가능했다.

(6) 적용 전후 사례

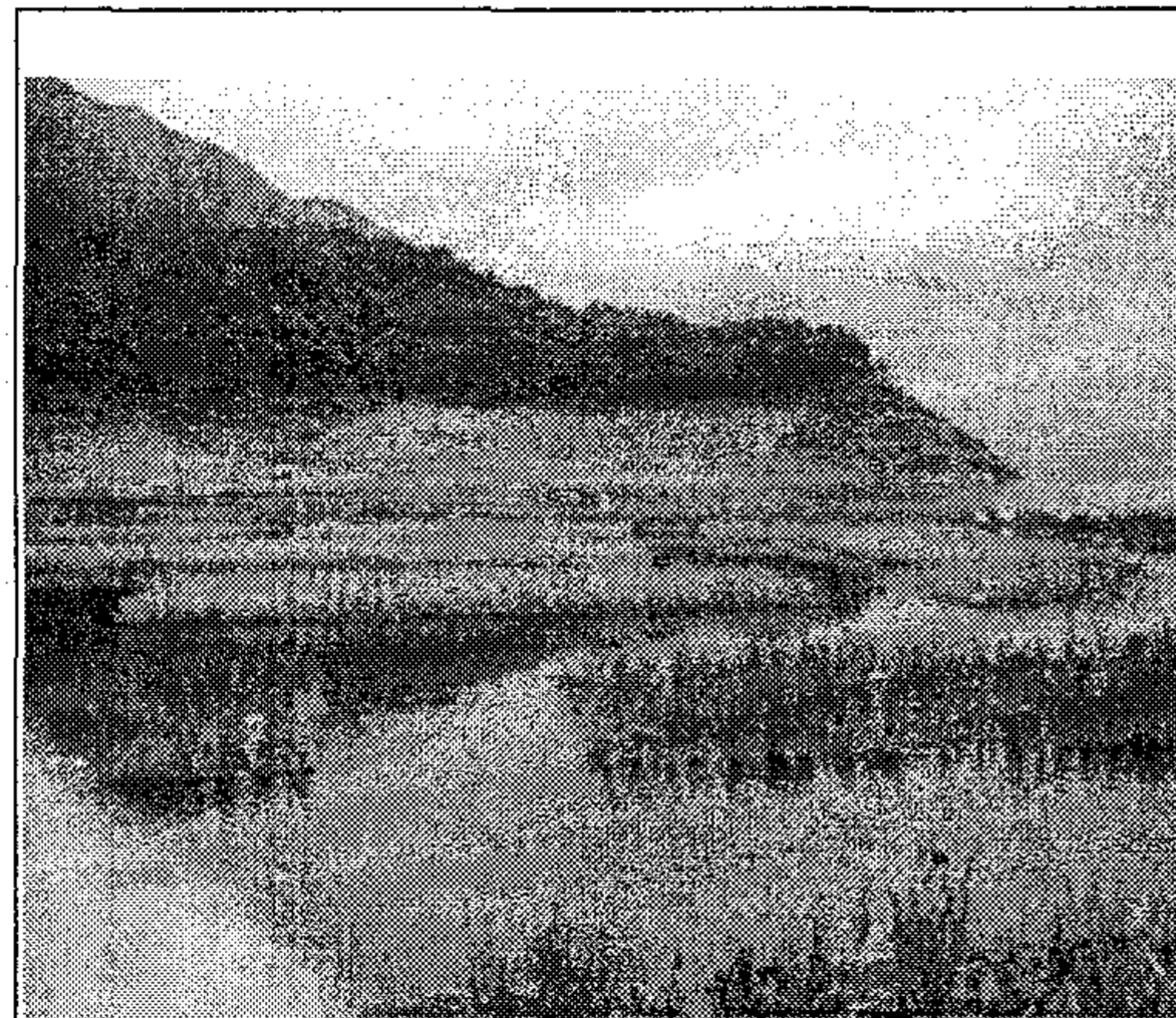
- 강원도 화천군 파로호 (태산리 지역)



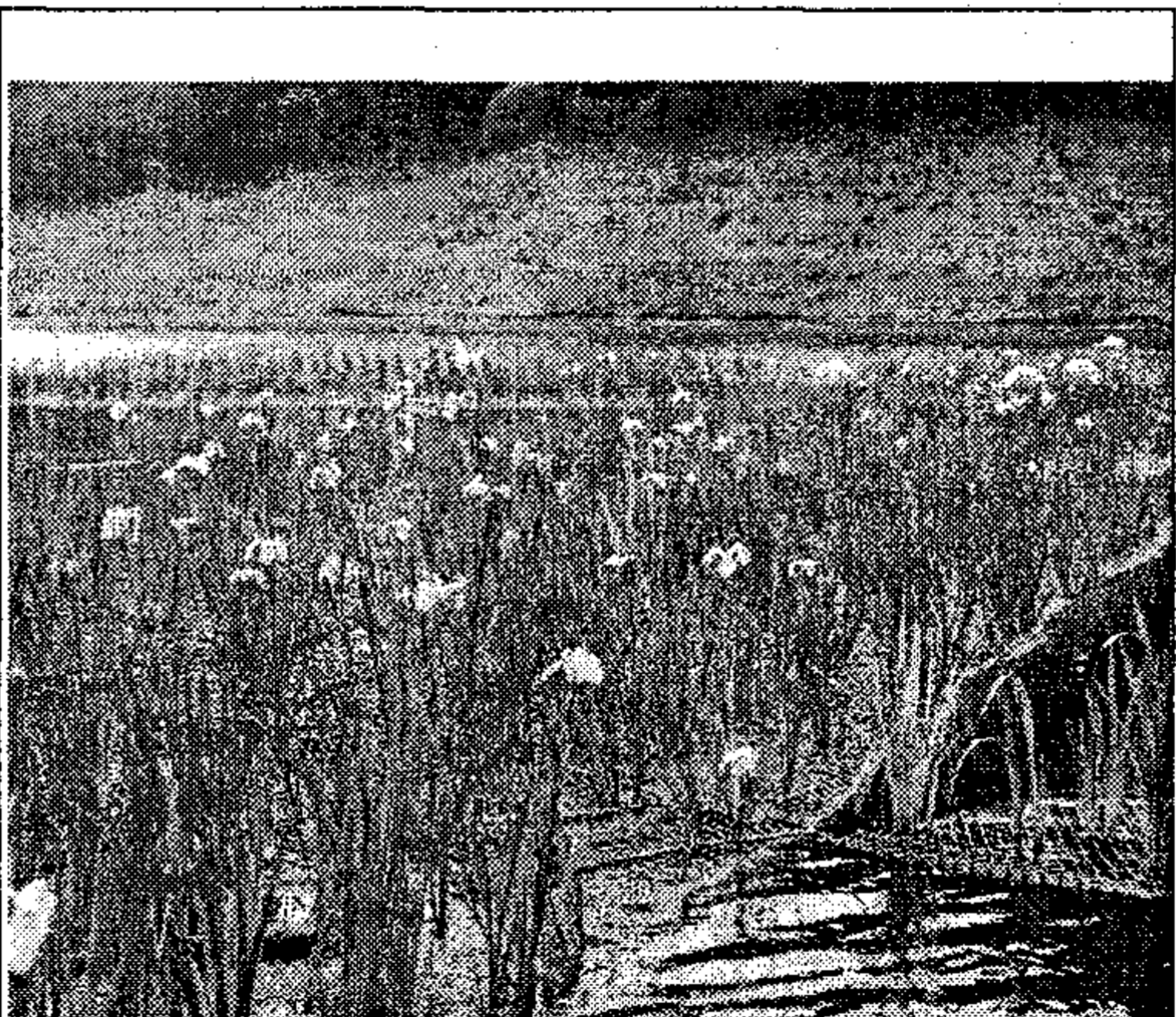
시공 전 전경(2003. 06)



시공 직후(2003.09)

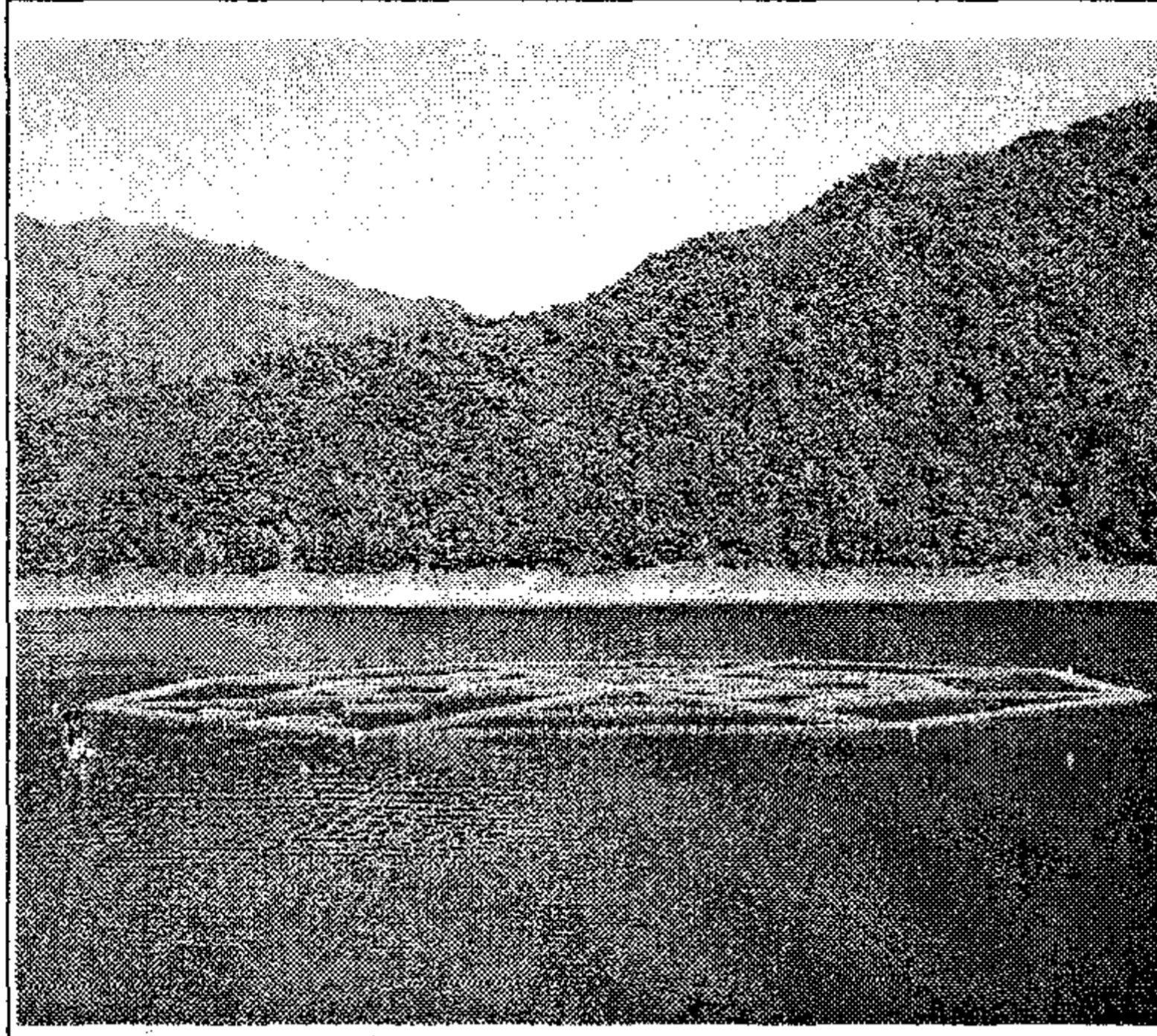


시공후 6개월(2004.04)

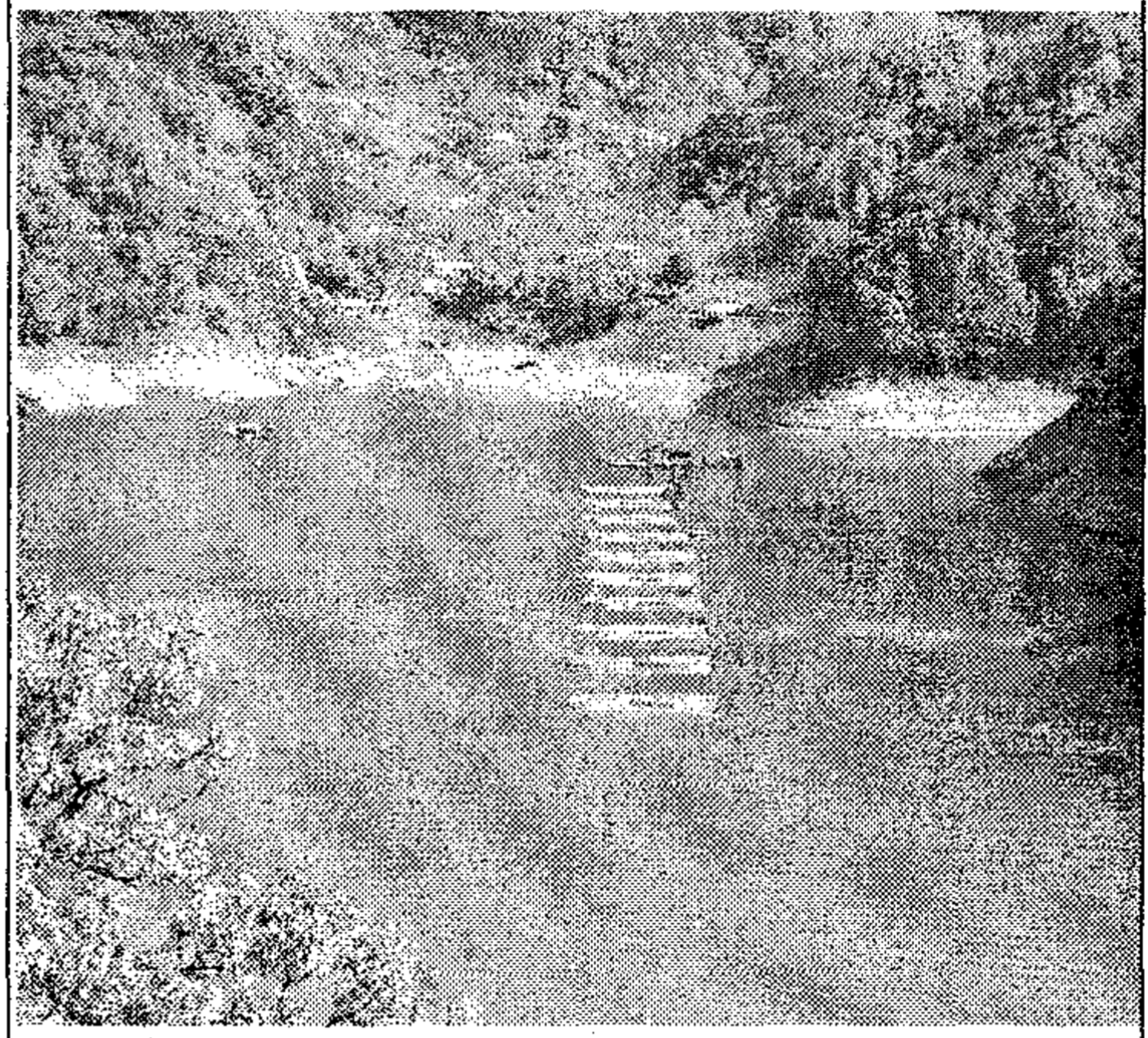


시공후 9개월(2004.07)

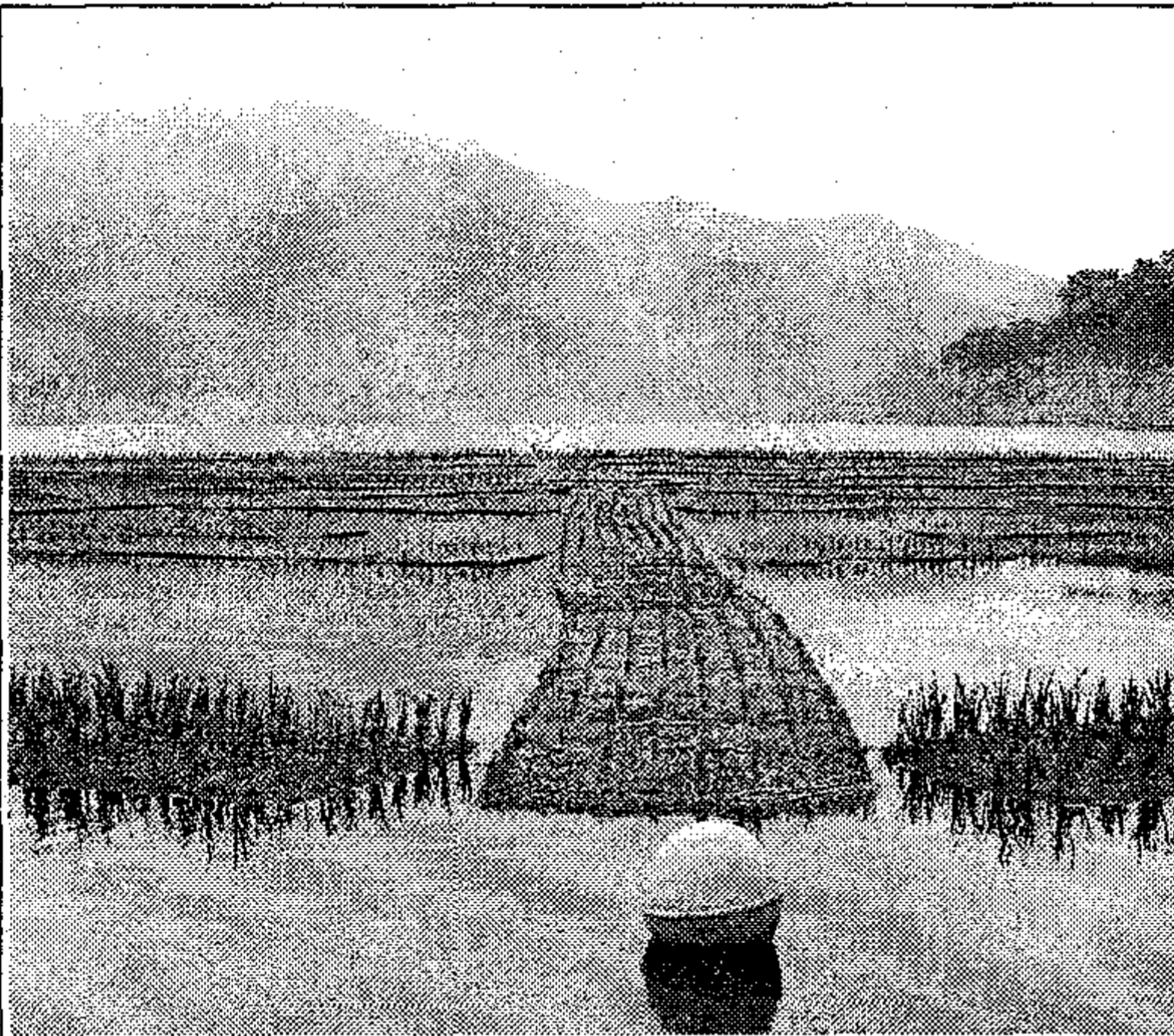
- 강원도 화천군 파로호 (동촌리 본동, 도송리 대추나무골)



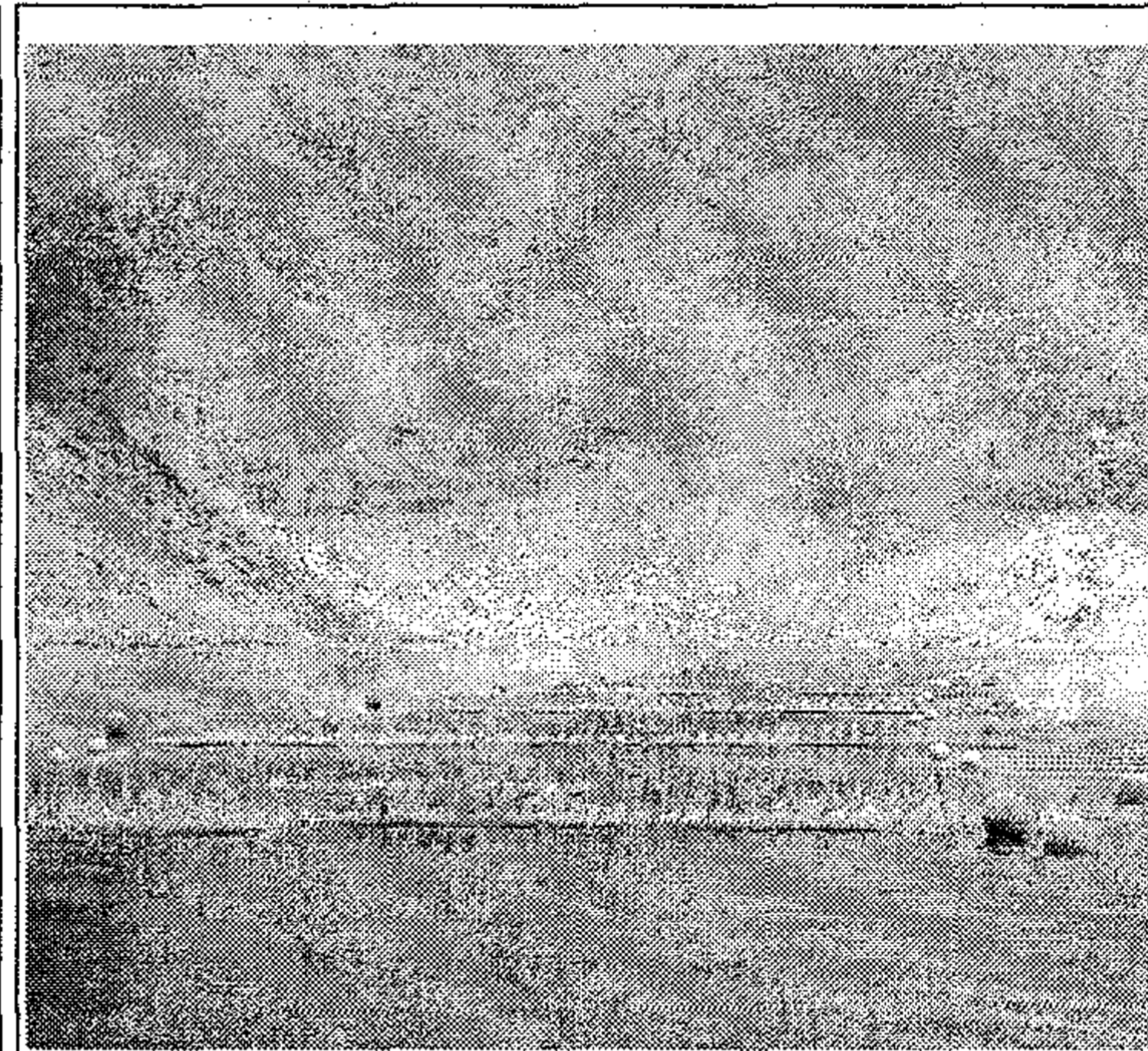
시공 직후(2004.10)



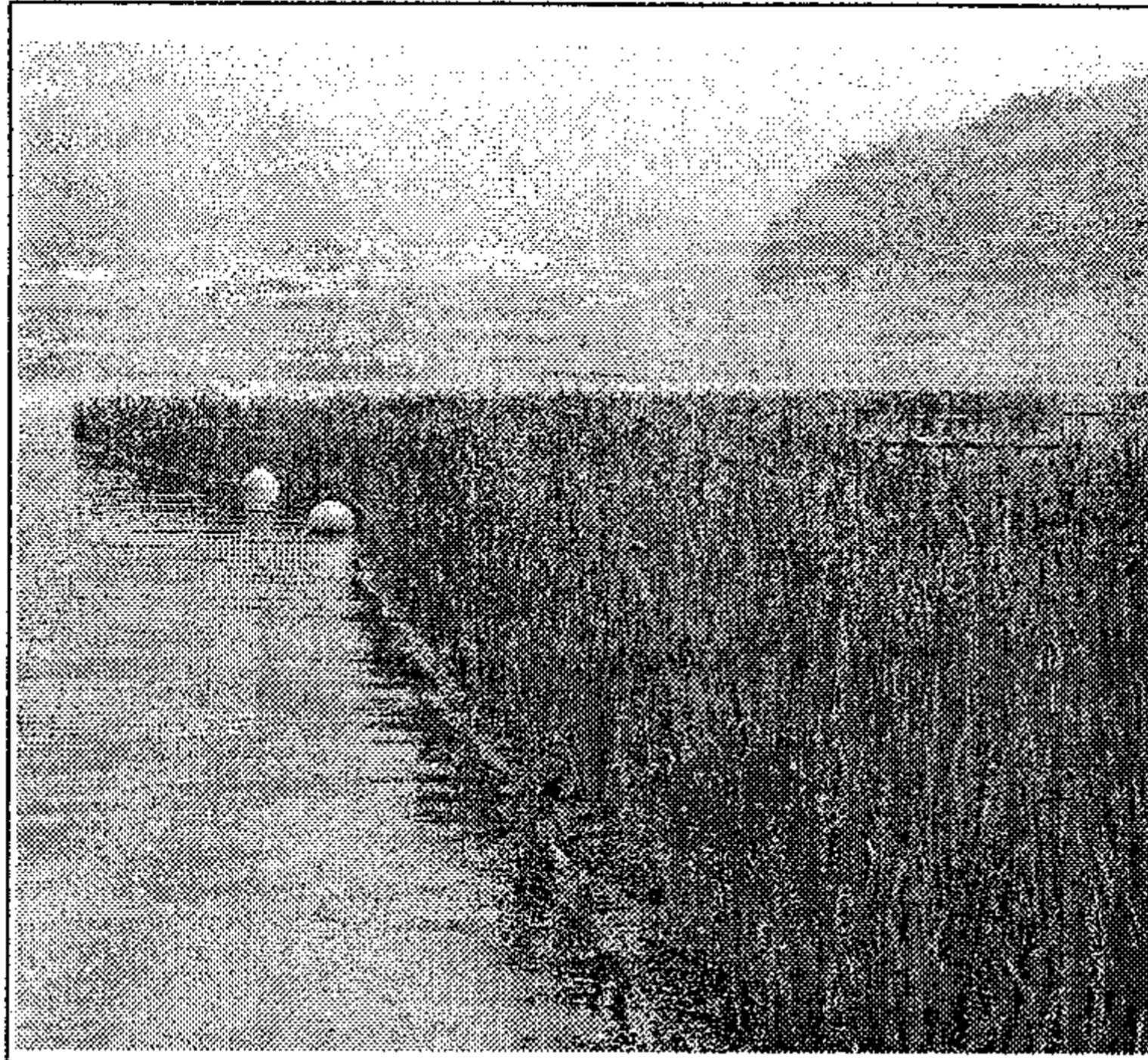
시공 직후(2004.10)



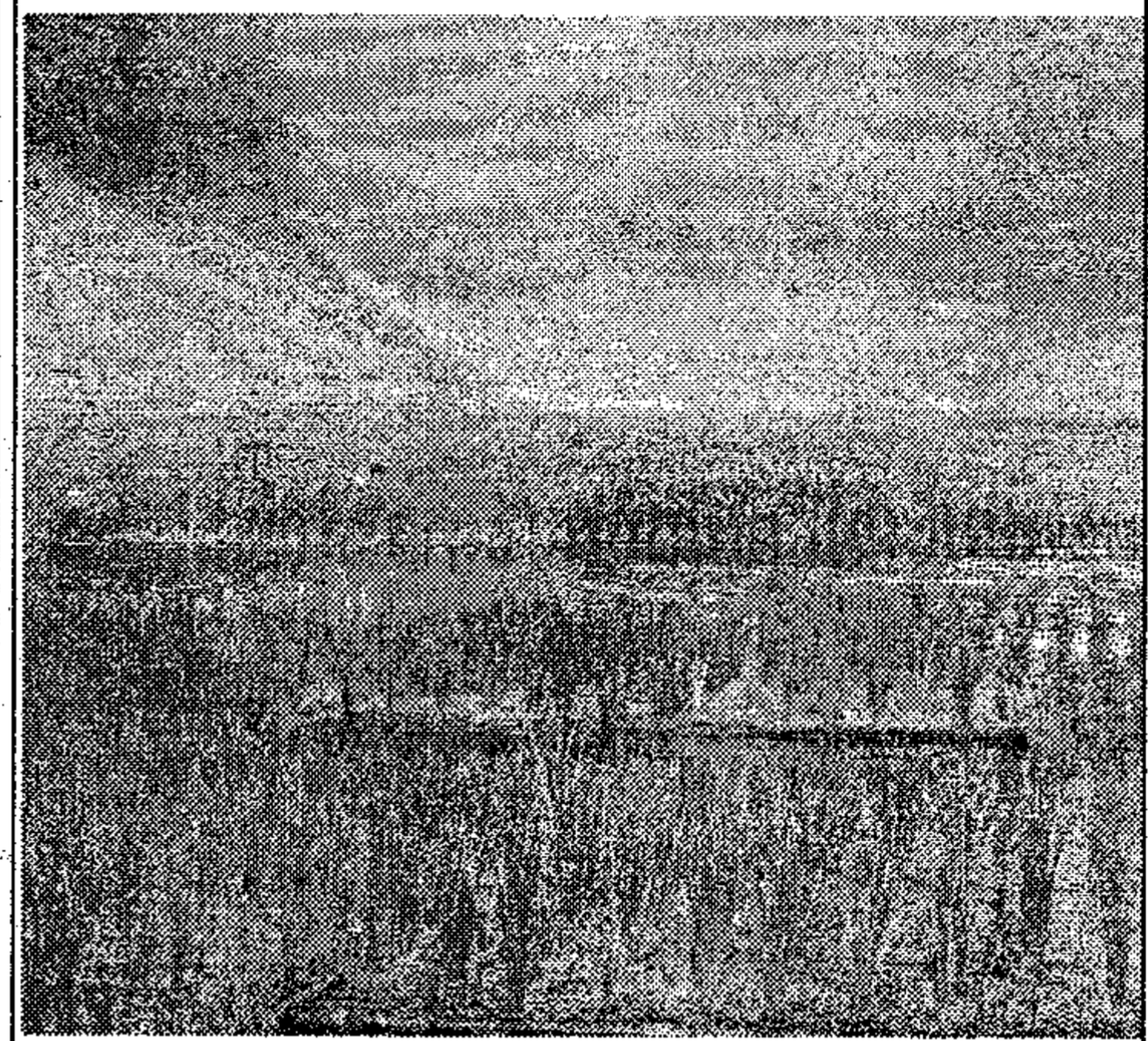
시공후 6개월(2005.04)



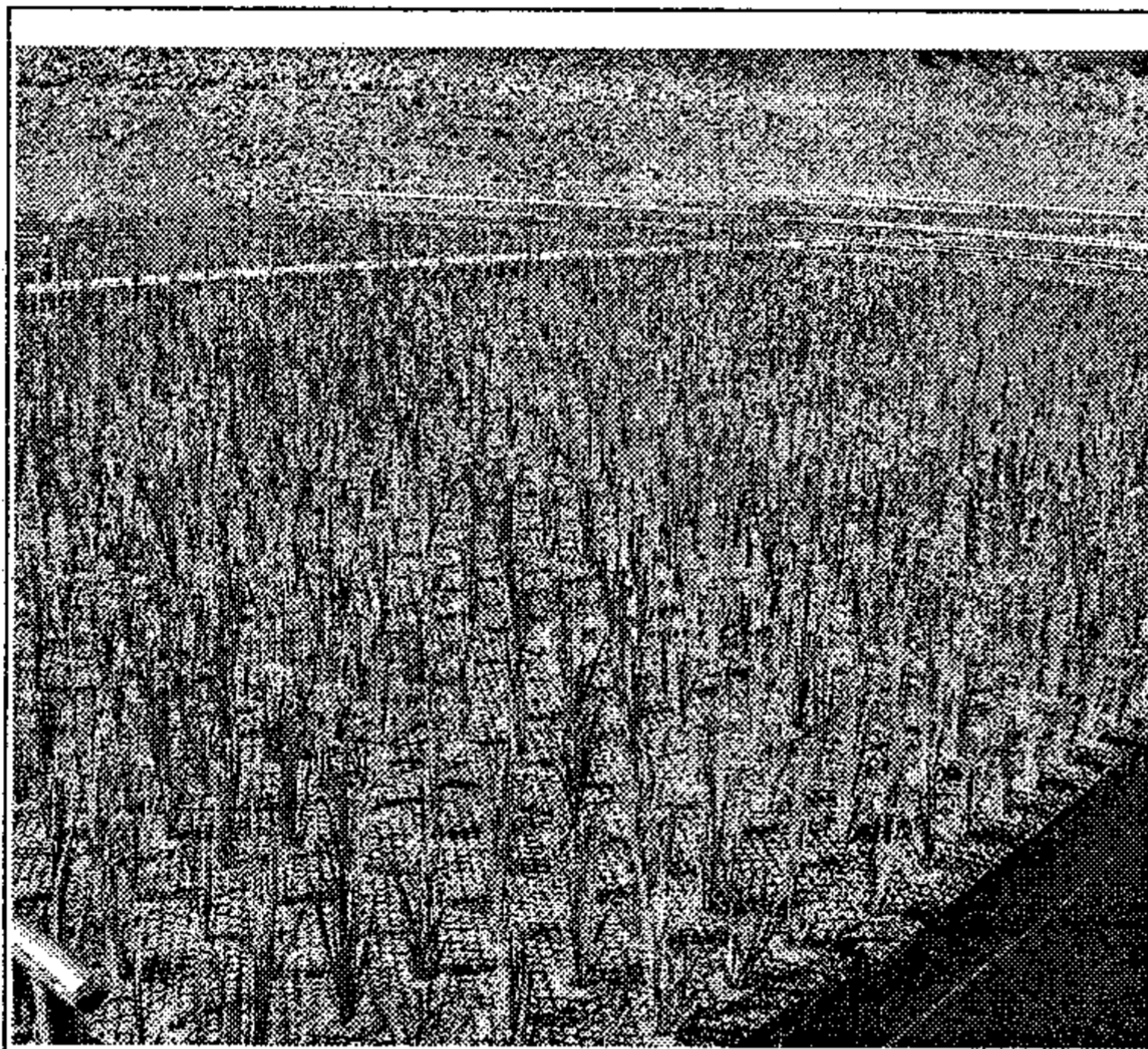
시공후 6개월(2005.04)



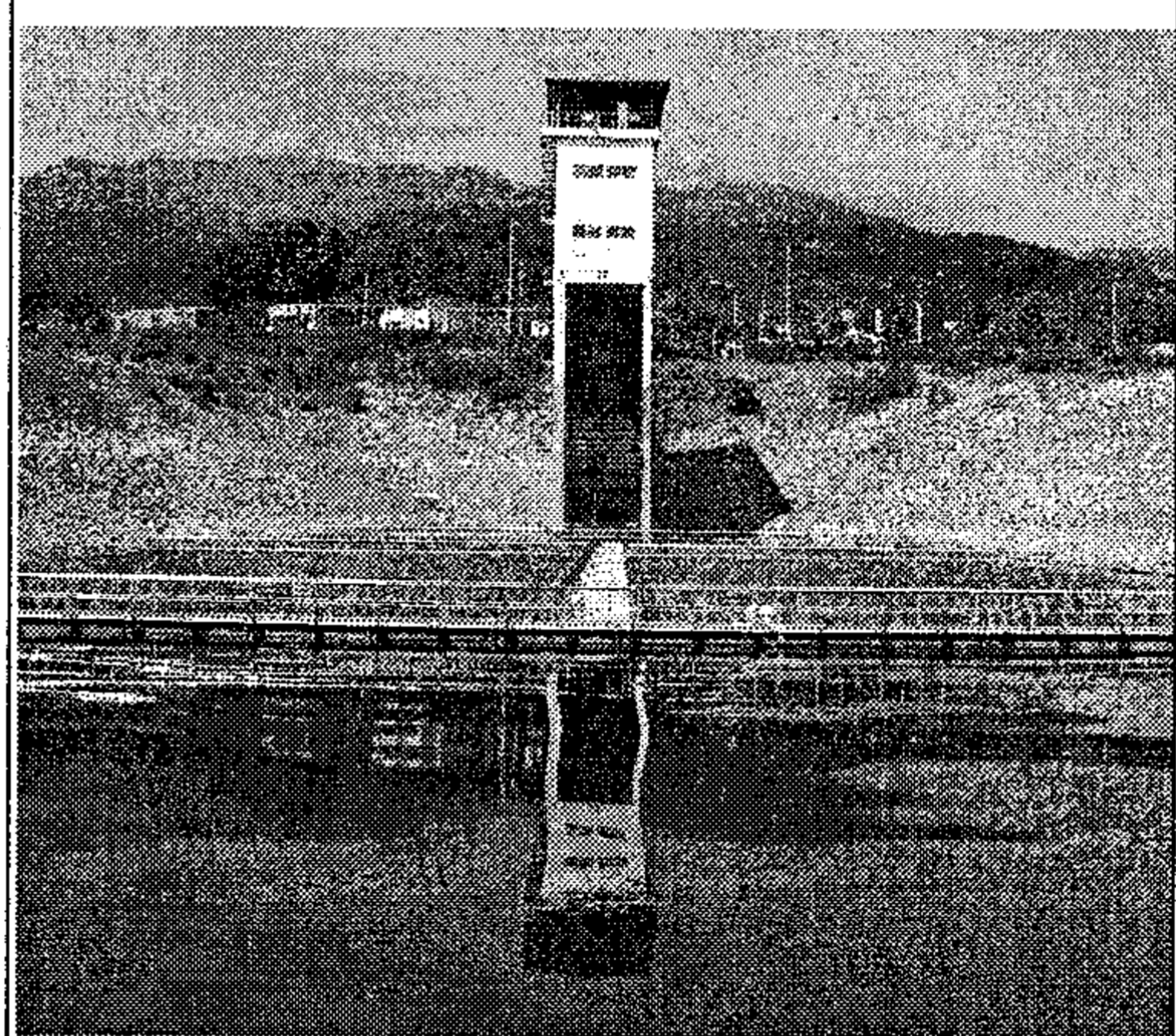
시공후 8개월(2005.06)



시공후 8개월(2005.06)



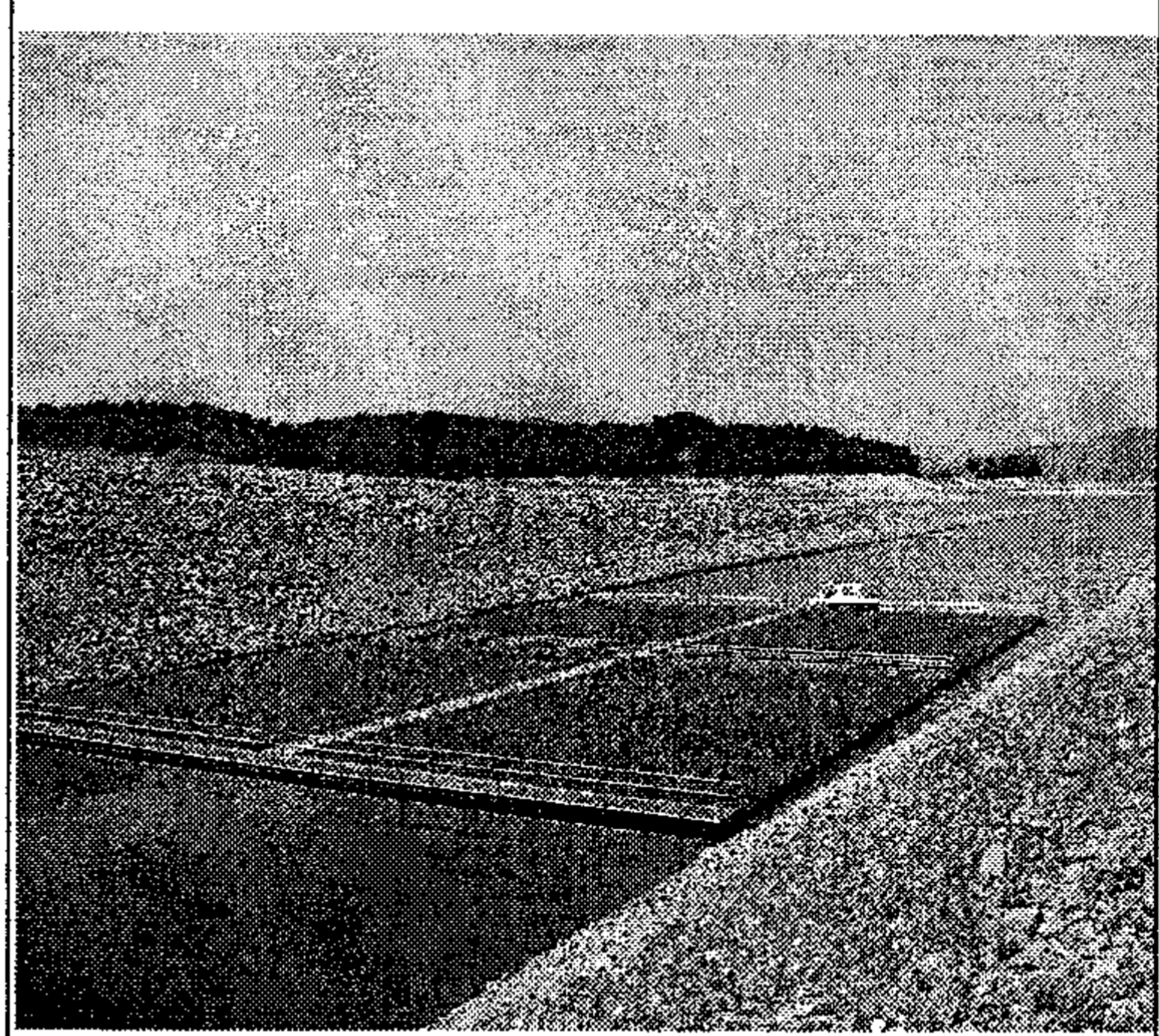
시공후 4개월(2005.05)



시공후 4개월(2005.05)



시공후 6개월(2005.06)



시공후 6개월(2005.06)

## 7. 제품개요

본 인공식물섬은 부체로 다공성 부력판(Cross linking Polyethylene Foam)과 다공성 HDPE(plastic 판) 망체를 사용하며, 식생기반재로는 천연 코코넛 섬유매트(FCM, RCM)를 사용하고 식생기반재에 수생식물을 식재하여, 정체수역에 새로운 생물서식공간을 제공하는 기술이다. 지속적인 연구와 다양한 시공경험을 바탕으로 생태계 복원과 수질개선의 효과를 극대화하기 위해 식물섬의 소재와 설치공법을 개선해 온 본 공법이 가지는 장점은 다음과 같다.

- 1) 부체와 식생기반재는 일체형으로 제작되어 견고하며, 판 형태의 부력재를 사용하여 부력이 식물섬 전체에 골고루 일정하게 작용하므로 구조적으로 안정하다.
- 2) 부력재와 식생기반재가 분리된 인공식물섬에 비해 부피가 작고 무게가 가벼워 시공이 간편하다.
- 3) 천연코코넛 섬유매트(FCM, RCM) 식생기반재는 코코넛 섬유에 고무를 3차원 입체구조로 결합시킨 자연친화적인 식생기반재로써, 식재된 수생식물이 완전히 활착할 때까지 인공토양으로서의 역할을 수행하며, 단단한 성형으로 복원력이 뛰어나고 변형이 거의 없으며, 수명이 반영

구적이다.

- 4) 천연코코넛 섬유매트(FCM, RCM)는 표면이 거칠고 공극이 많아 물과의 접촉면적이 넓으므로 식물체의 뿌리와 더불어 미생물 접촉재로서의 기능을 하여 수질정화효과가 커서 부유성고형물(Suspended Solids)을 흡착,여과 및 미생물, 동물플랑크톤, 무척추 동물, 어류 등의 산란장소 및 서식처 역할을 한다.
- 5) 본 인공식물섬은 소규모 unit의 결합으로 취급 및 설치가 용이하고 제품의 준비과정이 대부분 공장에서 이루어지므로 현장에서의 설치조건에 비교적 적은 영향을 받으며, 시공기간이 단축되는 효과가 있다.
- 6) 수생식물 식재시 비닐포트를 제거하고 흙과 함께 식재하며, 필요시 천연섬유 재질인 쥘트 포트를 사용하여 식재한다. 또한, 벼과식물의 줄기 및 뿌리발근을 이용한 뗏장 식재기술(특허 제 443210 호)을 적용하여 피도와 밀도가 포트 식재보다 월등히 높고 식재비용이 저렴한 시공이 가능하다.
- 7) 일반적으로 수생식물의 성장을 위해서는 어느 정도의 영양분이 필요하므로 수질이 좋은 곳에서는 식물의 성장이 좋지 않은 문제가 있다. 그러나 본 공법은 다양한 수질에 적용 가능한 인공식물섬 공법으로써, 식물의 성장에 필요한 영양분이 부족한 청정수역(1급수 지역) 등 오염도가 매우 낮은 수질에서부터 하수처리 유출수, 중수도 유출수, 오염도가 높은 우수지 등 오염도가 높은 수질까지 적용이 가능하다. 수질이 매우 좋은 지역에 설치사례로는 화천군 파로호, 오염도가 낮은 인공연못 등이 있으며, 하수처리장이나 우수지 등의 설치사례로는 무주하수종말처리장, 울산삼산배수 펌프장 우수지 등이 있다.

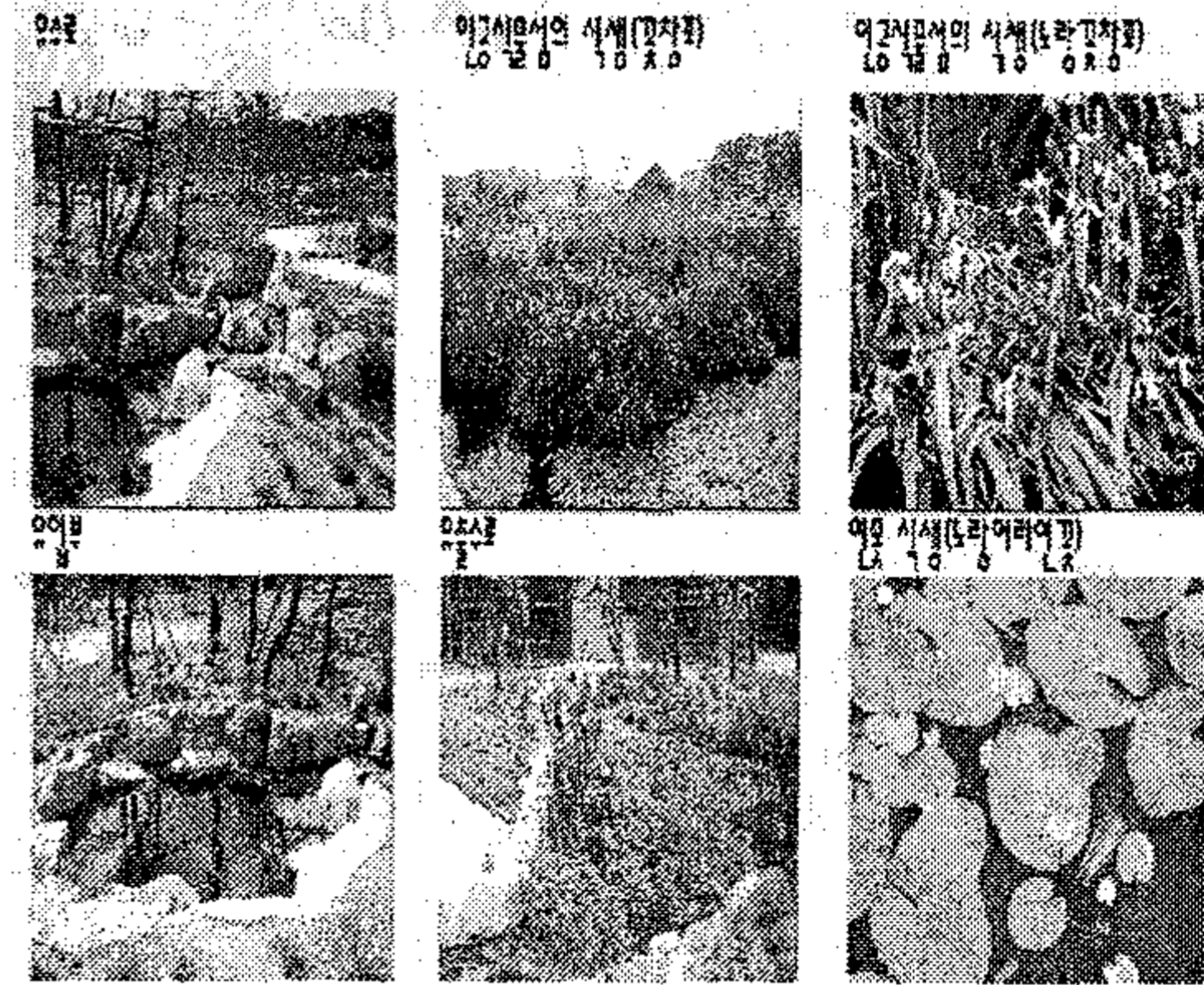
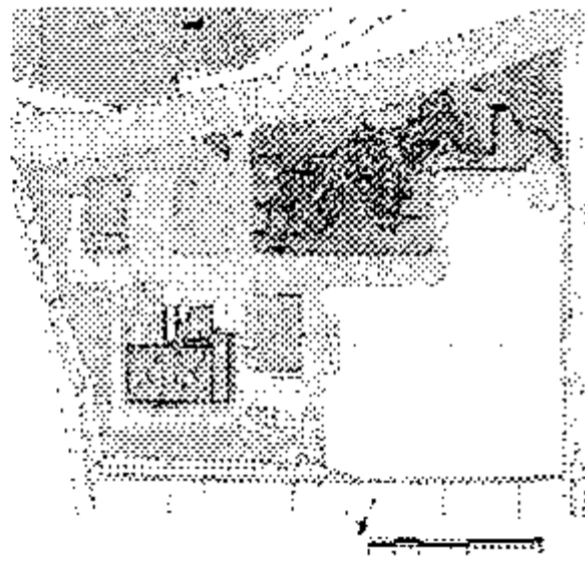


강원도 화천 파로호(태산리지역)



8) 적용사례

- ① 수처리 유출수를 유입수로 사용한 생태연못 조성 (인공식물섬을 이용한 생태연못)인공식물섬을 하수종말처리수의 고도처리에 적용한 사례로써, 혐오시설로 인식되던 하수종말처리장에 생태연못이 조성된 이후 주민들의 휴식공간으로 활용되고 있다.

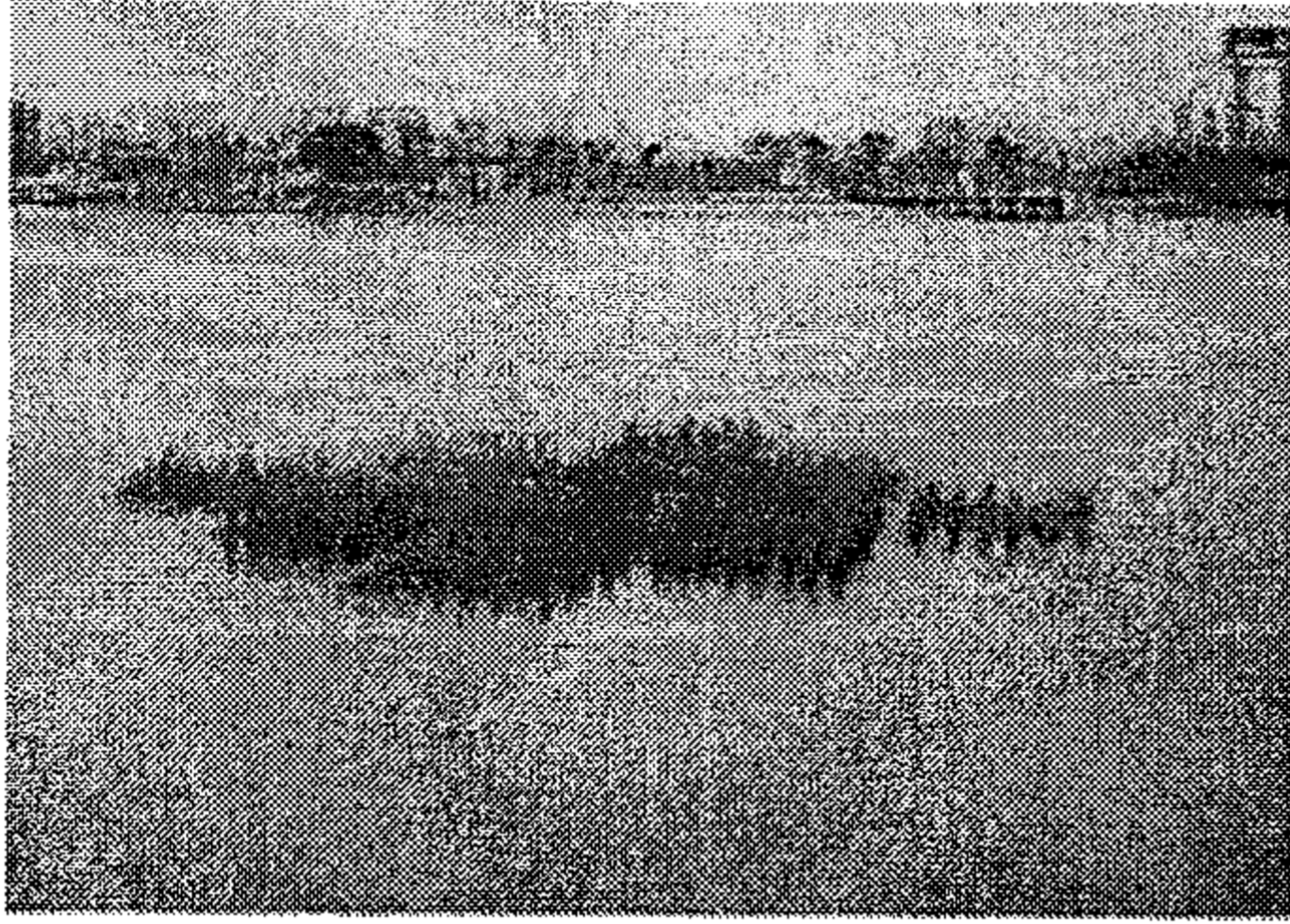


시 설 명 무주하수종말처리장 (18,360㎡),  
 고도처리 시설  
 -생태공학적 공법(1,141㎡)  
 위 치 전북 무주군 무주읍 당산리  
 일처리량 3,000 ton/day  
 주요공법 SBR 공법  
 유출수기준 (단위:mg/L이하)  
 BOD10 / SS10 / T-N20 / T-P2  
 방류수역 금강 남대천

무주하수종말처리장 모식도 및 부분별 모습

- ② 중수도 유출수를 유입수로 사용한 인공호수 조성 ③ 유수지 인공식물섬 설치

(관로의 오점, 우수와 하수가 함께 유입됨)



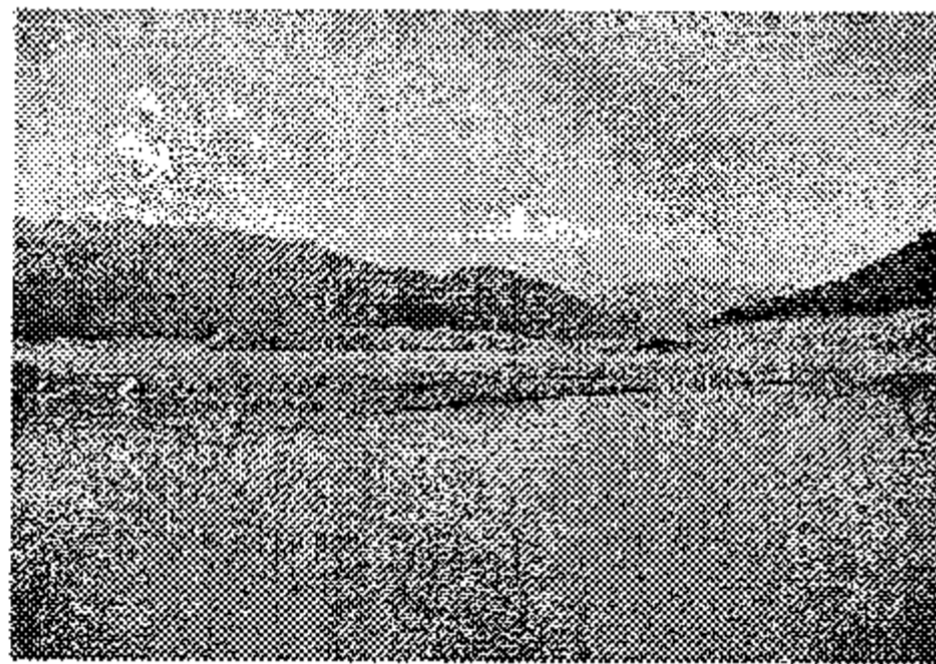
부천상동호수공원



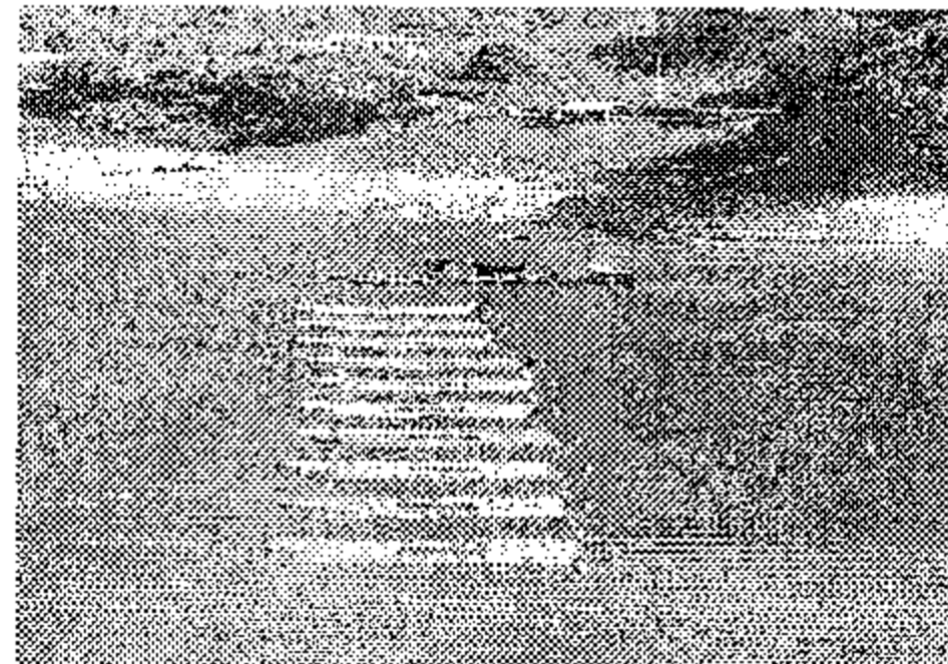
울산광역시 삼산배수펌프장 내  
인공식물섬

④ 댐호(1급수) 인공식물섬 (대규모 인공식물섬 설치)

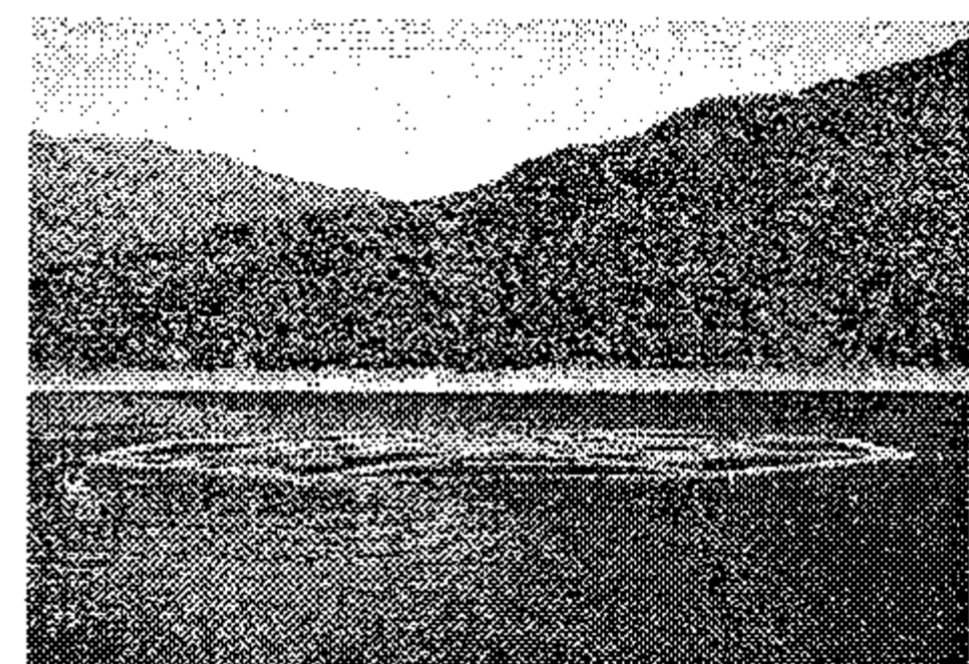
강원도 화천군 파로호(2003년 1,700m<sup>2</sup>, 2004년 3,400m<sup>2</sup>)



태산리지역



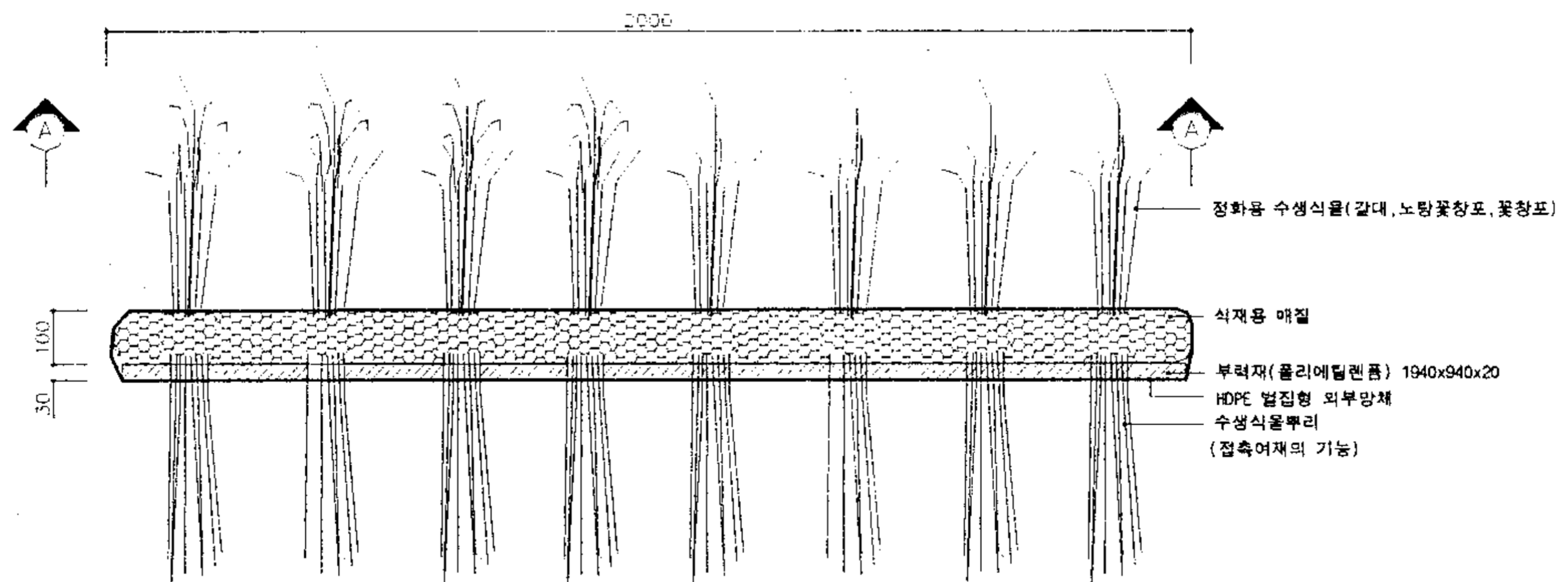
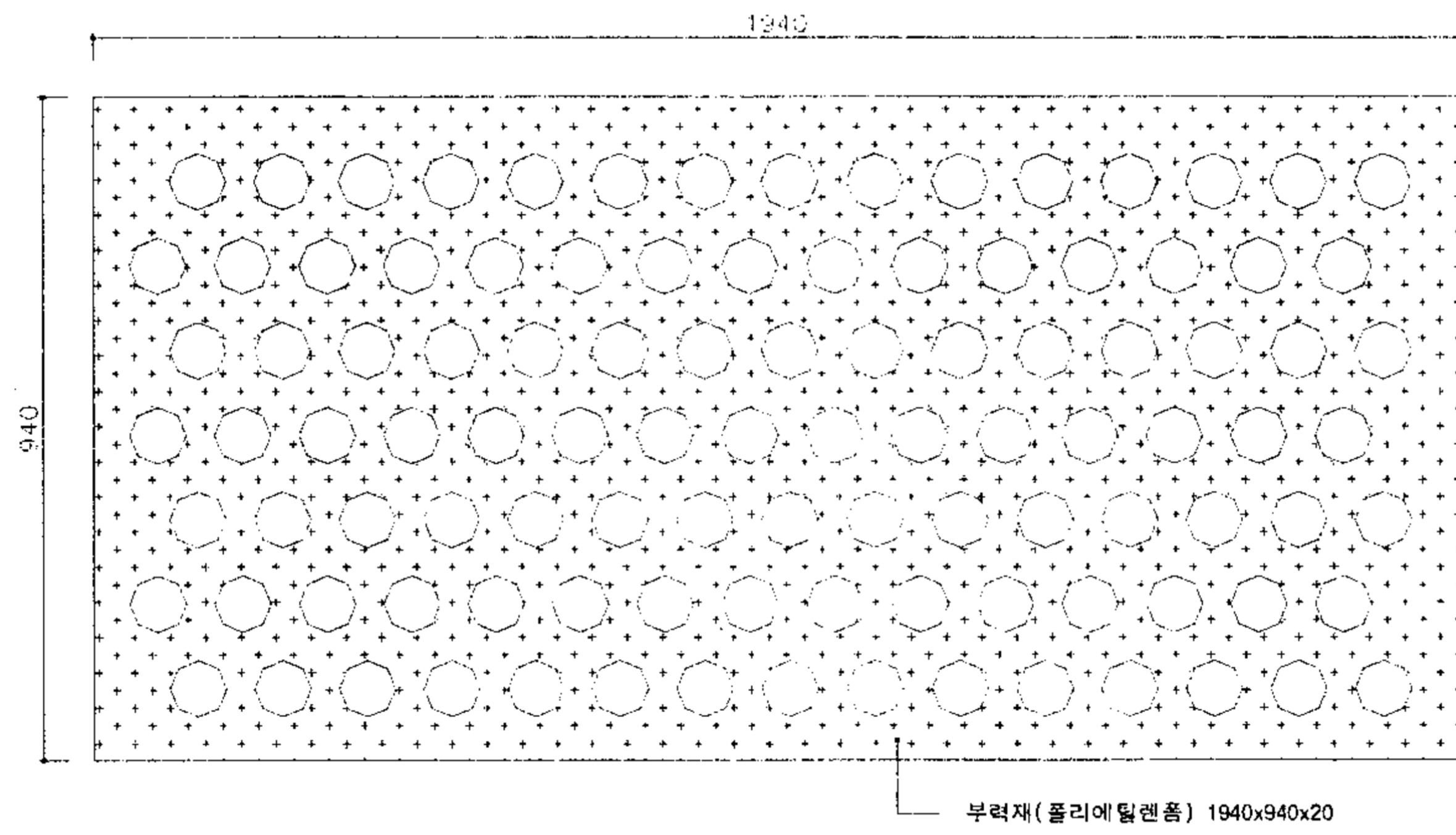
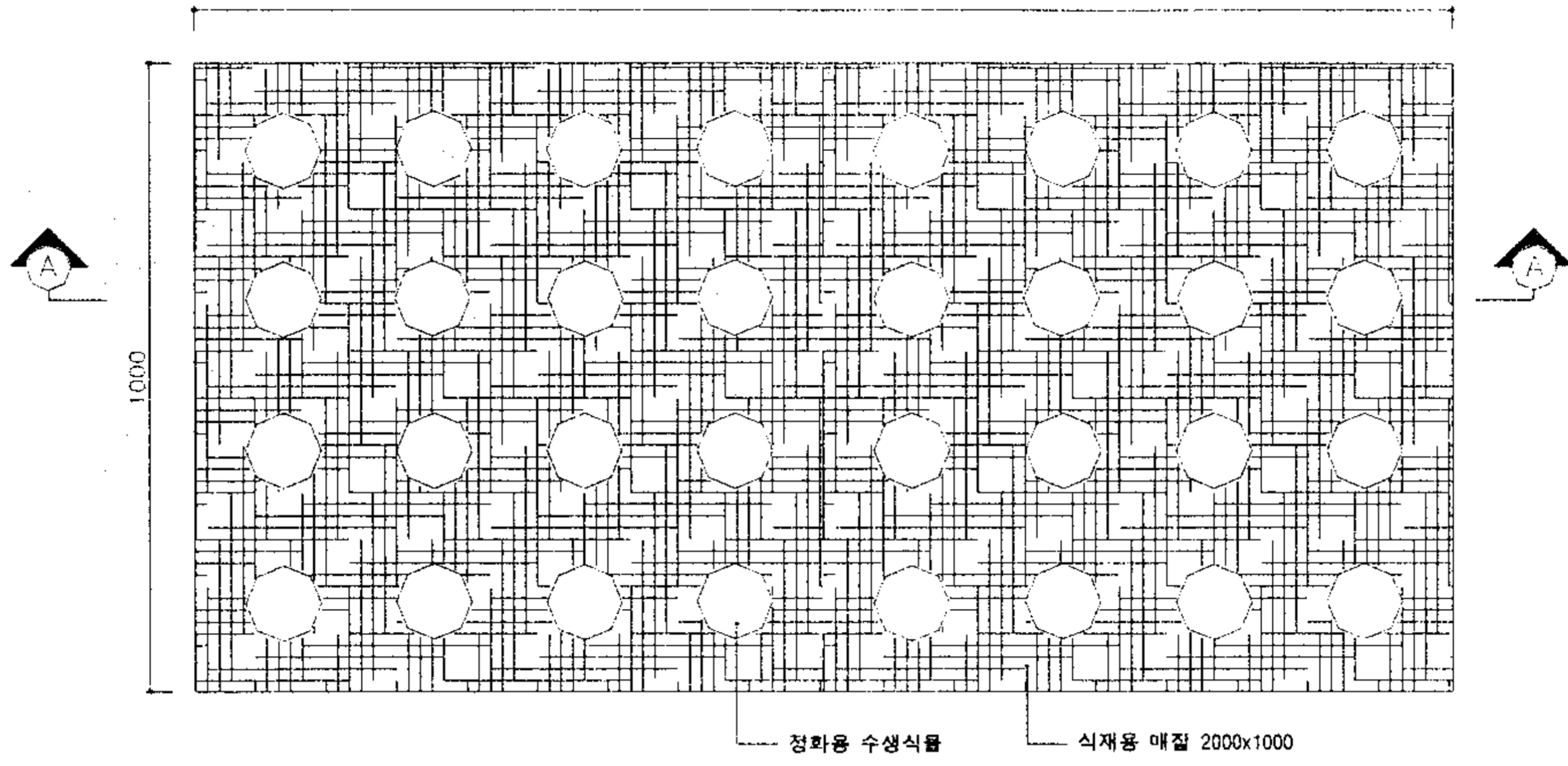
도송리 대추나무골 지역



동촌리 지역

8. 제품규격

인공식물섬의 규격은 적용대상지역에 따라 다양하게 제작이 가능하며, 기본단위 규격으로 1×1, 2×1, 2×2, 2×4 등 다양한 크기가 가능하며, 2×1 크기의 단위 인공식물섬을 다음 그림에 나타내었다.



## 9. 설계방법

본 인공식물섬의 일위대가는 다음과 같다.

공종	규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
제1호표	인공식물섬 아썸 IIR설치	1	개									건설신 기술 360호
인공식물섬	1m <sup>2</sup>	1	개	200,000	200,000						200,000	
작업반장		0.1	인			70,235	7,023				7,023	
특별인부		0.1	인			66,422	6,642				6,642	
보통인부		0.2	인			52,585	10,517				10,517	
계					200,000		24,182				224,182	
제2호표	수중계류장 치(소형)	1	개소									
고정닻	소형	1	개	30,000	30,000						30,000	
STS와이어로프	3mm	20	M	683	13,660						13,660	
STS클립볼트	3mm	12	개	800	9,600						9,600	
작업반장		0.2	인			70,235	14,047				14,047	
특별인부		0.3	인			66,422	19,926				19,926	
보통인부		0.5	인			52,585	26,292				26,292	
계					53,260		60,265				113,525	

## 10. 시공방법

### 1) 개요

- (1) 본 현장적용 시방서 및 유지관리 지침은 호소, 우수지 등의 정체수역에 설치하는 인공식물섬의 설치공사에 적용한다.
- (2) 본 인공식물섬 공법은 건설신기술 제360호의 공법을 적용한다.

### 2) 재료

#### (1) 식생기반재

- ① 부력재는 가교결합 폴리에틸렌폼(Cross linking Polyethylene Foam), 발포성 폴리스틸렌 재질을 사용하여 제작한다.
- ② 평판형 가교결합 폴리에틸렌폼 부력재 unit의 규격은 20배 발포 배율

의 가교결합 폴리에틸렌폼으로서 사용 시 가로× 세로는 1.94× 0.94m(± 0.05m)로 제작하며 두께는 0.02m(± 0.002)로 제작한다.

- ③ 막대형 발포성 폴리스틸렌의 규격은 폭 4cm,높이 3cm이며, 길이는 필요에따라 적당하게 절단한다.
- ④ 평판형 가교결합 폴리에틸렌폼 부체 unit에 필요한 경우 적정 개수의 구멍을 뚫어 수생식물의 뿌리가 수중으로 잘 뻗어 나갈 수 있도록 한다(천공의 예: 직경 4cm의 구멍 172개/m<sup>2</sup>).
- ⑤ 식재용 매질은 코코넛 섬유를 사용하며 규격은 가로× 세로는 2× 1m(± 0.05m)로 제작하며 두께는 0.08m(± 0.016)로 제작한다.
- ⑥ 식재용 매질은 식물의 식재를 위해 1m<sup>2</sup>당 12~16개의 구멍을 뚫는다.
- ⑦ 식생기반재는 평판형 가교결합 폴리에틸렌폼 부력재 위에 천연고무를 함침시킨 코코넛 섬유 재질의 매질을 얹고 전체를 HDPE(High Density PolyEthylene) 망체로 감싼 후 봉합하여 제작한다.

## (2) 식재용 매질(Coир mat, 식재용 매트)

- ① 식재용 매질(Coир mat)속에 100% 코코넛화이버(coconut fiber)를 채운 것으로 작업의 편리성을 도모하기 위하여 1.0× 1.0× 두께 0.07~0.1m로 제작한다.
- ② 식재용 매질은 다층구조로 이루어진다. 생태복원용 블랑켓과 야자섬유 네트, 야자섬유 fiber로 현장에 맞게 제작하여야 한다.
- ③ 식재용 매질을 사용하여 흙과 fiber의 유실을 막아준다.
- ④ 천연소재를 사용하여 식물이 활착한 후에도 자체부력에 의한 식물섬이 조성된다.
- ⑤ 식재수종 및 성장속도와 상관없이 매트의 규격은 1.0× 1.0m로 한다.
- ⑥ 테두리의 울이 풀리지 않도록 녹화끈 또는 코이어로프로 결속한다.

## (3) 식재용기(Jute Pot)

- ① 식물의 초기활착을 위한 황마포트의 규격은 식물의 크기에 따라 Ø 0.12~0.168m이다.
- ② Pot는 부패과정에서 수질과 식물의 생육에 영향을 미치지 않는 천연재료인 황마를 사용한다.
- ③ 수생식물을 1차적으로 황마포트에 식재한 후 식재망에 정식하므로 주의하지 않으면 죽을 수도 있다.

(4) 식재수종

- ① 식재수종은 창포류, 갈대, 부들 등 감독관과 협의한 후 설치 목적 및 현장특성에 맞는 수종을 선정하되, 지정된 규격에 맞아야 하며, 줄기, 잎, 꽃눈의 발달이 양호하며, 병충해의 피해가 없어야 한다(표 14).

표 14. 인공식물섬 식재수종 선정기준

단위: g/m<sup>2</sup>/日

수종명	정화가 가능한 오염물질					흡수능력	영양염류제거능력	수집능력	운반성	재활용성	내한성	내공해성	맹아력	구입난이도
	N	P	K	Ca	Mg									
꽃 창 포						○	○	△	△	△	○	○	○	○
애기부들	1.413	0.0248	1.3255	0.3157	0.2302	○	○	△	○	○	○	○	○	○
갈 대 류	2.796	0.0425	1.6982	0.1127	0.1443	○	○	△	△	△	○	○	○	○
줄	1.9011	0.0384	1.1455	0.0935	0.0834	○	○	△	△	△	○	○	○	○
달뿌리풀						○	△	△	△	△	○	○	○	△
물 억 새						○	○	△	△	△	○	○	○	△
부레옥잠화	1.3557	0.286				△	○	○	×	○	×	○	○	△
좁개구리밥	0.243	0.0627				△	○	○	×	○	△	○	○	○
마 름 류	0.150					△	△	×	×	△	△	○	○	○
미 나 리	0.734	0.0925				○	○	○	△	△	○	○	○	○
연 꽃						△	△	×	△	△	×	○	○	△
검 정 말						△	△	×	×	△	△	○	○	△

자료출처: 팔당호 수질관리 특별대책 수립을 위한 오염 저감기술, 국립환경연구원 수생식물에 의한 수질개선기법 연구(II), 농어촌진흥공사

- ② 바람과 높이, 잎의 폭과 넓이 등을 고려하여 식재순서를 정하고, 식재 밀도는 12~16본/m<sup>2</sup>으로 한다.
- ③ 식물의 규격은 3치 Pot 또는 2~3분얼을 사용한다.
- ④ 식재수종은 수질정화 능력이 검증된 것 중에서 현장여건과 설치목적에 맞는 수종을 선택한다. 경관적인 측면을 우선으로 할 경우에는 창포류를 식재하고, 생태적인 측면을 고려할 경우에는 갈대, 창포류, 부들 등

을 식재한다.

#### (5) 고정 및 계류장치

- ① 고정시설은 수중고정장치를 사용하며, 필요시 육상곡주(Bollard), Rope 등으로 설치한다.
- ② 고정 및 계류장치는 식물섬을 수면의 일정부위에 고정하기 위해 식물섬과 고정장치간을 연결하는 것으로 사용재료는 식물섬의 크기와 수심 등 작업여건에 따라 연결와이어로프(1~9 mm), PP Rope, 닻(강철, 콘크리트, 벽돌, H빔 등), 육상곡주, 클립볼트 등을 사용한다.
- ③ 고정 및 계류장치는 중요한 부분이므로 납품 시 감독관에게 자세히 설명하여야 한다.
- ④ 현장조사를 통하여 고정 및 계류장치 방법과 재료를 선정된 후 시공한다.
- ⑤ 콘크리트 및 레미콘 등을 사용하여 고정시설을 제작할 경우 규격은 다음과 같다.
  - a. 콘크리트: 설계기준 강도-180kg/cm<sup>2</sup>, 슬럼프-12cm
  - b. 레미콘: KS F 4009의 규정에 규정된 것을 사용한다.
- ⑥ 설치지점별 수위변동을 고려하여 로프의 길이를 적정수준으로 계산하여 수중 또는 육상곡주 등의 체결부분에 연결한다.

#### (6) 안전시설

- ① 현장 조건에 따라 인공식물섬의 구조적인 안전과 파손을 방지하기 위하여 안전시설을 설치한다. 그러나 인공적으로 조성된 소규모 연못에서는 별도의 안전시설이 필요치 않다.
- ② 대상지에 부유쓰레기가 유입될 가능성이 있거나, 파랑의 영향이 클 경우 안전시설의 설치를 적극 검토하여야 한다.
- ③ 인공식물섬은 주변환경의 영향을 많이 받으므로 발주처는 식물섬 주변에 부유물을 차단할 수 있는 안전장치인 부유물 방지막, 조류 보호망(활착기간만 사용) 등을 추가로 설치하여야 한다.

#### (7) 부대시설

- ① 공사를 위한 부대시설(작업선, 부표 등)은 발주처와 협의한 후 기증 할

수 있다.

② 부대시설중 타 현장에서도 사용하는 시설(고무보트 등)은 별도로 구매하여야 한다.

③ 부대시설의 종류와 수량은 현장에 맞게 사용한다.

### 3) 시공

#### (1) 재료의 구비조건

① 시공하는 주변의 환경과 조화가 원활히 이루어질 수 있는 천연재료여야 한다.

② 식물섬 원래의 목적에 맞는 조건 즉, 식물의 활착이 용이한 것을 사용한다.

③ 재료는 KS 또는 ISO 인증업체의 제품을 사용하여야 한다. 그러나 주문제작의 경우 발주처와 협의 후 사용한다.

#### (2) 재료의 검수

① 사전검사와 반입 후 검사로 구분한다.

② 감독관과 협의를 하여 검사방법을 정한다.

③ 건설교통부에서 발행한 조경공사 표준시방서에 준하여 적용한다.

#### (3) 설치 시공

① 인공식물섬의 제작 및 설치기간은 발주처가 정하며, 장마철을 고려하여야 한다.

② 식생기반재, 보강틀, 고정장치 등(식재공사 제외)의 시공이 장마철과 상관없이 진행이 이루어지려면 발주처 및 기타 관련기관의 협조를 필요로 한다.

③ 식물의 생장시기를 고려하여 식재한다.

④ 보강틀, 고정장치의 설치작업, 식생기반재의 연결은 선박(고무보트, 모터보트, 뗏목 또는 바지선) 또는 이와 유사한 장치를 이용하여 운반 및 설치작업을 하며, 이때 안전을 최우선으로 한다.

⑤ 수생식물의 식재는 운반선 또는 설치부지에서 이루어지며 식물의 생장에 영향을 주지 않아야 한다.

⑥ 부체간의 연결은 보다 큰 면적의 부유틀을 만드는데 중요하므로 단단



히 결속하여야 한다.

- ⑦ 고정장치에 부유틀 또는 식생기반재를 고정할 때는 장마철의 수위변동 등을 고려하여 여유를 두고 고정한다.
- ⑧ 식물섬 설치시 육상과 연결되는 보조 라인을 사용하여 식물섬의 위치를 고정시켜 설계 목표 위치에 설치한 후 계류장치의 시공이 끝나면 보조라인을 제거하는 방법을 사용한다.
- ⑨ 설치된 형태를 유지하기 위하여 기본적인 축과 형태를 고려하여 잡아주어야 한다.
- ⑩ 시공상의 안전과 작업의 효율성을 고려하여 보식작업 및 계류장치의 연결작업을 제외한 대부분의 작업은 육상이나, 수심이 낮은 지역에서 해야 한다.
- ⑪ 모든 공정은 감독관과 협의를 득하거나, 현장에서 지시를 받은 후 시공하는 것을 원칙으로 한다.
- ⑫ 기타 작업에 있어 필요한 사항은 감독관과 협의를 득한 후 시공한다.

#### (4) 시공순서

수생식물 및 인공식물섬 운반·하차→수생식물 비닐포트 제거→황마포트에 수생식물 이식→인공식물섬에 고정되어 있는 식재용 매질을 가위로 +자로 만들기→+자로 된 구멍에 수생식물 식재→인공식물섬 운반(호소)→인공식물섬 물 띄이기→인공식물섬 로프로 연결작업→인공식물섬 설치형태 잡아주기→인공식물섬 계류 및 고정작업

#### ① 식물 식재

- a. 수생식물과 인공식물섬을 평탄한 곳으로 운반한다.
- b. 수생식물의 식재방법은 외부영향에 따라 두 가지 방법으로 구분하여 식재한다.

구 분	외부환경(유속, 파랑등)의 영향이 없을때	외부환경(유속, 파랑등)의 영향이 있을때
내 용	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부환경의 영향이 없거나 미비할 때는 식물의 포트를 제거 후 뿌리가 물에 닿도록 깊게 식재한다.</li> <li>식재이후 인공식물섬이 물을 충분히 흡수 하도록 물에 침적 시킨다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부환경의 영향이 클 경우는 초기 식물의 안정된 활착을 위해 주트 포트에 수생 식물의 뿌리부분을 잘 감싸 인공식물섬에 깊게 식재한다.</li> <li>식재이후 인공식물섬이 물을 충분히 흡수 하도록 물에 침지 시킨다.</li> </ul>

- c. 수생식물을 식재기반재에 정식한 직후 태양빛에 오랜 시간 직접적으로 노출되지 않도록 조치한다.
- d. 인공식물섬 단위체를 2~4명이 한조가 되어 물가로 운반한 후 전체적으로 물을 함입시킨다.

## ② 식물섬 연결 및 고정

- a. 인공식물섬을 설치장소로 운반하기 전에 부체 간 연결작업을 하여 설치형태를 만들어 주어야 한다.
- b. 고무보트 또는 기타 이동수단으로 인공식물섬을 설치장소로 운반한다.
- c. 인공식물섬을 설치장소에 설치한다. 인공식물섬의 안전을 위하여 말뚝을 설치할 수도 있다.
- d. 설치작업이 완료되면 주변정리를 철저히 하여야 한다.
- e. 인공식물섬은 타 공정과는 달리 현장에 따라 설치방법이 달라지므로 설치하기 전에 사전답사를 한 후 설치하여야 한다.

## 11. 구조제원

본 인공식물섬은 식생기반재, 부체, 고정장치 및 수생식물로 구성되어 있으며, 그 구조 및 제원은 다음과 같다.

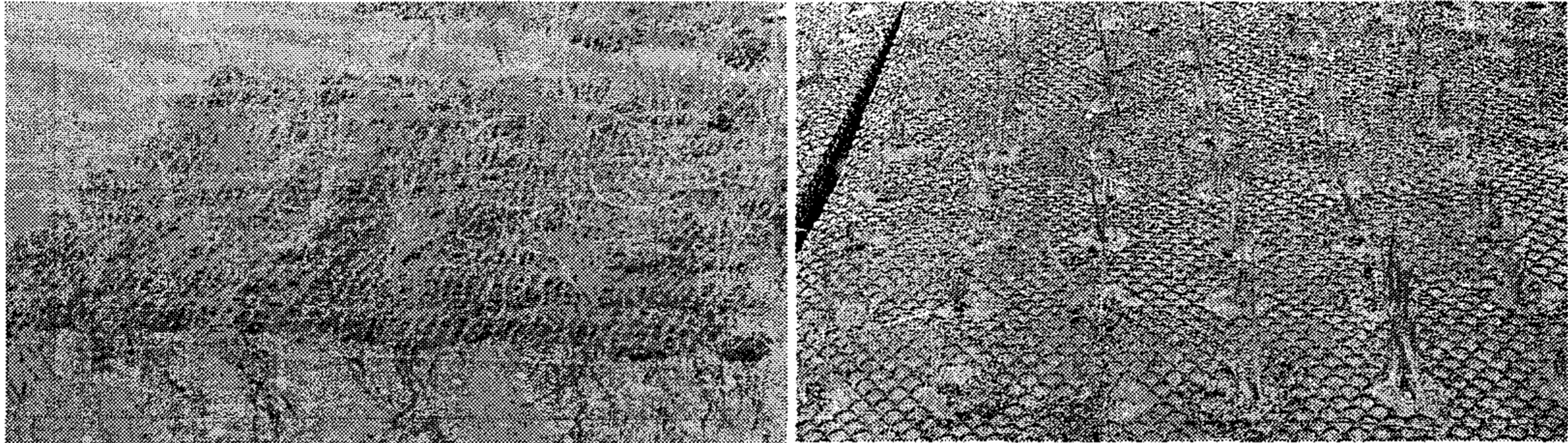
### 1) 식생기반재

식생기반재는 식재된 식물이 완전히 활착할때까지 식생기반재로서의 기

능을 하며, 부유성고형물(Suspended Solids)의 흡착·여과 기능, 식물체 뿌리와 더불어 미생물접촉여재의 역할 그리고 미생물, 동물플랑크톤, 무척추동물, 어류 등의 산란 및 서식처 역할을 한다.

(1) 식생기반재(천연 코코넛 섬유 매트)의 특징

- 식생기반재로는 천연섬유 코코넛 매트를 사용한다.
- 코코넛 매트로는 fiber형 코코넛 매트(Fiber Coir Mat, FCM)와 천연고무 함침형 코코넛 매트(Rubberized Coir Mat, RCM)를 사용한다.
- Fiber형 코코넛 매트(FCM)는 우수한 보습력(식물성장에 유리)을 가지며, 강한 통풍성 및 투수성을 가진다. 또한 섬유자체가 cellulose와 lignin으로 구성되어 수중 분해에 있어서 10~20년 정도의 시간이 소요된다.
- 천연고무 함침형 코코넛 매트(RCM)는 자연친화적인 식생기반재로서 천연고무를 사용하여 독성이 없고 자연생태계에 미치는 영향이 거의 없다.
- 풍부한 탄력성과 코코넛 섬유 조직내부에 포집되어 있는 수많은 공극의 완충 작용으로 복원력이 우수하고, 모든 하중을 분산시켜 식생이 활착될 동안 적절한 식생기반재 깊이를 제공할 수 있다.
- 천연 섬유질의 특성상 무수히 많은 공극이 존재하며, 3차원의 입체적 망상 구조로 되어 있기 때문에 미생물이 서식할 수 있는 공간이 많으므로 미생물에 의한 수질 오염물질 제거를 통해 수질개선이 가능하다. 특히, 매트의 외부와 내부는 호기성, 혐기성, 임의성 상태가 혼재하여 유기물뿐만 아니라, 부영양화로 인한 수질 악화의 원인이 되는 질소, 인의 저감에도 효과가 있다.
- 코코넛 섬유는 물에 대한 저항력이 강하여 각종 수로의 산업 자재로 유일하게 이용되는 천연 섬유이며, 햇빛, 열, 추위 등 기후에 강하고 인장강도가 커서 심한 마찰도 타 천연섬유에 비하여 마모가 적으며 이를 사용함으로써 식생기반재의 유실을 근본적으로 제거하였다.



a. Fiber Coir Mat(FCM)

b. Rubberized Coir Mat(RCM)

### 천연섬유 코코넛 매트 식생기반재

## 2) 부체

부체는 식생기반재와 수생식물을 띄우고 고정시키는 역할을 하며, 재질로는 강한 부력과 내부식성을 가진 막대형 발포성 폴리스티렌(expandable PolyStyrene)과 부력성이 좋고 내부식성을 가진 평판형 가교결합 폴리에틸렌폼(Cross linking Polyethylene Foam)이 있다. 막대형 발포성 폴리스티렌 (expandable PolyStyrene)을 부체의 재질로 사용하는 인공식물섬은 부체위에 코코넛 섬유 재질의 매트를 얹고 고정시킨다. 평판형 가교결합 폴리에틸렌폼(Cross linking Polyethylene Foam)을 부체로 사용하는 인공식물섬은 식생기반재로 코코넛 섬유 재질의 매트를 부체위에 얹고 전체를 HDPE(High Density PolyEthylene) 망체로 감싸 일체형으로 제작한다. 유연성을 갖는 평판형 가교결합 폴리에틸렌폼 부체는 파랑 및 유속 등의 지속적인 외부 충격에 대해 파손 및 유실의 우려가 적고, 식생기반재의 하부에 위치하므로 상시 물속에 잠겨 있어 직접적으로 자외선에 닿는 경우가 거의 없으며 수생식물에 의한 그늘효과 및 식물의 유체, 동물 및 곤충들의 배설물에 의해 식물섬 상부에 일종의 막을 형성하여 장기적으로도 자외선에 의한 피해를 최소화 할 수 있다.

### 3) 고정장치

식물섬을 호소나 하천의 일정부위에 고정시키는 역할을 하며 수위변동, 유속, 유량의 변동에 견딜 수 있어야 한다. 식물섬은 wire 또는 합성수지로 제작된 rope에 의해 콘크리트, 철근 등의 중량체로 만들어진 앵커와 연결되어 수체의 일정 부위에 고정된다.

- (1) 고정시설은 수중고정장치(Sinker), Rope 등으로 구성되며, 필요시 육상 곡주(Bollar)를 설치한다.
- (2) 고정 및 고정장치는 식물섬을 수면의 일정부위에 고정하기 위해 식물섬과 고정장치간을 연결하는 것으로 사용재료는 식물섬의 크기와 수심 등 작업여건에 따라 연결와이어로프(1~10 mm), PP Rope, 닻(강철, 콘크리트, 벽돌, H빔 등), 육상곡주, 클립볼트 등을 사용한다.
- (3) 현장조사를 통하여 고정 및 고정장치 방법과 재료를 선정된 후 시공한다.
- (4) 콘크리트 및 레미콘 등을 사용하여 고정시설을 제작할 경우 규격은 다음과 같다. (콘크리트: 설계기준 강도-180kg/cm<sup>2</sup>, 슬럼프-12cm)
- (5) 설치지점별 수위변동을 고려하여 로프의 길이를 적정수준으로 계산하여 수중 또는 육상곡주 등의 체결부분에 연결한다.

### 4) 식물

인공식물섬에 식재되는 수생식물은 수질정화능력이 탁월한 수종, 질소·인 등의 오염원별 수질 개선 목표에 따라 특정 오염원의 제거효율이 뛰어난 수종, 구입 및 유지관리가 용이한 수종, 환경조건에 잘 적응하며 월동이 가능한 수종 그리고 설치목적에 적합하고 전체적인 분위기에 조화되는 수종을 선택해야 한다.

#### (1) 수생식물재료의 선택

- 식재수종은 수질정화 능력이 검증된 것 중에서 현장여건과 설치목적에 맞는 수종을 선택하여야 한다. 경관적인 측면을 우선으로 할 경우에는 창포류를 식재하고, 생태적인 측면을 고려할 경우에는 갈대, 창포류, 부들 등을 식재하고 조류 유치를 위한 식물섬인 경우에는 먹이가 있는 식물을 설치하여야 한다.

- 활착용이성을 고려하여 용기 내에서 최소 3개월 이상 경과한 식물을 사용한다.
- 바람과 높이, 잎의 폭과 넓이 등을 고려하여 식재순서를 정하고 식재밀도는 12~16본/m<sup>2</sup>으로 한다.
  - 식재수종: 창포류, 갈대, 부들 등 감독관과 협의한 후 현장에 맞는 수종을 선정한다.
  - 지정된 규격에 맞아야 한다.
  - 줄기, 잎, 꽃눈의 발달이 양호해야 한다.
  - 병충해의 피해가 없어야 한다.

본 신기술에서 사용하는 정수식물(emergent plant)은 갈대, 부들, 창포 등으로써 국내 기후와 환경에 가장 잘 적응된 다년생 초본식물이며, 영양염 흡수능과 내한성이 가장 크다. 실험을 통해 갈대, 달뿌리풀, 모새달과 같은 벼과 식물의 줄기 및 뿌리 발근을 이용한 뗏장의 형성이 저렴한 소요 비용으로 환경적응성과 식생 활착률을 높여 단기간 내에 자연식생이 복원됨을 밝혀냈다. 따라서 벼과 식물의 줄기 및 뿌리 발근을 이용하여 뗏장을 형성할 경우 파종 및 포트 식재로 인한 단점을 극복할 수 있고 생장효율이 높아 단시간내에 식물섬을 조성할 수 있으며, 염분이 높은 호수에서도 갈대 뗏장을 형성시킬 수 있고, 여기에 영양배토사를 이용함으로써 갈대의 생장을 촉진시킬 수 있다.

식물섬 설치 후 시간이 지남에 따라 식재종 외의 다양한 식물종이 유입되며, 이에 따라 환경의 변화에 대해 완충력을 갖게 된다.

## 12. 안정성

본 인공식물섬은 소규모 unit(1, 2, 4m<sup>2</sup>)~대규모 unit(20m<sup>2</sup>)까지 기본 Unit의 결합에 의한 대단위 인공식물섬 설치가 가능하여 다양한 경관을 창출할 수 있고 무엇보다도 물결의 유동에 유연하게 대응하여 파랑이나 기상이변 시 구조적 안정성이 확보되어진다.

본 인공식물섬은 유연성을 갖는 구조로써, 물결의 유동에 자연스럽게 적응하므로 파랑 및 유속 등의 지속적인 외부 충격에 대해 파손 및 유실의 우려가 적고, 일광 등에 의한 변형이 적은 특징을 갖고 있다.

또한 인공식물섬의 안정성을 위해서는 식물의 생장과 안정성을 위한 부력 및 계류장치의 계류력을 고려해야하는데 본 공법에서는 Expandable PolyStyrene(PS) 인공식물섬과 Cross linking Polyethylene Foam(CPF) 인공식물섬을 다음과 같은 계산을 통해 부력을 산출하고 있으며, 계류장치는 풍압력과 조류력 그리고 표류력을 고려하여 계류력 값을 산출하고 있다.

#### (1)인공식물섬의 부력계산

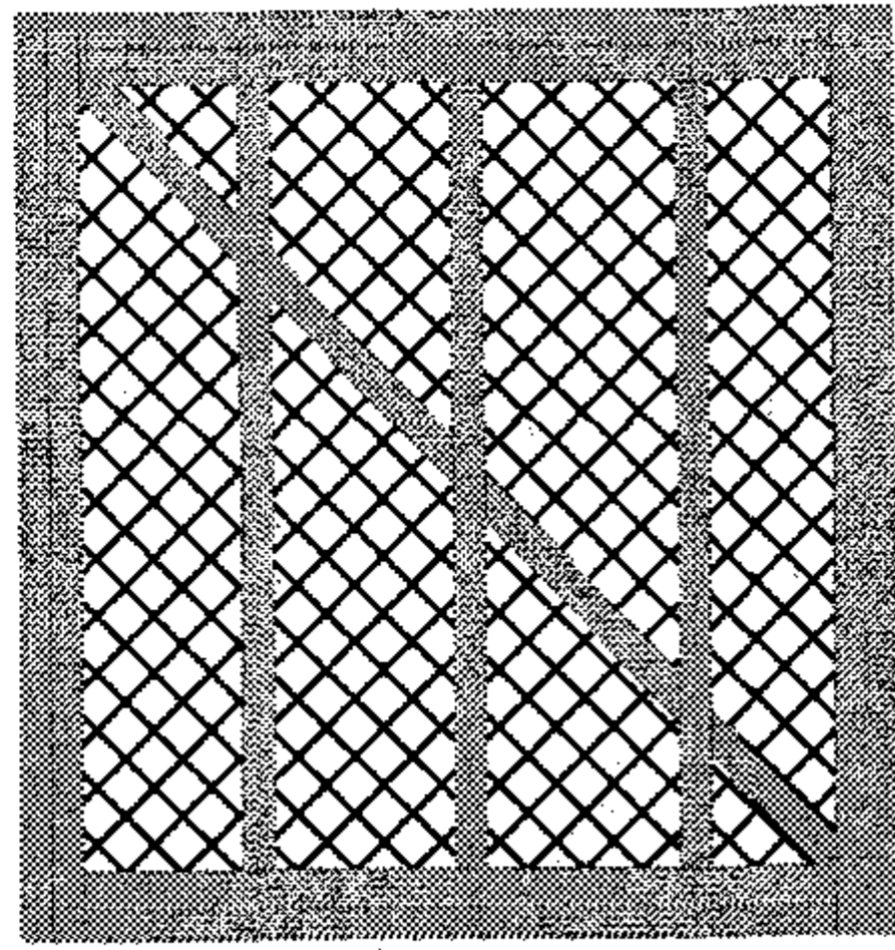
##### ① Expandable PolyStyrene(PS) 인공식물섬

##### a. 부유체의 부력계산

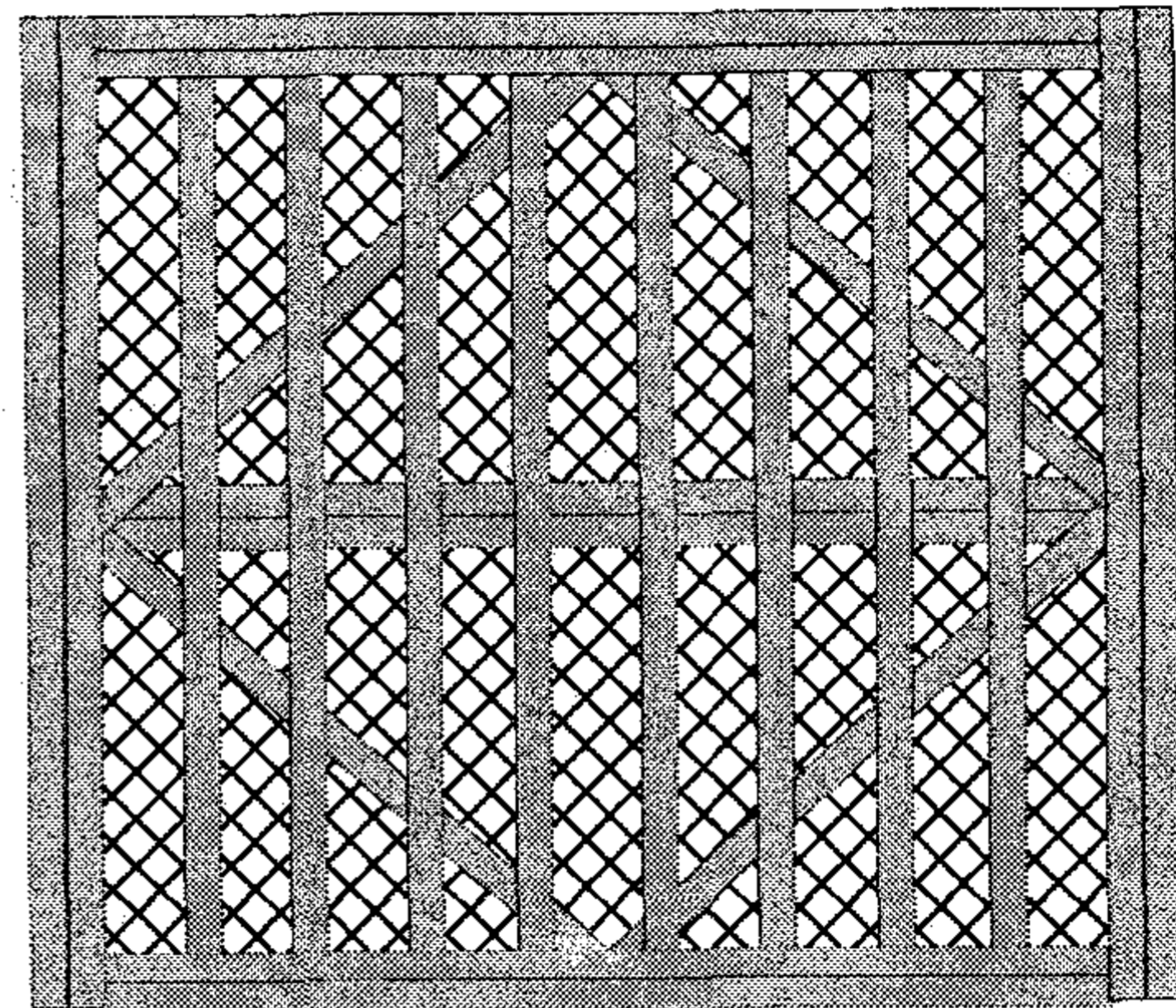
PS 부력재의 규격

0.04W× 0.03H× 1L m (길이는 필요에 따라 조절하여 사용함), 밀도 0.4

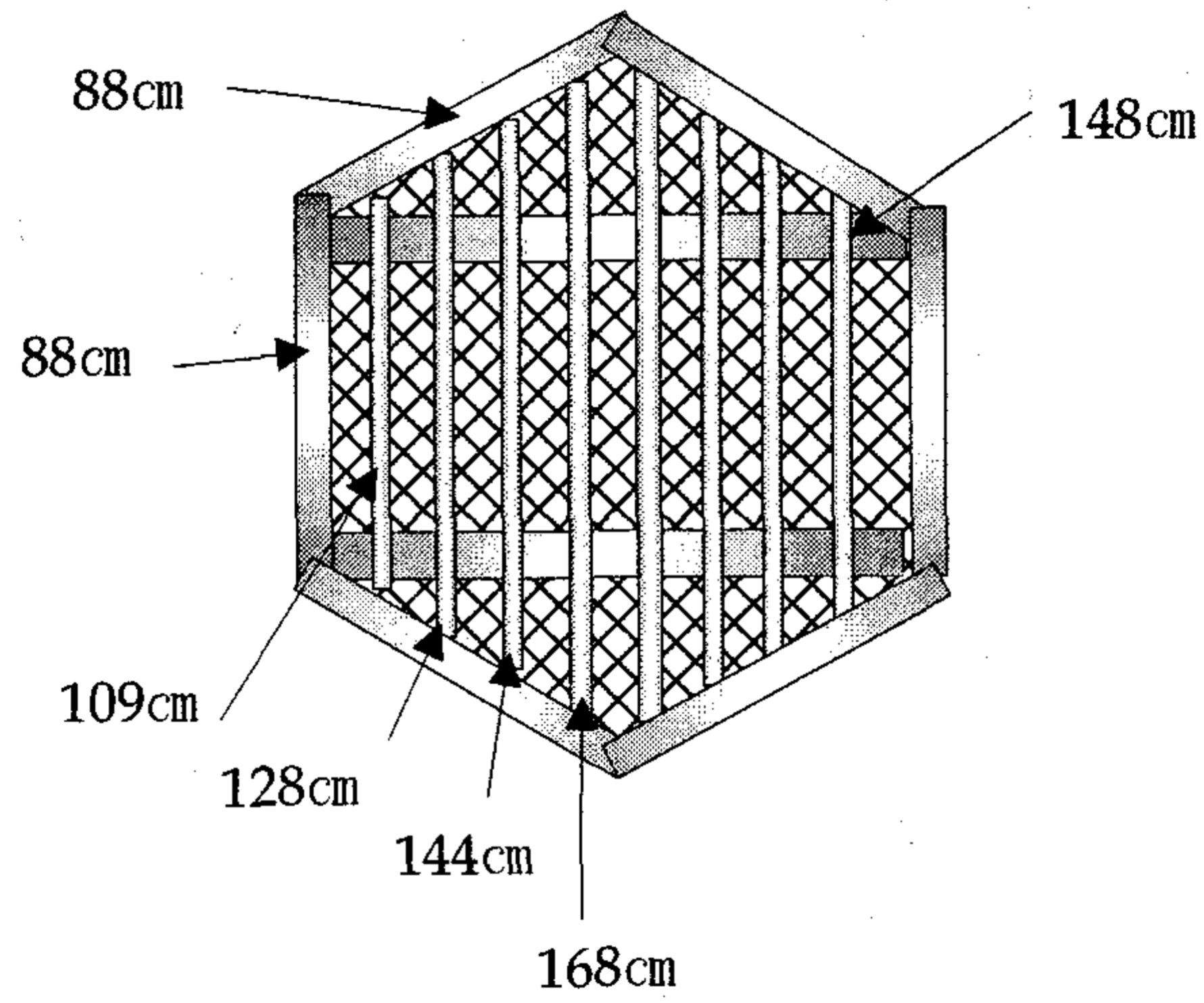
W:폭, H: 높이, L: 길이



① 1m<sup>2</sup> × 부유틸 [4각형]



② 4m<sup>2</sup> × 부유틸 [4각형]



③ 2m<sup>2</sup> 부유틸 [6각형]



표 10. 부유틸 부력재의 총연장 길이

단위: m

	①1m <sup>2</sup> 부유틸[4각형]			②4m <sup>2</sup> 부유틸[4각형]			③2m <sup>2</sup> 부유틸[6각형]		
	길이	수량	계	길이	수량	계	길이	수량	계
사선	1.24	1	1.24	1.26	4	5.04	0.88	12	10.56
가로	0.95	4	3.80	1.95	6	11.70	1.48	2	2.96
세로	0.95	7	6.65	1.95	12	23.40	0.88	6	5.28
							1.09	2	2.18
							1.28	2	2.56
							1.44	2	2.88
							1.68	2	3.36
합계			11.69			40.14			29.78

- 1m<sup>2</sup> 부유틸[4각형]의 부력

$$\text{부력} = \text{부피} \times (1-\text{밀도}) = 0.04 \times 0.03 \times 11.69 \times (1-0.4) \approx 8.4\text{kg}/1\text{m}^2$$

- 4m<sup>2</sup> 부유틸[4각형]의 부력

$$\text{부력} = \text{부피} \times (1-\text{밀도}) = 0.04 \times 0.03 \times 40.14 \times (1-0.4) \approx 28.9\text{kg}/4\text{m}^2$$

- 2m<sup>2</sup> 부유틸[6각형]의 부력

$$\text{부력} = \text{부피} \times (1-\text{밀도}) = 0.04 \times 0.03 \times 29.78 \times (1-0.4) \approx 21.4\text{kg}/2\text{m}^2$$

**b. PS 인공식물섬의 구성요소 및 설치시 무게 산출 (1m<sup>2</sup> 당)**

PS 인공식물섬 = PS + jute pot + 흙 + 수생식물 + Coir mat + 에어타커
---

- PS: 부력재

- Jute pot (Size 81mmφ× 100mmH, 16EA): Jute pot는 전체가 침수되고 침수시 비중이 거의 1에 가까우므로 무게에 영향을 주지 않는 것으로 가정

- 수생식물(≈120g/1본): 수생식물의 1/2은 침수되는 것으로 가정했을 때 수면위의

$$\text{수생식물의 무게} \Rightarrow 120\text{g}/1\text{본} \times 16\text{본} \times 0.5 = 960\text{g}$$

- 흙

가정 I Jute pot내에 50%는 뿌리, 50%는 흙이 채워져 있음

II 연질의 유기성 점토 간극비 1.9 / 밀도 1.58

III Jute pot의 규격 16EA, 81mm $\psi$  × 100mmH

$$\begin{aligned} \cdot \text{1개 pot 내의 흙의 부피} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \times \text{흙의\%} \\ &= 0.081^2 \times \pi \times \frac{1}{4} \times 0.1 \times 0.5 = 2.58 \times 10^{-4} \text{m}^3 \end{aligned}$$

(D: Jute pot의 직경, H: Jute pot의 높이)

· 수중에서 1개 pot 내의 흙의 무게

$$= \text{흙의 부피} \times (\text{흙의 밀도} - \text{물의 밀도})$$

$$= 2.58 \times 10^{-4} \text{m}^3 \times (1.58 - 1) = 0.14964 \text{kg}$$

· 수중에서 16개 pot 내의 흙의 무게 :  $0.14964 \text{kg} \times 16 = 2.394 \text{kg}$

- Coir Mat (건조시  $3.2 \text{kg/m}^2$ , 습윤시-침수시킨 후 약 20분정도 공기중에 방치후 측정  $12.4 \text{kg/m}^2$ ); 설치시 Coir mat의 4/5는 침수되고 1/5정도가 습윤상태로 수면위에 노출 되므로 무게에 영향을 주는 수면위에 노출된 부분을 고려하면  $12.4 \text{kg} \times 1/5 = 2.48 \text{kg}$

- 에어타커 (못 1EA size ; 지름 2.5mm, 길이 52 mm, 무게 2.6 g)

$$1 \text{m}^2 \text{에 들어가는 못의 수량 68개: } 2.6 \text{ g} \times 68 \text{개} = 177 \text{ g}$$

$$\Rightarrow \text{설치시 무게 합계} = \text{수생식물} + \text{흙} + \text{Coir mat} + \text{에어타커} = 960 + 2394 + 2480 + 177 = 6011 \text{g} \approx 6 \text{kg/m}^2$$

### c. Net 부력

-  $1 \text{m}^2$  부유틸[4각형]의 Net 부력

$$\text{Net 부력} = \text{부력} - \text{하중(무게)} = 8.4 \text{kg/m}^2 - 6 \text{kg/m}^2 = 2.4 \text{kg/m}^2$$

-  $4 \text{m}^2$  부유틸[4각형]의 Net 부력

$$\text{Net 부력} = \text{부력} - \text{하중(무게)} = 28.9 \text{kg/m}^2 - 6 \text{kg/m}^2 \times 4 = 4.9 \text{kg/m}^2$$

-  $2 \text{m}^2$  부유틸[6각형]의 Net 부력

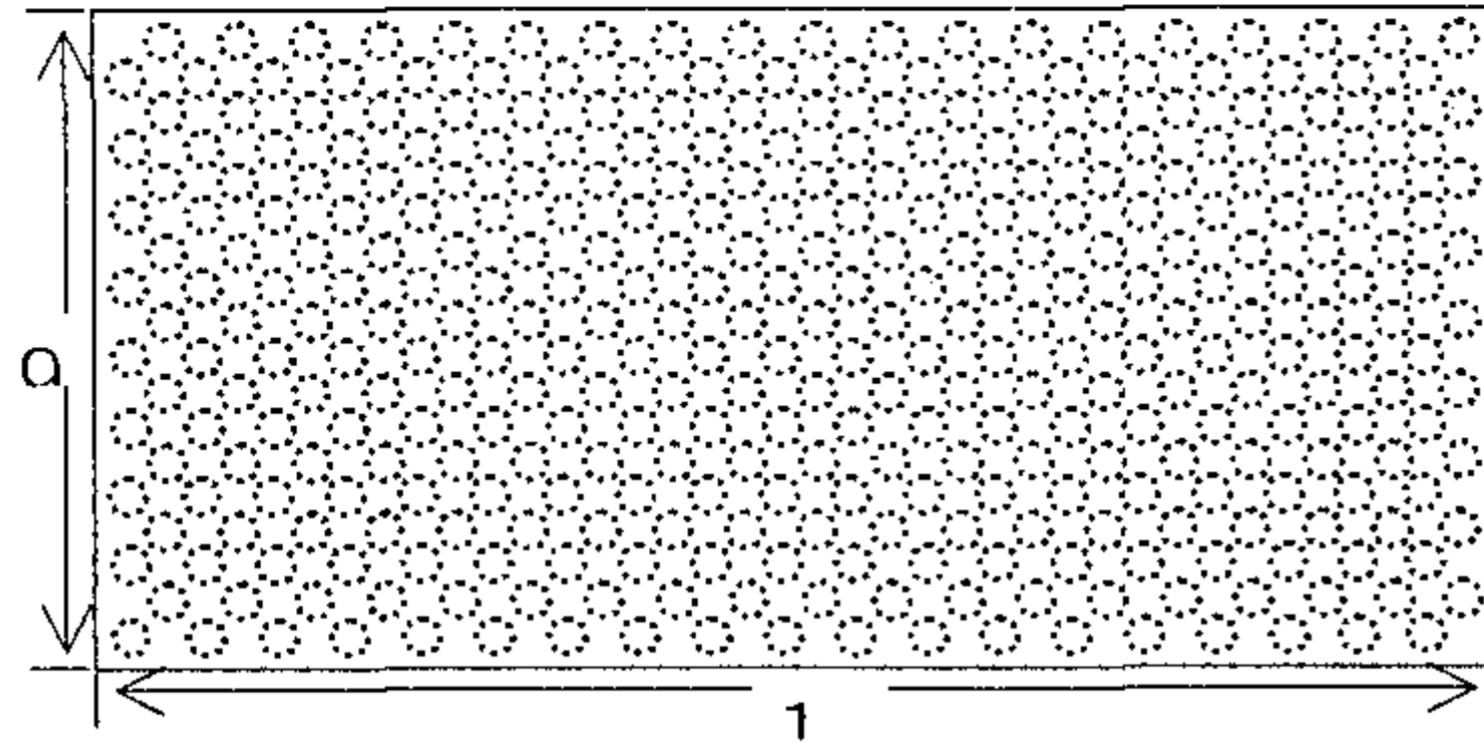
$$\text{Net 부력} = \text{부력} - \text{하중(무게)} = 21.4 \text{kg/m}^2 - 6 \text{kg/m}^2 \times 2 = 9.4 \text{kg/m}^2$$

### ② Cross linking Polyethylene Foam(CPF) 인공식물섬

a.  $1 \text{m}^2$  CPF와 HDPE(High Density PolyEthylene)망 하판 및 측판의 부력계산

• CPF의 규격 :  $1.95 \times 0.95 \times 0.02(t)m$ ;  $2m^2$ , 밀도 = 0.04

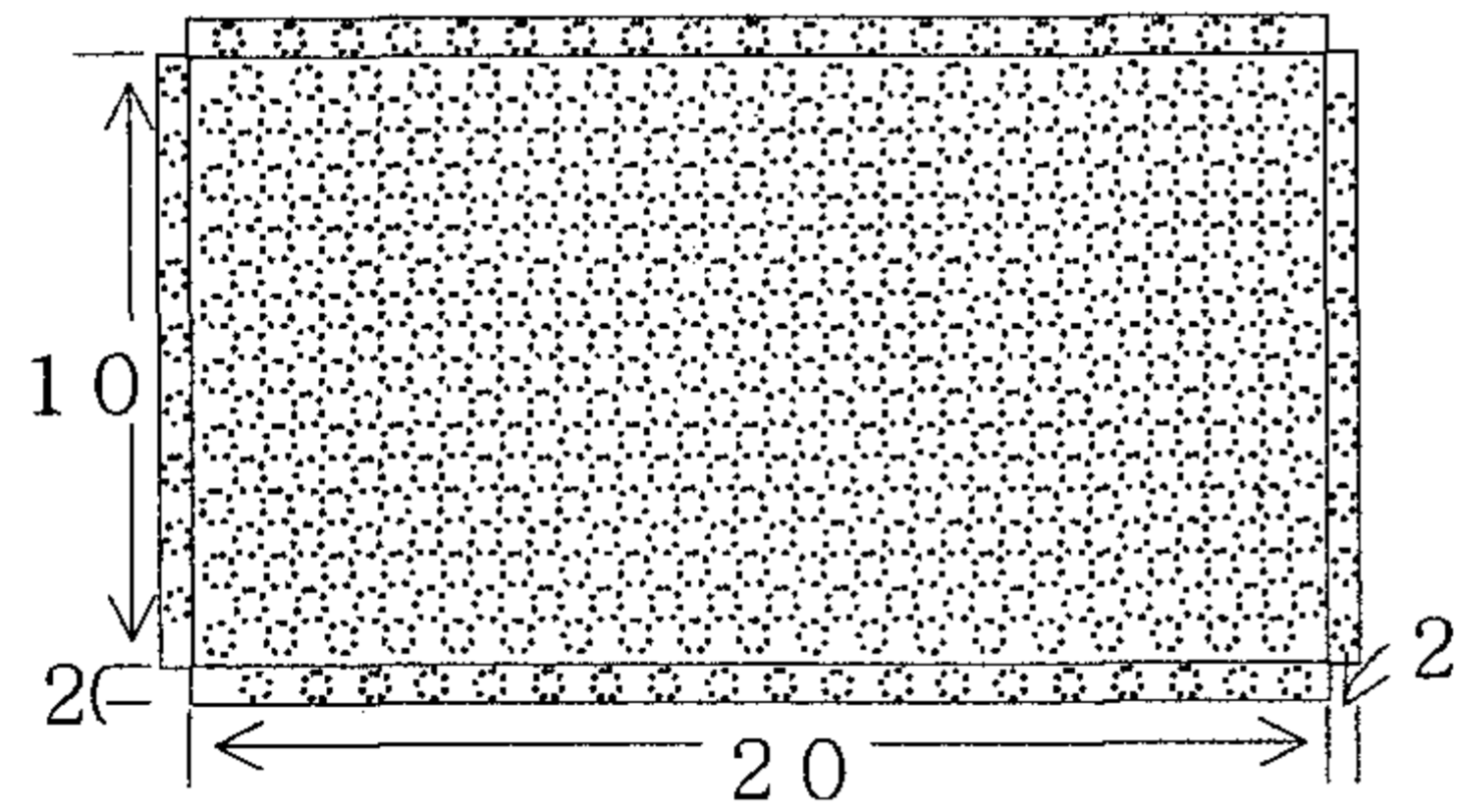
• Hole 수량 : 342 EA,  $0.04m\psi$



• HDPE망 하판 및 측판의 규격 : 하판  $2 \times 1 \times 0.003(t)m$ , 밀도 = 0.95

측판  $0.02 \times 1 \times 2EA + 2 \times 0.02 \times 2EA$

• Hole 수량 : 184 EA,  $0.007m\psi$



- CPF의 부력

부피 = CPF 판의 부피 - 342 EA Hole의 부피

$$= 1.95 \times 0.95 \times 0.02 - 0.04^2 \times \pi \times \frac{1}{4} \times 0.02 \times 342 = 0.028455m^3$$

부력 = 부피  $\times$  (1-밀도) =  $0.028455 \times (1-0.04) \approx 27.3kg/2m^2$

$$\approx 13.7kg/m^2$$

- HDPE망 하/측판의 부력

부피 = HDPE 망 하판의 부피 + HDPE 측판의 부피 - Hole의 부피

$$= (1 \times 2 + 0.02 \times 1 \times 2 + 2 \times 0.02 \times 2 - 0.007^2 \times \pi \times \frac{1}{4} \times 195) \times 0.003 = 0.006337m^3$$

<Hole의 갯수 : 하판 184EA, 측판 11EA, 계 195EA>

부력 = 부피  $\times$  (1-밀도) =  $0.006337 \times (1-0.95) \approx 0.32kg/2m^2$

$$\approx 0.16kg/m^2$$

- 부력계 = CPF의 부력 + HDPE망 하/측판의 부력 = 13.9kg/m<sup>2</sup>

**b. CPF 인공식물섬의 구성요소 및 설치시 무게 산출**

$$\text{CPF 인공식물섬} = \text{CPF} + \text{HDPE망} + \text{jute pot} + \text{흙} + \text{수생식물} + \text{Coir mat}$$

- CPF : 부력재

- HDPE망 상판의 무게(Size 2× 1× 0.005(t)m, 밀도= 0.95, Hole 수량 : 68EA, 0.025m $\psi$ )

부피 = HDPE 망 상판의 부피 - Hole의 부피

$$= (2 \times 1 - 0.025^2 \times \pi \times \frac{1}{4} \times 68) \times 0.005 = 0.009833\text{m}^3/2\text{m}^2$$

$$\text{무게} = \text{부피} \times \text{밀도} = 0.009833 \times 950\text{kg/m}^3 \approx 9.34\text{kg}/2\text{m}^2$$

$$\approx 4.67\text{kg/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{설치시 무게 합계} = \text{HDPE 망} + \text{수생식물} + \text{흙} + \text{Coir mat} = 4670 + 960 + 2394 + 2480 = 10298\text{g} \approx 10.5\text{kg/m}^2$$

**c. Net 부력**

$$\text{Net 부력} = \text{부력} - \text{하중(무게)} = 13.9\text{kg/m}^2 - 10.5\text{kg/m}^2 = 3.4\text{kg/m}^2$$

(2) 계류장치의 설계

① 계류력의 산정 개요

$$\text{계류력} = \text{풍압력} + \text{조류력} + \text{표류력}$$

$$\text{a. 풍압력(Pw)} = pw \times A[\text{tf}] = 1/16 \times Ch \times Cs \times V^2 \times 10^{-3} \times A[\text{tf}]$$

(A: 바람의 수압면적[m<sup>2</sup>], V: 풍속[m/s], Ch: 고도계수, Cs: 형상계수)

	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">수직높이 (m)</th> <th><math>C_h</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>10미만</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>10이상</td> <td>20미만</td> <td>1.10</td> </tr> <tr> <td>20이상</td> <td>35미만</td> <td>1.29</td> </tr> <tr> <td>35이상</td> <td>50미만</td> <td>1.42</td> </tr> <tr> <td>50이상</td> <td>65미만</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>65이상</td> <td></td> <td>1.65</td> </tr> </tbody> </table>	수직높이 (m)		$C_h$		10미만	1.0	10이상	20미만	1.10	20이상	35미만	1.29	35이상	50미만	1.42	50이상	65미만	1.52	65이상		1.65
수직높이 (m)		$C_h$																				
	10미만	1.0																				
10이상	20미만	1.10																				
20이상	35미만	1.29																				
35이상	50미만	1.42																				
50이상	65미만	1.52																				
65이상		1.65																				
형상계수( $C_s$ )	고도계수( $C_h$ )																					

자료출처: 해양건축물의 설계(2000)

b. 조류력( $P_t$ ) =  $\rho/2 \times C_D \times A \times v^2$  [tf]  
 ( $\rho$ :담수밀도 =  $0.1[t \cdot s^2/m^4]$ ,  $v$ : 유속[m/s],  $A$ : 유압면적[m<sup>2</sup>],  $C_D$ : 항력계수 2.0)

c. 표류력( $P_D$ ) =  $\rho/2 \times g \times B \times (H/2)^2 \times R_t^2$  [tf]  
 ( $\rho$ :담수밀도 =  $0.1[t \cdot s^2/m^4]$ ,  $g$ : 중력가속도  $9.8[m/s^2]$ ,  
 $B$ : 인공식물섬의 수압폭[m],  $H$ : 파고[m],  $R_t$ : 표류력계수)

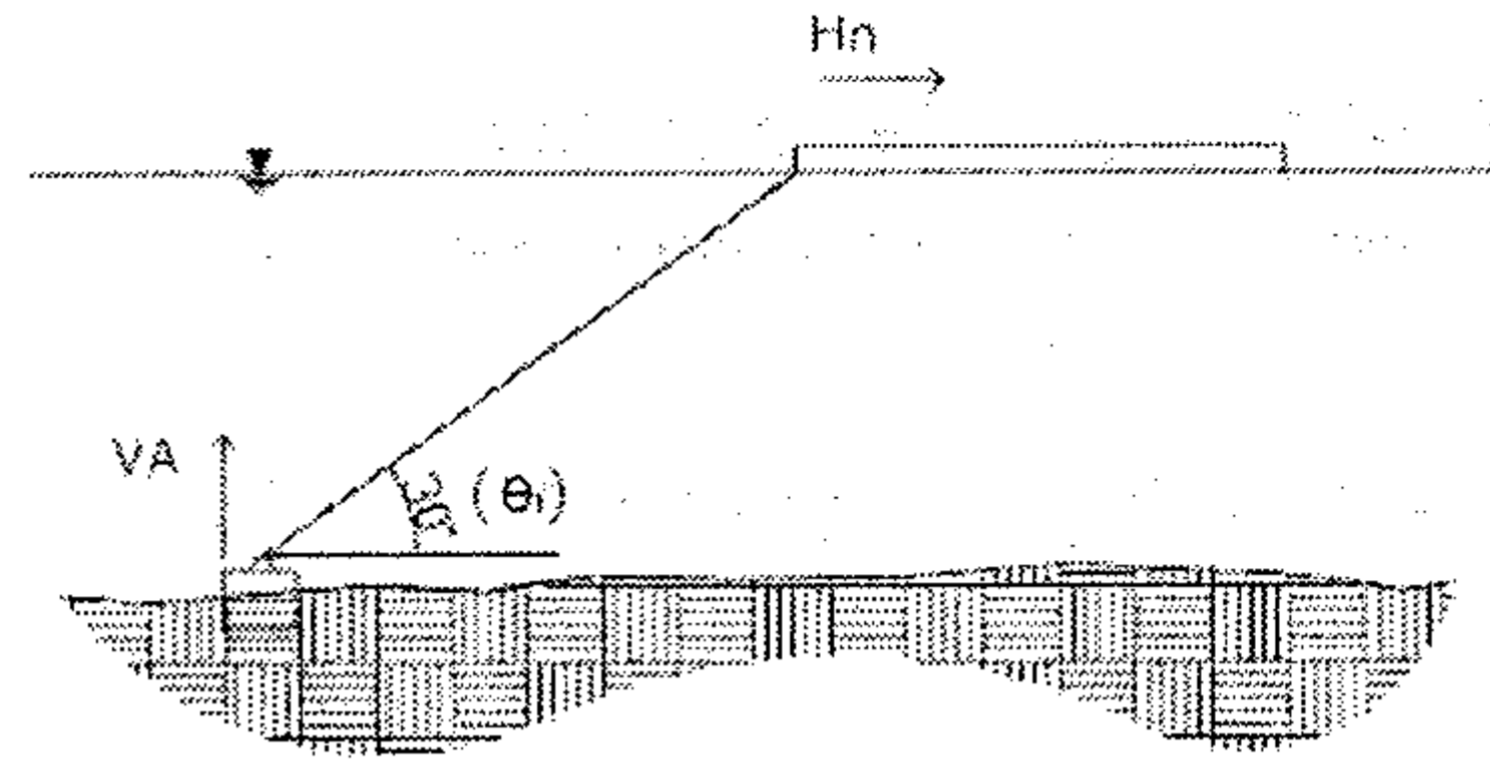
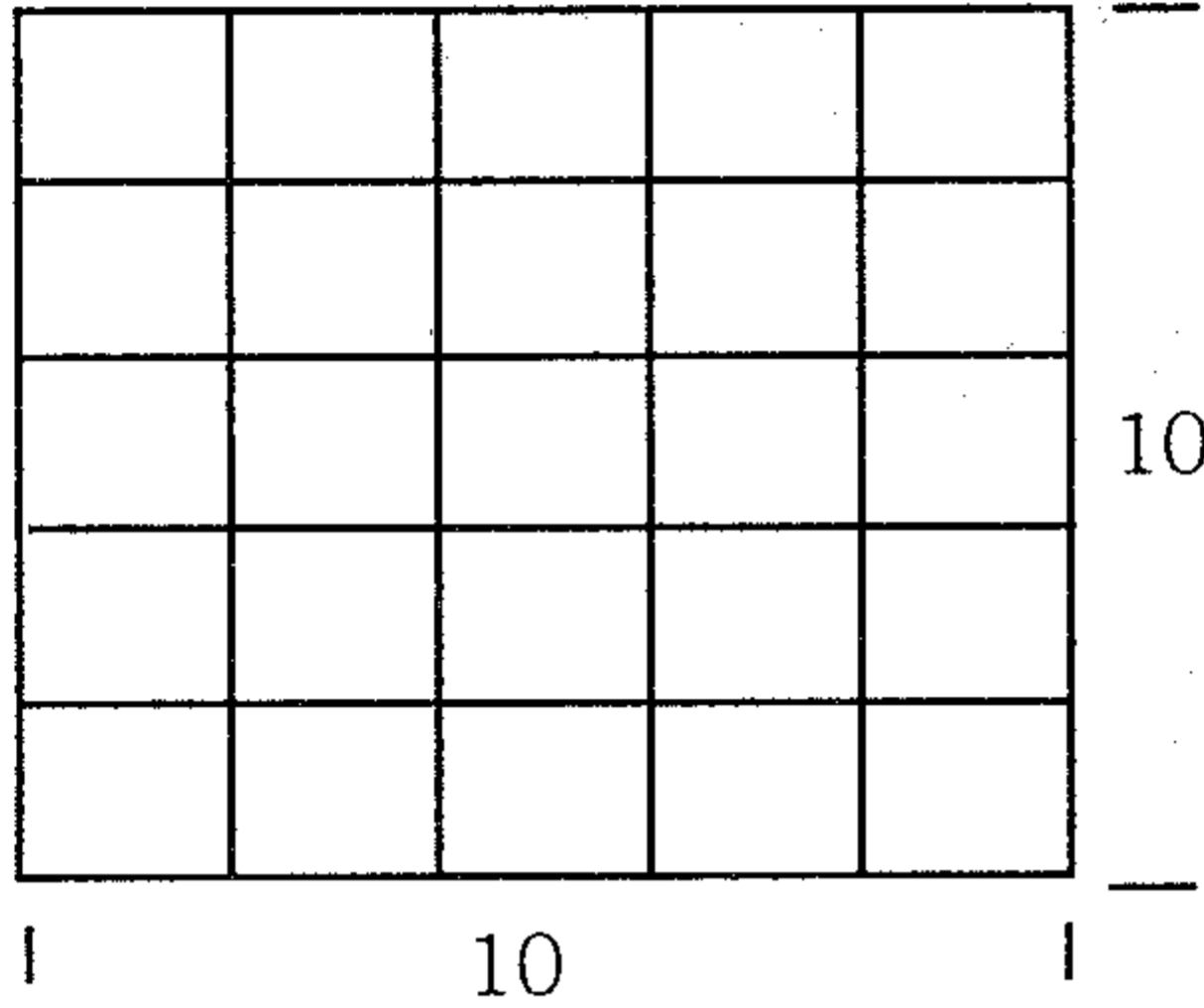
② 싱커의 설계예(100m<sup>2</sup> 인공식물섬 설계 시)

a. 설계 factor (필요시 가정함)

항목		값	항목		값
인공 식물 섬	종방향 길이	10m	최대풍속		20m/s
	횡방향 길이	10m	유속		0.1m/s
	높이	1.5m	파고		0.5m
고도계수( $C_h$ )		1	담수밀도		$0.1t \cdot S^2/m^4$
형상계수( $C_s$ )		0.8	항력계수( $C_D$ )		2.0
중력가속도		$9.8m/s^2$	표류력계수( $R_t$ )		0.16
하중계수( $K_a$ )		1.2	콘크리트 비중		2.5

**b. 계류력 계산**

- 인공식물섬의 평면도 및 측면도



• 횡방향( $yH_n$ ) 계류력의 설계치 =  $1.3 \times \text{풍압력} + \text{조류력} + 0.7 \times \text{표류력}$

※ 계류력은 풍압력, 조류력, 표류력, 수초재배섬 접현력 등 각각의 실정을 고려하여 조합하는 것으로 하지만 일반적으로 풍압력이 탁월하다. 따라서 설계치로는 풍압력의 하중계수를 1.3, 조류력 1.0, 표류력 0.7로 하고 최대 풍속을 사용했으므로, 수초재배섬의 접현력은 없는 것으로 한다.

$$\text{풍압력}(P_w) = p_w \times A[\text{tf}] = 1/16 \times C_h \times C_s \times V^2 \times A[\text{kgf}]$$

$$= 1/16 \times 1 \times 0.8 \times (20)^2 \times 10 \times 1.5 \times 0.5 [\text{kgf}] = 150 [\text{kgf}]$$
 (A: 바람의 수압면적 =  $10 \times 1.5 \times 0.5[\text{m}^2]$  (수초재배섬 길이 = 10m, 높이 = 1.5m(공극율 0.5)), V: 풍속 = 최대풍속 20 [m/s] 적용  
 Ch: 고도계수 (10m 미만이므로 1),  
 Cs: 형상계수 0.8  $\Rightarrow$  1. 계류력의 산정개요 그림 형상계수(Cs) 참조

$$\text{조류력}(P_t) = \rho/2 \times C_D \times A \times v^2 [\text{tf}]$$

$$= 0.1/2 \times 2.0 \times 10 \times 0.03 \times 0.1^2 = 0.3[\text{kgf}]$$
 ( $\rho$ : 담수밀도 =  $0.1[\text{t} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4]$ , v: 유속 = 0.1[m/s]  
 A: 유압면적 =  $10 \times 0.03[\text{m}^2]$ ,  $C_D$ : 항력계수 = 2.0)

$$\text{표류력}(P_D) = \rho/2 \times g \times B \times (H/2)^2 \times R_t^2 [\text{tf}]$$

$$= 0.1/2 \times 9.8 \times 10 \times (0.5/2)^2 \times 0.16^2 = 7.84[\text{kgf}]$$
 ( $\rho$ : 담수밀도 =  $0.1[\text{t} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4]$ , g: 중력가속도 =  $9.8[\text{m}/\text{s}^2]$ ,  
 B: 수초재배섬의 수압폭 = 10 [m], H: 파고 = 0.5[m] 가정,  
 $R_t$ : 표류력계수 = 0.16 (규칙파에서의 실험에 의해(수심/홀수  $\geq 4$ ) 구함)

$\begin{aligned} \text{횡방향}(yH_M) \text{ 계류력의 설계치} &= 1.3 \times \text{풍압력} + \text{조류력} + 0.7 \times \text{표류력} \\ &= 1.3 \times 150 + 0.3 + 0.7 \times 7.84 \\ &= 200.788[\text{kgf}] \approx 200.8[\text{kgf}] \end{aligned}$
--

• **종방향(xH<sub>M</sub>) 계류력의 설계치** = 횡방향과 같음

③ 수중고정장치 (콘크리트 싱커를 사용할 경우)

a. 수중고정장치(sinker)의 설계

- 콘크리트 싱커의 설치는 종방향(x) 및 횡방향(y)에 대하여 45°(θ<sub>2</sub>)로 함.
- 계산은 수초재배섬에 미치는 최대 외력(계류력)에 대하여 2지점의 수중고정 장치에 힘이 미치는 것을 가정하여 실시함.
- 수초재배섬에 대한 와이어로프(wire rope)의 수평면내 각도 (θ<sub>2</sub>)는 45°로 하며 수직면내의 부각(俯角)(θ<sub>1</sub>=30°)으로부터 계선장력(T<sub>m</sub>)을 구하고, 싱커 및 와이어로프의 연결점에 작용하는 연직력(V<sub>A</sub>)은 하중계수 K<sub>a</sub>를 1.2로 하여 계산함.
- 종방향에 대한 외력의 크기(계류력의 설계치)는 횡방향과 같으므로 횡방향에 대해서만 검토함.

$\begin{aligned} \text{계선 장력}(T_m) \\ &= K_a \times H_M / (\cos\theta_1 \times \cos\theta_2) = 1.2 \times 200.8 / (\cos 30^\circ \times \cos 45^\circ) = 393.468[\text{kgf}] \\ &\Rightarrow 196.743[\text{kgf}]/1\text{지점당} \end{aligned}$
---

$\begin{aligned} \text{연직력}(V_A) \\ &= K_a \times H_M \times \tan\theta_1 = 1.2 \times 200.8 \times \tan 30^\circ = 139.118[\text{kgf}] \\ &\Rightarrow 69.56[\text{kgf}]/1\text{지점당} \end{aligned}$
--

싱커의 형상치수 (콘크리트 블록)

$$= 0.4 \times 0.4 \times 0.4 = 0.064 \text{m}^3 \Rightarrow 0.064 \text{m}^3 \times 2500 \text{kg/m}^3 = 160 \text{kg}$$

$$\Rightarrow \text{수중무게: } 96 \text{ [kg]}$$

$$\therefore \text{수중중량 } 96 > 69.56 \text{kg} \quad \text{O.K. .... 안전을 } 22\% \text{ 고려}$$

(콘크리트의 비중 : 2.4~2.6)

$0.4 \times 0.4 \times 0.4 \text{m}^3$ 의 콘크리트 블록 소요 개수: 4개

b. 싱커 상부에서의 소요수평저항력( $F_A$ ) 평가

소요수평저항력( $F_A$ )

$$= 1 \text{개소에서의 계선장력} \times \cos \theta_1 = 196.743 \times \cos 30^\circ = 170.384436 \text{ [kgf]}$$

$$\Rightarrow \times 1.2 = 204.46 \text{ [kgf]}$$

설치된 싱커에 의한 저항계산 (저항 = 매설한 블록의 수동토압( $P_a$ )  
+ 저면마찰력( $F_r$ ))

$$\begin{aligned} - P_a &= \{0.5 \gamma h_m^2 \tan^2(45^\circ + \psi/2) + 2C h_m \tan^2(45^\circ + \psi/2)\} B \\ &= (0.5 \times 1.2 \times 0.2^2 \times \tan^2 55^\circ + 2 \times 2.0 \times 0.2 \times \tan^2 55^\circ) \times 1.2 = 2.02 \text{ [tf]} \end{aligned}$$

( $\gamma$ : 해저토의 수중중량  $1.2 \text{tf/m}^3$ ,  $\psi$ : 해저토의 내부마찰각  $20^\circ$ )

C: 해저토의 점착력  $2.0 \text{tf/m}^2$ ,  $h_m$ : 매입깊이 : m,

B: 콘크리트 블록의 폭: m)

$$- F_r = CA = 2.0 \times 0.4 \times 0.4 = 0.32 \text{ (A: 콘크리트 블록의 밑바닥 면적 [m}^2\text{])}$$

$$- \therefore P_a + F_r = 2.34 \text{ tf} > 0.204 \text{ .....} = \text{O.K}$$

④ 와이어 로프 (인공식물섬과 싱커의 연결)

a. 1지점당 계선장력( $T_{m1}$ )

$$= K_a \times H_M / (\cos \theta_1 \times \cos \theta_2) = 1.2 \times 200.8 / (\cos 30^\circ \times \cos 45^\circ) = 393.486 \text{ [kgf]}$$

$$\Rightarrow 196.743 \text{ [kgf]} / 1 \text{지점당}$$

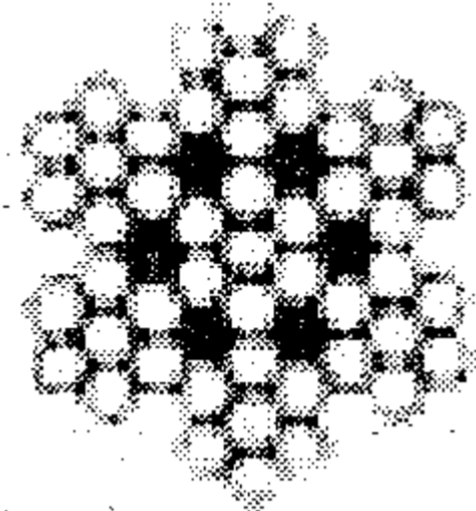


**b. 와이어로프의 size**

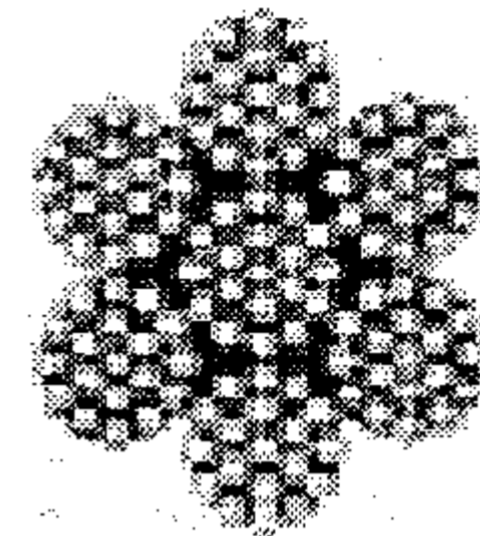
와이어로프의 계선 장력( $T_{m1}$ ) = 196.743[kgf]/1지점당  
 ⇒ 설계 아래 2.45 와이어로프의 절단 하중 표에서  
 직경 3.0mm와이어로프(7본선 6요리 공심 7x7) 사용 시 파단하중이  
 670kgf( $T_{m1}$ 의 약3.4배)  
 ⇒ (안전율 : 댐 · 제방시설기술기준(안)에 의함, 안전율 3배 이상일 것)  
 ⇒ **와이어로프의 직경 : 2.5mm (7본선 6요리 공심 7x7)**

자료출처: 해양건축물의 설계 (2000)

⑤ 와이어로프의 절단하중



7본선 6요리 공심 7x7



19본선 6요리 공심 7x19

로프 의경 m/m	표선 m/m	절단하중 (ton)			중량kg /100m	로프 의경 m/m	표선 m/m	절단하중 (ton)			중량kg /100m
		WHR-C	WHR-A	WHR-B				WHR-C	WHR-A	WHR-B	
1.5	0.16	0.170	0.150	0.060	0.952	2.5	0.16	0.435	0.385	0.150	2.62
2.0	0.22	0.305	0.265	0.100	1.68	3.0	0.20	0.630	0.555	0.200	3.78
2.5	0.28	0.475	0.420	0.150	2.64	4.0	0.26	1.12	0.990	0.360	6.71
3.0	0.34	0.670	0.600	0.220	3.79	5.0	0.32	1.72	1.55	0.560	10.5
4.0	0.44	1.20	1.07	0.390	6.73	6.0	0.40	2.48	2.23	0.610	15.2
5.0	0.55	1.83	1.62	0.555	10.5	8.0	0.53	4.31	3.84	1.32	26.9
6.0	0.67	2.57	2.19	0.805	15.1	10.0	0.67	6.58	5.63	2.06	41.9
8.0	0.89	4.57	3.77	1.43	26.9	12.0	0.79	9.48	7.83	2.98	60.4
10.0	1.10	6.93	5.48	2.23	42.1	14.0	0.92	12.6	10.3	4.05	82.2
6x7는 절단하는 약13% 감소, 중량에서 약11% 감소						6x19는 절단하는 약10% 감소, 중량에서 약12% 감소					

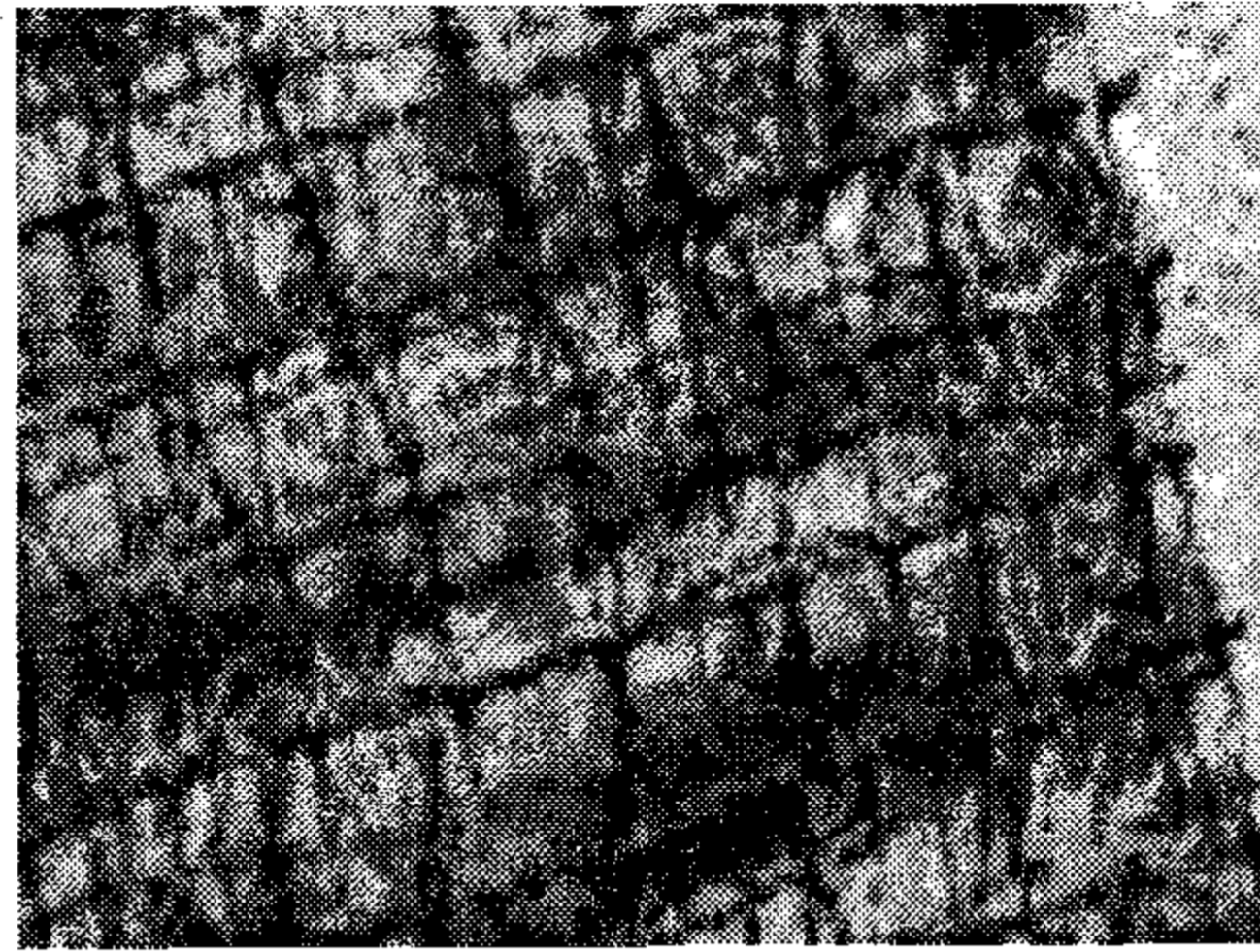
자료출처: 대신종합상사

[http://www.daeshinrope.co.kr/index\\_page/main.html](http://www.daeshinrope.co.kr/index_page/main.html) 참조

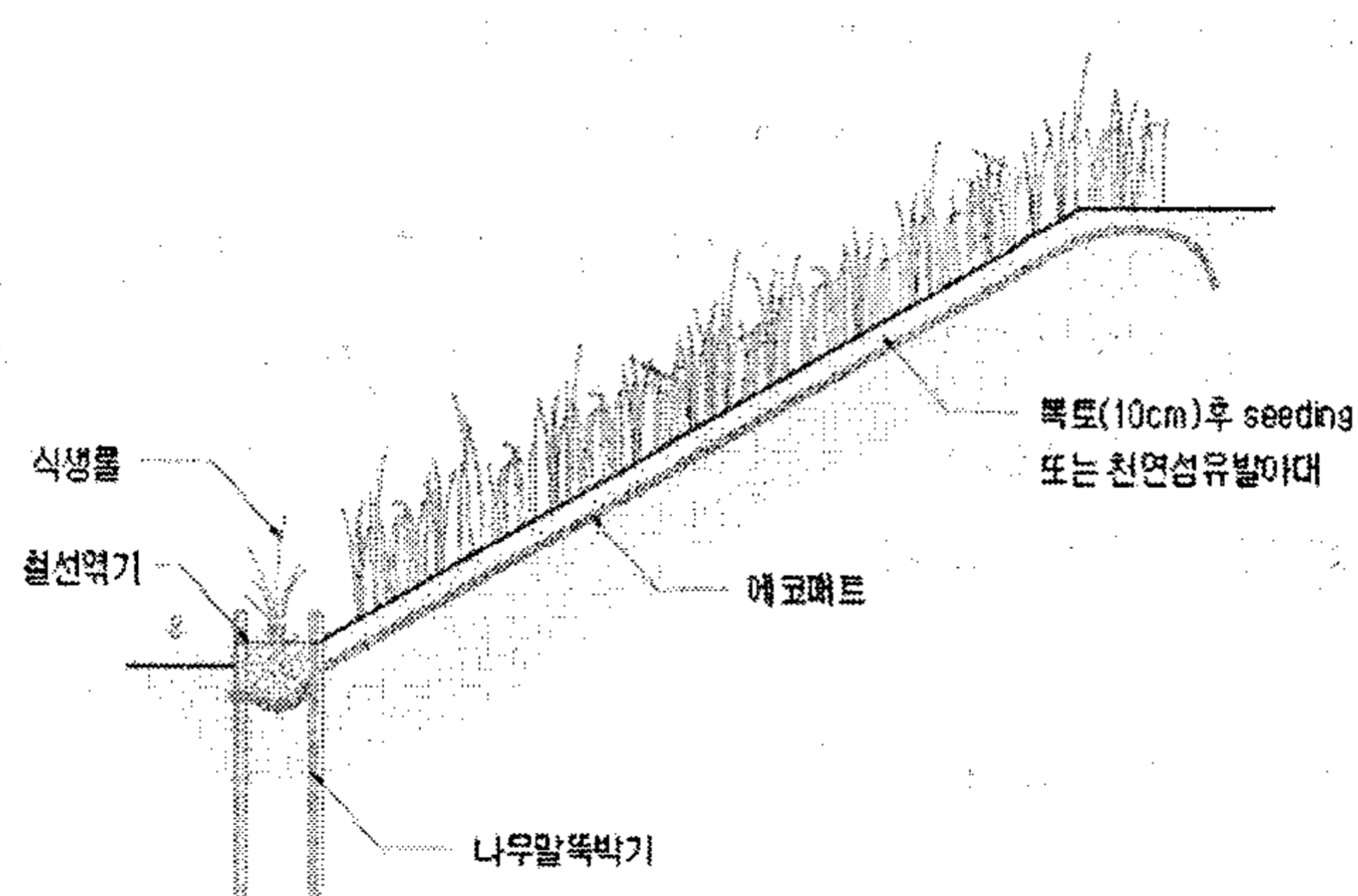
기계설계도표편람 改新 增補4版, 2000; 15-1, 15-4 참조

## 식생기반재계

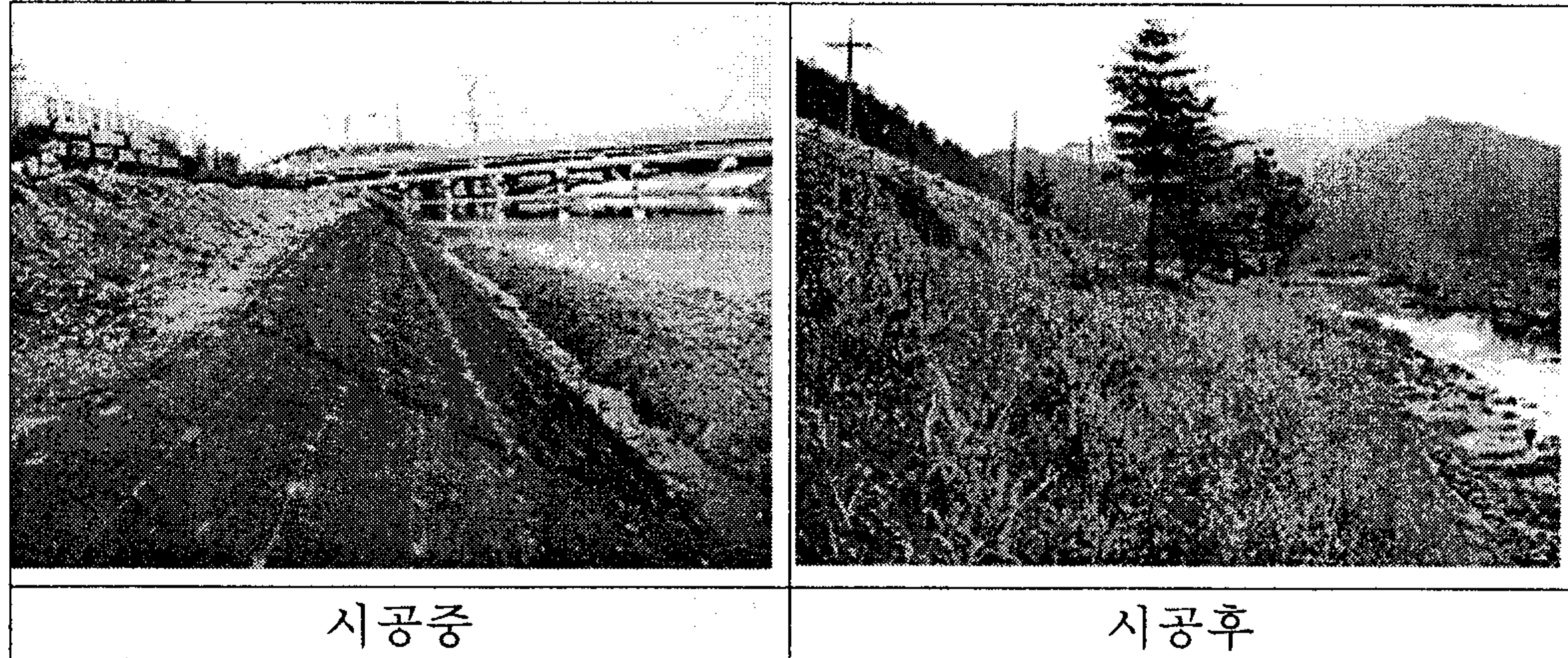
1. 제품명 : 에코매트
2. 용도 : 자연형 하천호안조성용 제품
3. 구조종별 : 호안공
4. 제품형태



5. 표준단면도



## 6. 적용사례



## 7. 제품개요 :

- 특징 :
  - 매트부에 의한 침식방지 효과로 토립자의 흡출방지
  - 식생 정착 후에는 강력한 3층 복합보강망이 식물의 뿌리와 줄기를 단단히 눌러 유수력에 강한 저항력을 가짐
  - 제품의 특수한 구조상 유수와 함께 떠내려오는 미사를 흡착하므로 별도의 복토공사가 필요없으며 식물정착을 위한 기반제의 역할을 함
  - 빠른 유속에서도 콘크리트를 쓰지않고 식생호안을 형성하며 항구적인 치수강도와 환경친화성 보장

## 8. 제품규격 : w2m × variable

## 9. 설계방법

공종명	규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
에코매트 설치			M2당									
에코매트	w2m x var	1.1	M2	15,000	16,500	0	0	0	0	15,000	16,500	
고정핀	f 10*350mm	4	EA	1,000	4,000	0	0	0	0	1,000	4,000	
사면정리	인력	1	M2	0	0	1,326	1,326	0	0	1,326	1,326	
매트깔기	에코매트	1	M2	0	0	4,370	4,370	0	0	4,370	4,370	
복토	양토	0.05	M3	0	0	5,525	276	0	0	5,525	276	
소계					20,500		5,972		0		26,472	
녹화공												
SEED SPRAY		1	M2	4,165	4,165	1,318	1,318	182	182	0	5,665	
소계					4,165		1,318		182		5,665	
계					24,665		7,290		182		32,137	
												17,137
* SEED SPRAY는 양잔디종자 및 산림종자(참새리, 비수리등)의 혼합종자 파종시 단가임(혼합비율 20 : 80)												
초종변경시 가격변동												
* 주변의 식생여건이 우수할 경우, 시공후 강우 또는 하천유속이 강하여 시드스프레이 시공이 불가능할 경우는 시드스프레이 시공시기를 연기하거나 매트안 포설후 자연발생에 의한 식생의 활착을 유도할 수 있다.												

## 10. 시공방법 :

### 1. 적용범위

1.1 본 규격서는 하천의 절·성토 사면에서 식생보강과 침식방지를 방지하기 위하여 사용되는 합성보강매트인 에코매트에 대하여 적용한다.

1.2 에코매트의 구입은 본 규격서에 따라 적용하며 기타 기재되지 아니한 사항에 대해서는 감독관의 지시에 따른다.

### 1.3 기술내역

- 실용신안등록 제289860호 (특허청)

### 2. 제품의 정의

2.1 에코매트는 내구성을 강화한 폴리프로필렌을 사용하여 큰 직포에 다수의 고리를 유연한 3차원 입체구조로 엮은 특수 합성보강매트이다.

2.2 식생의 보강으로 토양을 안정화시키고, 식생기반을 조성한다.

2.3 견고한 토양침식 방지효과와 유속의 억제 효과를 기할 수 있다.

### 3. 재 료

#### 3.1 Top Net

UV안정처리 폴리프로필렌(약 0.042kg/m<sup>2</sup>)

#### 3.2 Middle Net

UV안정처리 물결무늬 폴리프로필렌(약 0.098kg/m<sup>2</sup>)

#### 3.3 기반매트

코코넛섬유질(약 0.27kg/m<sup>2</sup>)

#### 3.4 바닥매트

UV안정처리 폴리프로필렌(약 0.042kg/m<sup>2</sup>)

#### 3.5 연결섬유

UV안정처리 폴리프로필렌섬유

### 4. 품 질

#### 4.1 제품의 형태 및 규격

품 명	형 태	규 격			
		폭(m)	길 이(m)	두 게(mm)	면적(m <sup>2</sup> )
에코매트	ROLL	2.0	16.7	16	33.4

#### 4.2 치수허용차

(단위 : mm)

품 명	폭	길 이	두 게
에코매트	20	170	3

#### 4.3 이화학성능

품 명	인장강도 (길이×폭)	비 고
에코매트	7.0×6.0(kN/m) 이상	시험방법은 5항에 따름

## 5. 시험

### 5.1 인장강도시험

인장강도시험은 ASTM D 4595-1986, C.R.E 광폭스트립법에 따라 실시한다. 시험편은 크기 200×100mm의 것을 사용하며 시험편이 미끄러지거나 손상되지 않도록 시험편 전체 폭을 지지해 주면서 일정한 속도로 시험편에 변형을 가하여 시험편이 인장되어 파단 될 때까지 시험하는 동안 관찰되는 단위 폭당 최대강도(kN/m)로 구한다.

$$\text{인장강도} = \frac{\text{최대하중(kN)}}{\text{시험편의 공칭 폭 (m)}}$$

## 6. 검사

### 6.1 검사항목

검사는 치수 및 인장강도에 대하여 검사한다.

### 6.2 시료

검사하기 위한 시료는 5,000m<sup>2</sup>를 1로트로 한다.

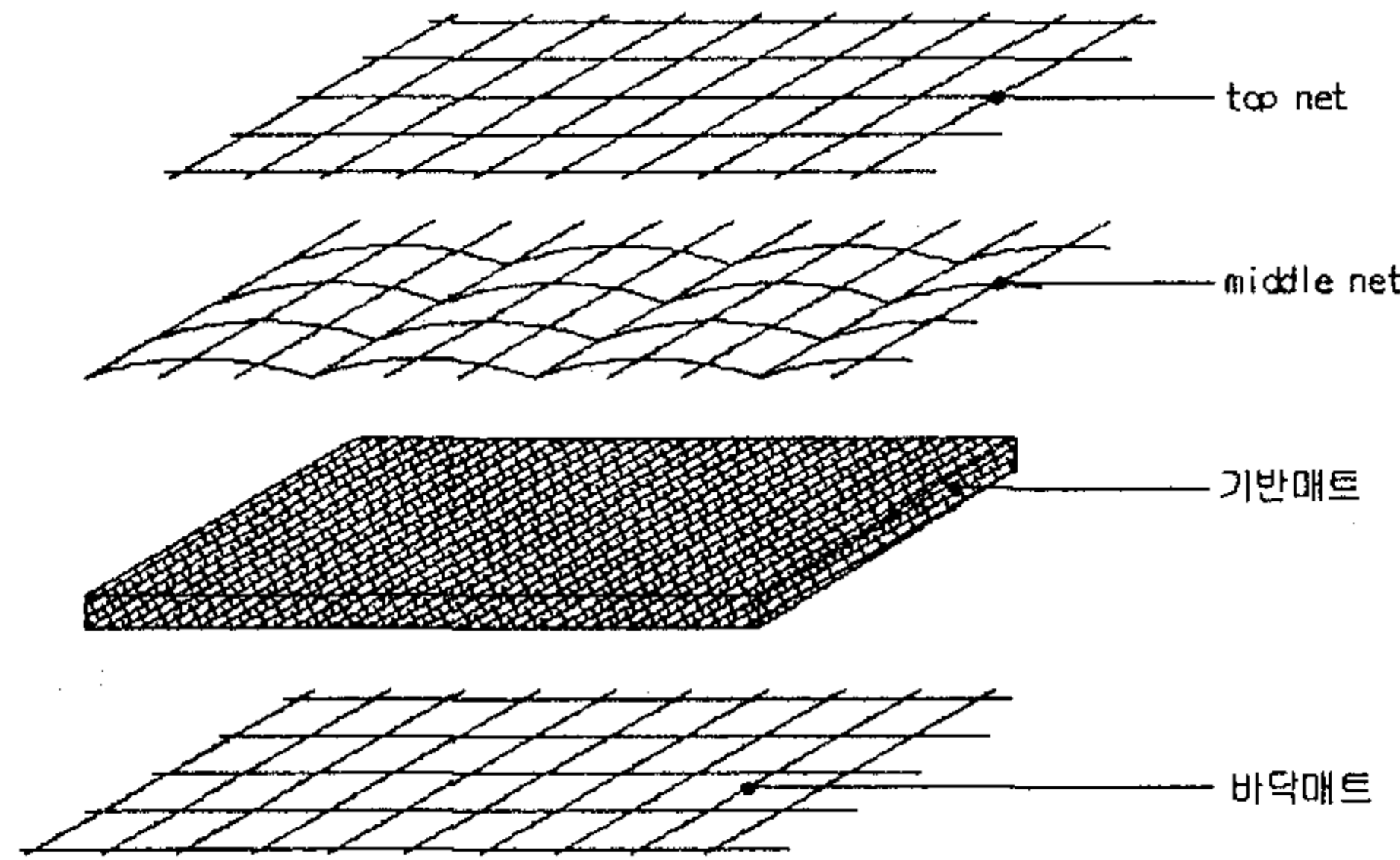
### 6.3 치수

치수의 검사는 1로트에 대하여 무작위로 3개를 채취하여 실측한다. 3개 모두가 4.1 및 4.2항의 규정에 적합하면 그 시료가 대표하는 무더기 전부를 합격으로 하고 1개라도 불합격이면 그 무더기 전부를 전수 검사한다.

6.4 규격이 미달되거나 파손 등이 있는 제품은 현장 반입시 반출조치한다.

### 6.5 인장강도

인장강도의 검사는 1로트에 대하여 무작위로 3개를 채취하여 시험하며, 그 평균값이 4.3항의 규격에 적합한 경우 합격으로 한다. 인장강도 검사에서 4.3항의 규정에 적합하지 않을 경우에는 재검사를 할 수 있다. 재검사는 그 로트로부터 다시 무작위로 6개의 시료를 채취하여 시험하며, 그 평균값이 4.3항의 규격에 적합한 경우 합격으로 한다.



## <에코매트 시공시방서>

### 1. 일반사항

#### 1.1 적용범위

- 본 시방서는 하천 및 절토 · 성토면의 녹화 공사에서 에코매트를 이용한 식생기반 조성 공사에 적용한다.

#### 1.2 참조자료

- 본 시방서에 언급되지 않은 사항은 건설교통부 제정 토목공사 표준시방서 및 조경공사 일반 표준시방서의 관련사항을 따르도록 한다.
- 본 공사를 시행하기 전에 감독자와 구체적인 시공 방법과 규모에 대해서 협의 및 확인을 받도록 한다.

### 2. 제품 개요

#### 2.1 제품의 정의

- 에코매트는 내구성을 강화한 폴리프로필렌을 사용하여 큰 직포에 다수의 고리를 유연한 3차원 입체구조로 엮은 특수 섬유제품이다.
- 식생의 보강으로 토양을 안정화시키고, 식생기반을 조성한다.
- 견고한 토양침식 방지효과와 유속의 억제효과를 기할 수 있다.

#### 2.2 제품의 규격 및 제원

##### 1) 에코매트

- 소재 : 100% 자외선 안정화 처리한 폴리프레인
- 유속검토
  - (1) 일반토양(0.5시간) 4.3m/s, 일반토양(50시간) 2.4m/s
  - (2) 식생이 활착된 토양(0.5시간) 6.1m/s, 식생이 활착된 토양(50시간) 4.0m/s

- 크기 : B=2m x var
- 두께 : 1.27 cm
- 인장강도 : 9.6\*7 KN/m
- 색상 : 흑색 및 녹색

## 2) 고정핀

- 금속스테인플 : 15cm x 1" x 15cm
- 철판 : ø3/16" x 45cm
- 와사 : 1 1/2" (3.81cm)

## 3. 시공

### 3.1 운반 및 현장반입

- 1) 운반 및 작업의 효율성을 위해 에코매트를 일정크기로 잘라낸 후 말아서 트럭에 실어 운반한다.
- 2) 현장 반입 후 그늘진 곳에 적재하여야 하며 당일 시공이 이루어지지 못 할 경우에는 그늘막 설치 등의 조치를 취하여야 한다.

### 3.2 제품의 시공

#### 1) 면 고르기 및 사면정리

- 시공할 기초면은 시공 전에 먼저, 이토 및 부석 등을 제거하고 절취 및 면고르기를 한다.
- 호안 사면을 10cm 절취 또는 면 고르기를 실시한다.
- 설계 도면에 의하여 부지의 구배 및 조성이 완료되었는지 확인한다.
- 콤팩터나 백호우의 버킷 뒷면을 이용하여 최대한의 다짐도가 나오도록 다진다.
- 단, 설치 이전에 씨앗 뿌리기가 선행될 경우 표면 토양을 약 5~7.5cm 두께로 느슨하게 하여야 한다.

#### 2) 제품의 설치

##### (1) 트렌치의 설치



- 매트 설치하는 지역 시점과 종점에 매트 고정용 트랜치를 설치하여야 한다
- 수로를 가로지르는 중간 배수용 트랜치를 매 12.2m 간격으로 설치하여야 한다.
- 매트 고정용 트랜치는 깊이 30cm, 너비 15cm로 설치하도록 한다.
- 중간 배수용 트랜치는 깊이 15cm, 너비 15cm로 설치하도록 한다.

### (2) 하천지역 설치

- 하천의 최하단부로부터 매트를 설치하기 시작한다.
- 매트를 말아 상부면이 아래가 되도록 하여 트랜치의 바닥부분 지면에 닿도록 한다.
- 매트를 핀으로 고정하고 복토를 한다.
- 매트의 물을 트랜치 하부에서 상부 쪽으로 깔아 올라온다.
- 상부면이 다시 위로 올라오도록 매트를 말아 접는다.
- 하천의 하부에서 상부 쪽으로 매트를 깔면서 올라간다.
- 하천 폭이 3.6m를 초과할 경우에는 인접 매트를 15 cm 이상 겹치도록 설치한다.
- 겹쳐서 설치할 때 측면으로 경사가 생기지 않도록 주의한다.
- 고정핀을 1m 간격으로 설치하고 복토한 후, 다짐을 실시한다.
- 매트의 설치 중 중간 배수용 트랜치에 도달하면 매트를 트랜치 면을 따라 접어 넣은 후 핀으로 고정시키고 복토 후 다진다.
- 종점 트랜치에 다다를 때까지 위의 방법으로 매트를 설치한다.
- 상부 종점 트랜치에 매트가 도달하면 매트를 트랜치면을 따라 설치한 후 핀으로 고정 및 복토 후 다진다.
- 다짐을 실시한 후에 다시 상부에 깔려진 매트 위로 약 60cm 내지 90cm 정도 겹치게 하여 1m 간격으로 핀으로 고정한다.
- 매트를 연결하고자 할 때에는 트랜치 지역에서 실시하거나 1m 이상 하부 매트가 상부매트로 들어가게 하여 들뜨지 않도록 하여야 한다.
- 매트의 끝은 종점 트랜치에 묻히게 하고 핀으로 고정한 후에 복토 다짐을 한다.

### (3) 경사지역 설치

- 경사지 상부로 매트를 60-100cm 여유 있게 내어 설치한다.

- 15cm 정도의 트렌치를 만들어 트렌치 바닥에 30cm 정도 간격을 유지하여 핀으로 고정한 후 복토 후 다짐을 한다.
- 매트는 지반과 밀착되도록 상부에서 하부로 설치하여야 한다.
- 인접 매트와의 최소 겹침은 약 15cm를 유지하여야 한다.
- 고정핀 설치는 약 1m 간격을 유지하여야 한다.
- 완만한 경사에서는 고정핀 및 향목 수를 줄일 수 있다

#### (4) 고정핀 박기

- 고정핀으로는 금속 스테이플 또는 철제핀에 와샤를 연결한 고정 장치를 사용하도록 한다.
- 스테이플과 와샤는 바닥에 확실하게 고정되어야 한다.
- 고정핀의 간격은 중심으로부터 1m 간격이다.
- 길이 방향 겹침을 실시 할 경우에는 최소 7.5m 이상 겹치도록 하여 핀으로 1m 간격으로 고정시키도록 한다.
- 끝단은 윗 부분 매트가 최소 30m 이상 겹치도록 하여 물 흐름에 방해가 되지 않도록 하고 30cm 간격으로 고정하여야 한다.

#### 3) 식재

- 식재는 설계도서 상에 표기되어 있는대로 작업을 실시한다.

#### 4) 현장 뒷정리 및 청소

- 현장 뒷정리 및 청소를 실시한다.

### 4. 검사

- 1) 제품의 수량이나 시공이 설계도서와 맞게 설치되었는지 검측, 확인하여야 한다.
- 2) 공사 완료 후 감독관의 공사 확인을 득한 후 철수하도록 하고 지적사항이 있을 경우 조치를 한 후 철수한다.

### 11. 구조제원

- 구조형식 : 식물매트 면형
- 설치구배 : 1:1 ~ 1:1.5 까지
- 식재공간 : 식재 100%
- 사용개수 : 1m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
- 조도계수 :

유형	수심별 매닝 조도계수		
	0-15cm	15-60cm	>60cm
에코매트 2기*	0.044	0.044	0.044

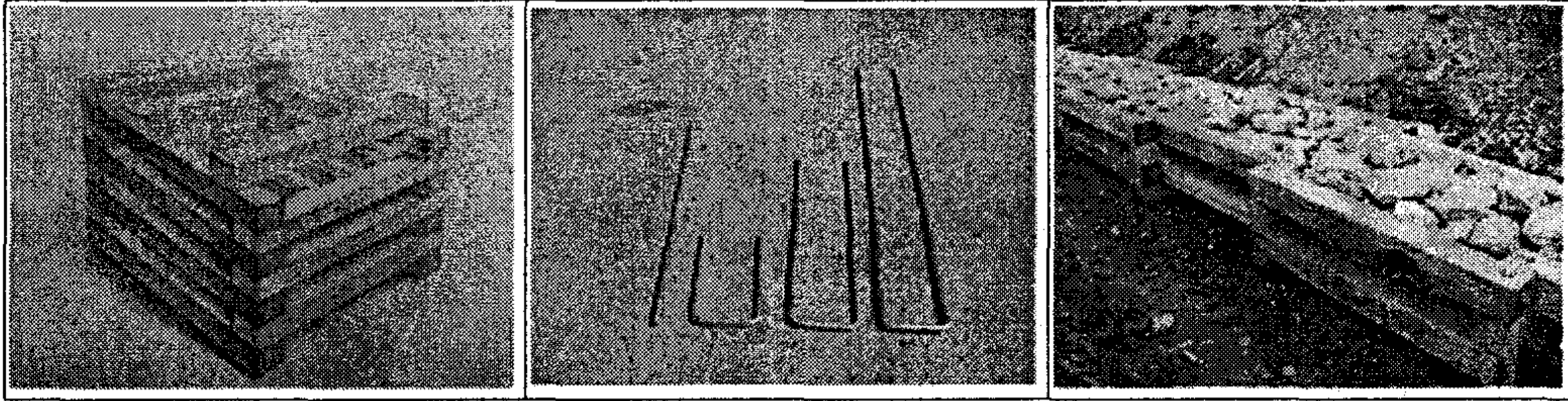
\*주: 에코매트 2기: 식물생육 6개월째

## 12. 안정성

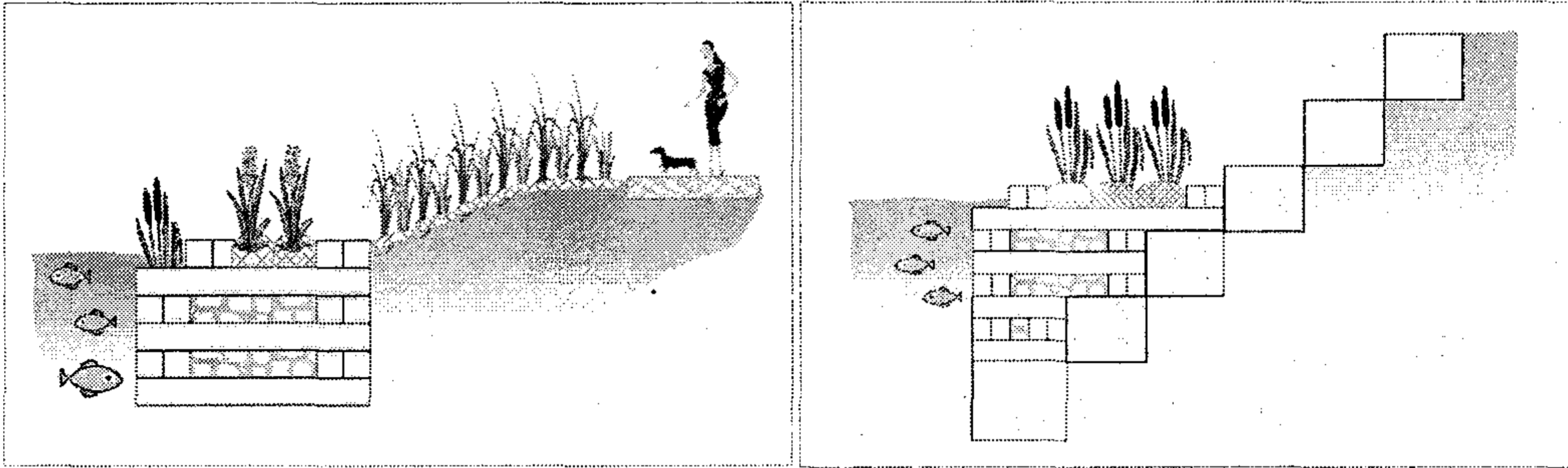
- 한계유속 : 5.5~6 m/sec
- 수직한계 :
- 사면구배한계 : 1:1.5 까지

## <목 재 계>

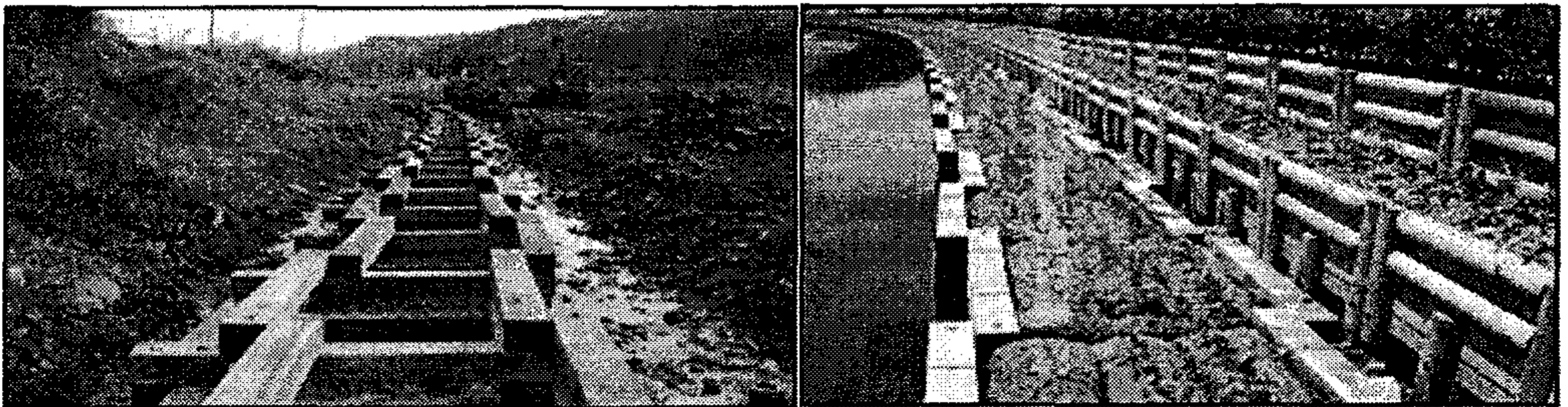
1. 제 품 명 : 나무 방틀
2. 용 도 : 하천 저수호안
3. 구조종별 : 호안공, 세굴 방호공, 식생 녹화공
4. 제품형태 : 사각 상자형태의 연결구조, 계단 및 역계단형 연결구조



## 5. 표준단면도



## 6. 적용사진



## 7. 제품개요

### 1) 개요

- ①방부각재를 우물 정(井)자 형태로 적층하고 볼트로 체결하여 상자형태의 구조물을 형성
- ②방틀 내부에 사석을 속 채움하고, 수생식물을 식재하여 수변의 녹화공간을 창출
- ③하천이나 소호의 하안부 세굴방지와 수질정화 기능 및 수중생물의 서식환경을 향상시키는 역할을 하는 친자연형 호안 공법

### 2) 특성

- ①중량물의 일체형 연결체 구조로 토목적 안정성이 매우 우수
- ②중 방향의 일체형 "ㄷ"볼트의 채용으로 견고성이 우수하고, 마감 후 품질검수가 용이
- ③자연스러운 곡선구조의 시공과, 제품 높이의 80% 이내에서의 수중 직접시공이 가능
- ④횡 방향 구조는 "ㄷ"형상으로, 식생도입의 용이성과 주변 지형과의 연결성을 향상
- ⑤산림청 고시 목재의 방부.방충 처리기준에 따라 산림청 인증업체에서 생산 공급
- ⑥적용 지형의 특성이나 설계의도에 따라 맞춤형 방틀의 공급이 가능 (방틀형, 계단형, 역계단형, 어류 서식처, 높이, 폭 등)

### 3) 속 채움 골재

속 채움 골재는 약 150~300mm의 자연석, 쇠석 등을 사용

## 8. 규격

( 단위 : mm )

구분	높이	뒷길이(폭)	사용각재	비고
기본형	600형	기본형 (1,500) 외 맞춤형 가능	기본형 (150*150*1500)	
	900형			
	1200형			

호 표	규 격	단 위	수 량	재료비	노무비	경 비	합 계	비고
방틀설치	1,500 × 1,500	組	1	480,000	61,863	19,256	561,119	
녹화공사	1,200 (h)형			6,000	5,089	-	11,089	
방틀설치	1,500 × 1,500	組	1	370,000	45,546	14,427	429,972	
녹화공사	900 (h)형			6,000	5,089	-	11,089	
방틀설치	1,500 × 1,500	組	1	260,000	29,427	11,130	300,557	
녹화공사	600 (h)형			6,000	5,089	-	11,089	

## 9. 설계 방법 (물가정보 - 268p 참조, 2006년 6월 기준 작성)

### ※특이사항

①기초공사(터파기, 되 메우기, 잔토처리)와 속 채움 골재의 구입비용은 제외하였음

②녹화공은 방틀 1조당 4주의 갯버들 식재를 기준 하였으며, 황마감기 비용은 제외하였음

③설계소요량의 계산 : 조당 150mm의 중복구간이 있으므로 1조당 1,350mm의 작업효율

## 10. 시공방법

### 1) 일반사항

- 나무방틀은 하천의 저수호안이나 석축전면, 계단블록 등에 설치하여,

①구조적으로 호안의 침식과 세굴을 방지하는 토목적 기능을 수행하며

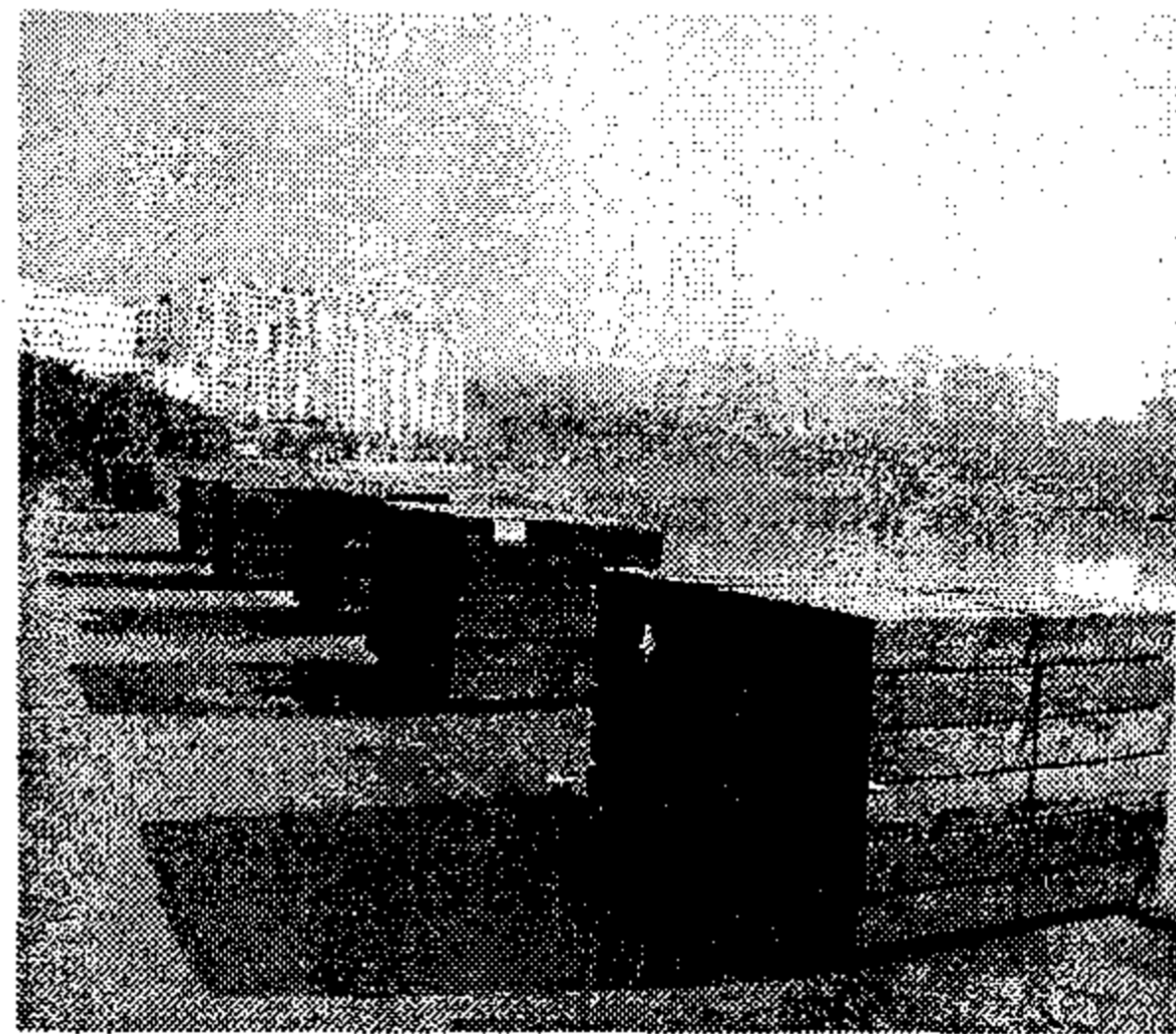
②환경적으로는 방틀 내부의 사석공극을 통하여 수중생물의 서식처를 제공하고, 사석공극을 통과하는 물은 역간 접촉산화법에 의하여 수질이 정화되며

③식생의 도입으로 경관성 향상과 수온의 상승억제, 수질정화 기능 등의 효과를 기대

④자재품질, 방틀시공, 운반 등의 기준은 본 시방서에 따라 적용하며 본 시방서에 기재되지 아니한 사항에 대해서는 감독관의 지시에 따른다.

## 2) 제품 개요

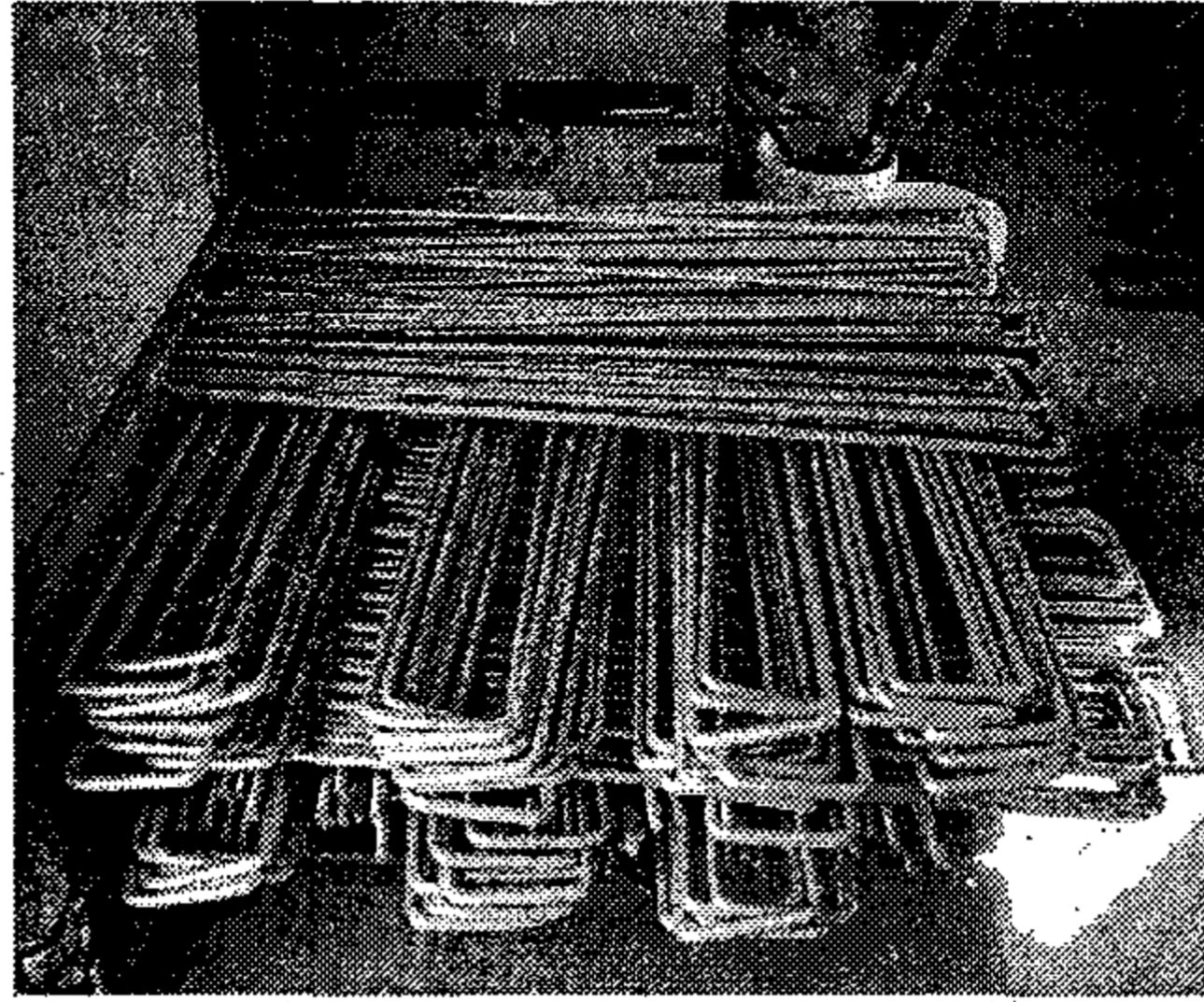
- ① 제품의 정의 : "ㄷ"형 볼트를 높이 방향으로 체결하여 일체형으로 구성된 연결구조의 나무방틀로 안정성과 견고성이 뛰어나
- ② 제품의 구성 : 방부각재(가로목재, 세로목재), 아연용융볼트, 속 채움 사석 등
- ③ 제품의 품질 : 제품의 외관상 파손된 부위나 균열 부위가 없어야 함
- ④ 규격 및 제원
  - 규격 : 1500×1500×(H= 600, 900, 1200)의 맞춤형 제품 공급가능
  - 목재 : 방부목(H4, H5 등급 이상) 외송 각재 1500×150×150
  - 볼트너트 :  $\Phi$ 16mm이상의 "ㄷ"형, I형 볼트너트(아연 용융도금, KS업체)
  - 속 채움재 :  $\Phi$ 150mm 이상의 사석 및 쇄석



시공설치 전 나무방틀



시공조립 중인 나무방틀



조립형 D 볼트

### 3) 제품의 시공

#### 가) 공사 전 검토사항

- ① 시공현장의 지반여건 및 침출수 여부 등을 조사한다.
- ② 공사용 차량(운반차량, 시공 장비 등)의 진입로를 확인한다.  
(11~25TON 차량)
- ③ 설계서상의 지형과 토질(암반, 모래펄, 등) 등이 상이한 경우에는 감독관에게 보고한 후 지시에 따른다.
- ④ 구조상 보강이 필요한 부분은 감독관과 협의하여 적절한 보강조치를 취한다.

#### 나) 제품의 설치

- ① 제품의 현장 반입 : 진입로의 확보 및 야적장 위치 선정
  - ② 자재 검수 : 각재 수량, 방부처리 상태 및 목재의 치수, 불량 목재의 선별 등
  - ③ 적재 및 소 운반
    - 각재의 종류별로 적재상태가 안정되도록 야적
    - 각재의 소 운반 시 굴리거나 던져서 방부층이 손상되지 않도록 유의
  - ④ 제품의 시공
    - 잡석포설 및 원 지반 다짐 후 기초면 고르기를 실시
    - 설계도면에 따라 가로목과 세로목을 적층하여 시공
    - 각재는 아연용융볼트와 너트로 견고하게 체결(아연피복의 손상 유의)
    - 나무방틀의 조립이 완성되면 볼트 체결의 검수 후에 속 채움 작업 실시
- 시
- 속 채움 작업 후 사석의 이탈 여부를 검사하고, 상단 면 고르기 실시



- 나무방틀 시점부와 종점부에는 사석 부설 등 세굴방지를 위한 조치를 함

⑤ 나무방틀 녹화공

- 도면상의 식재 수종 및 본수에 따라 식재작업을 실시하며 식재 작업 중에는 식물의 뿌리부분이 마르거나 상하지 않도록 주의 하여야한다.

- 식재 시기는 장마기(7월, 8월)나 동절기(12월~2월)를 피하는 것이 좋다.

- 식재 시기가 부득이하게 부적기에 이루어질 경우에는 보완 조치를 강구.

- 식재 시에는 식물의 뿌리 부분이 평수위선 아래에 위치하도록 하여 수분공급이 원활하도록 식재

- 갯버들 삼목 시에는 나무방틀 내부 모서리 부분에 식재하고, 식물이 움직이지 않도록 황마끈 등으로 고정 시킨 후 나머지 공간에 사석을 포설한다.

- 식생 기반재(반구형 포트 코이어를, 원형 포트 코이어를 등)를 이용한 식재시에는 유속이나 부력 등에 안정하도록 고정공이 필요(반구형 사용이 유리)

4) 제품의 검수

가) 설치 완료된 나무방틀이 기초면과 안정적으로 접하고 있는가?

나) 방틀 구성 자재의 소정 개수와 위치는 적정한가?

다) 볼트와 너트의 체결 상태는 양호한가?

라) 속 채움한 사석이나 쇄석의 이탈이 없고, 상단면 고르기 작업의 누락은 없는가?

마) 방부각재의 갈라짐이나 손상된 부위는 없는가?

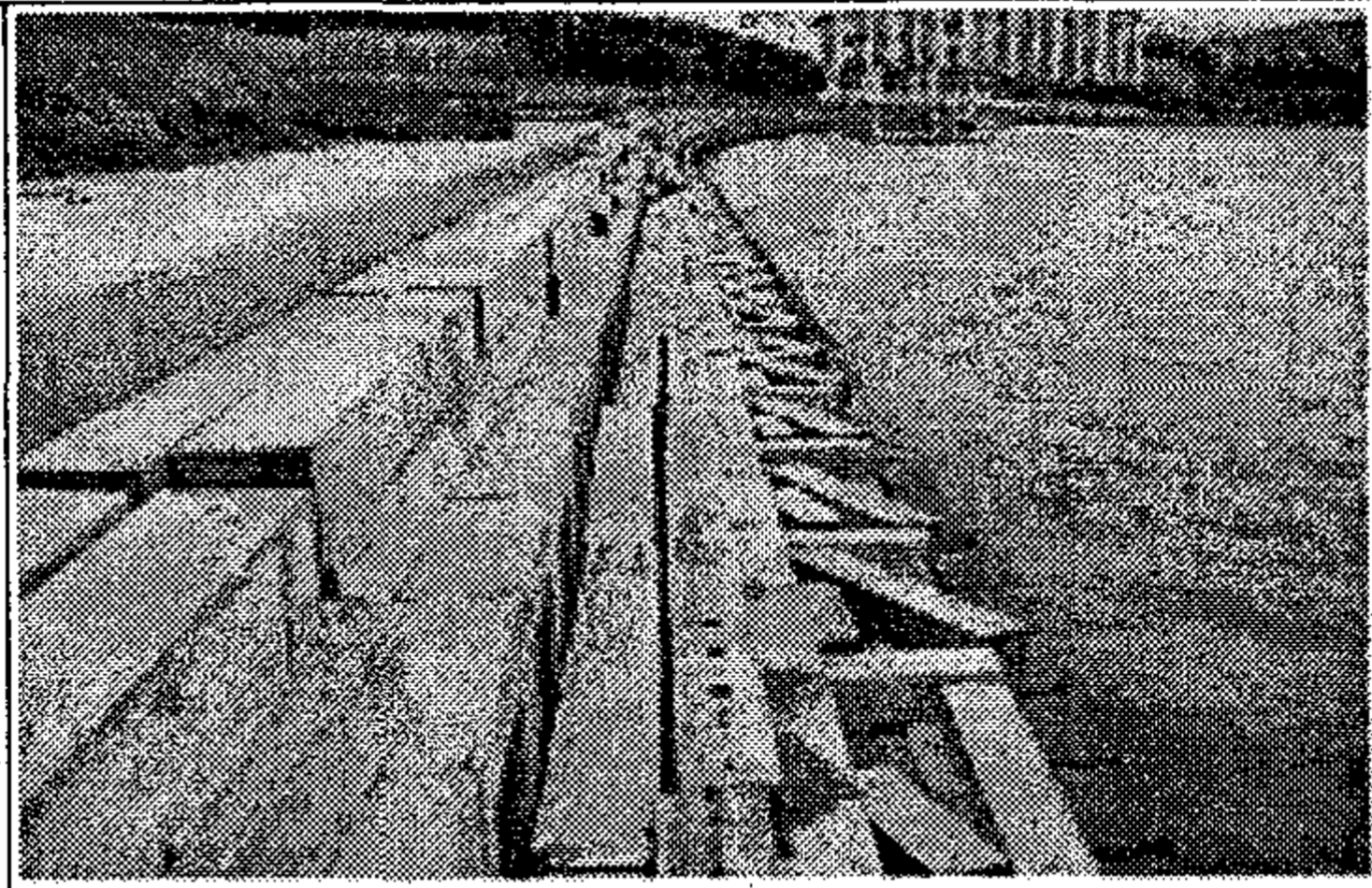
바) 식재 개수 및 뿌리부분의 위치는 적정한가?

사) 나무방틀 시점부와 종점부의 세굴 방호조치가 이루어졌는가?

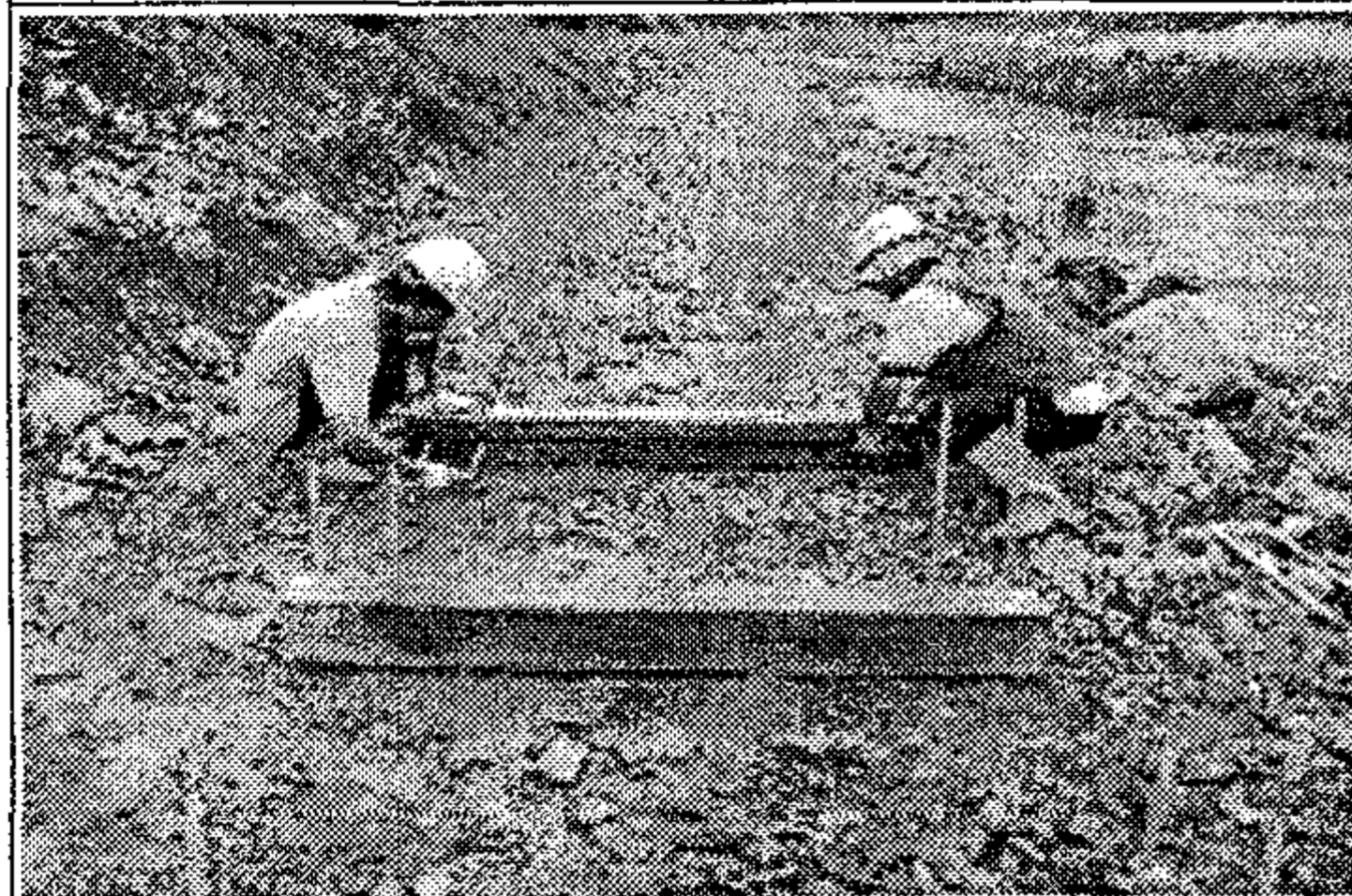
5) 시공 순서도



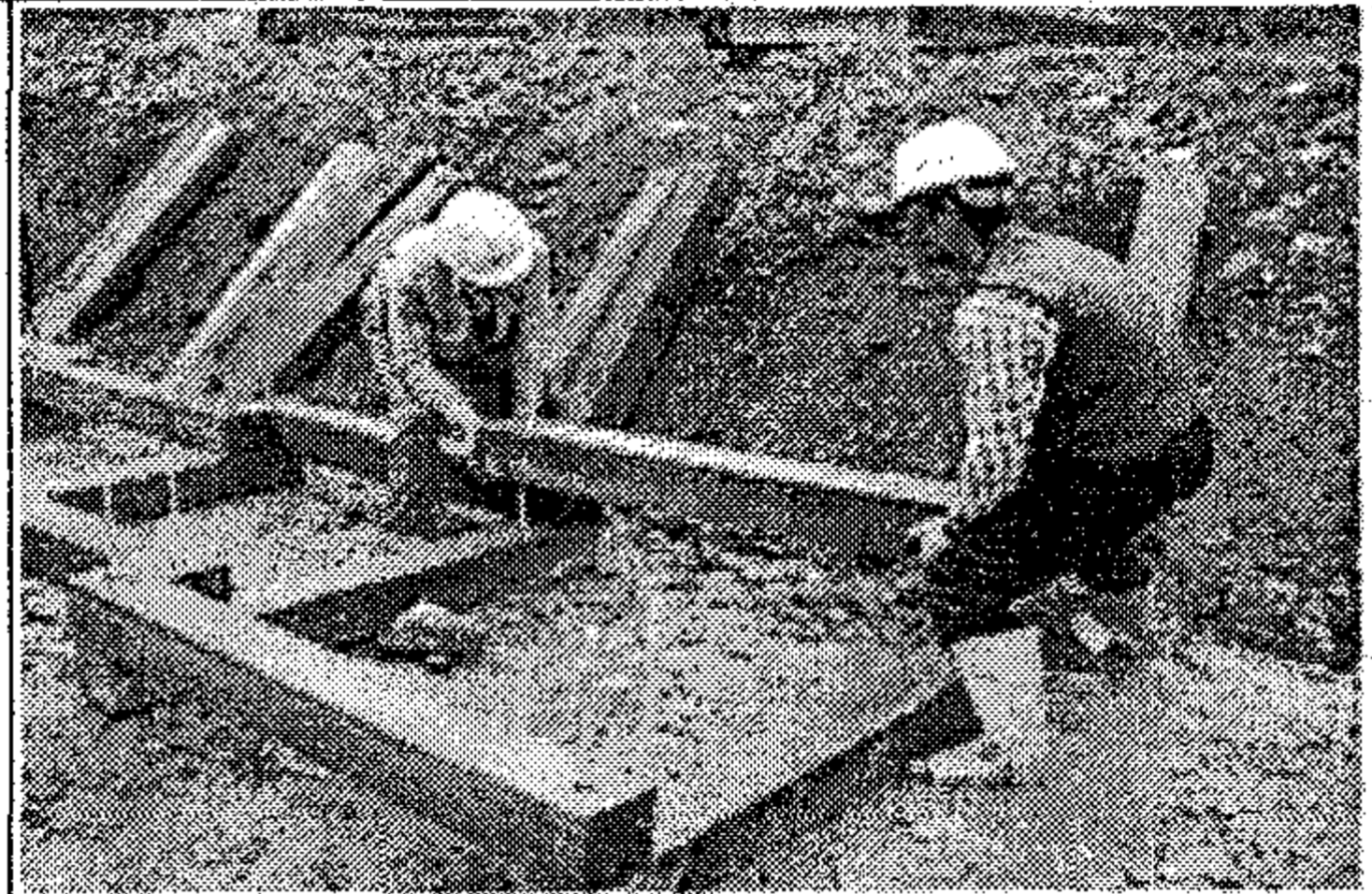
부 각재의 소 운반



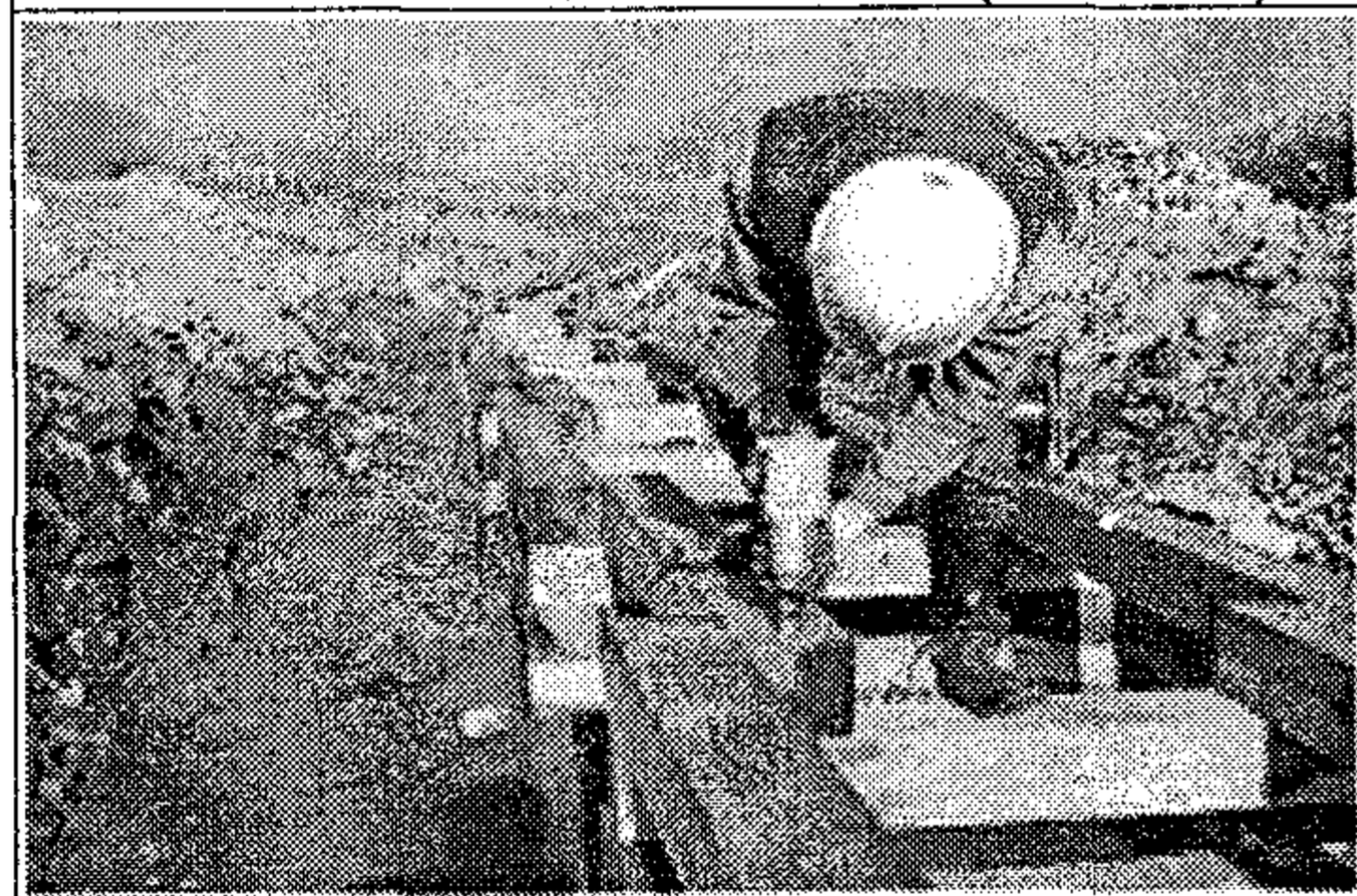
작업 준비(자재 종류별 분배)



기초면 다짐 후 시공(기단부)



가로목과 세로목의 적층 시공



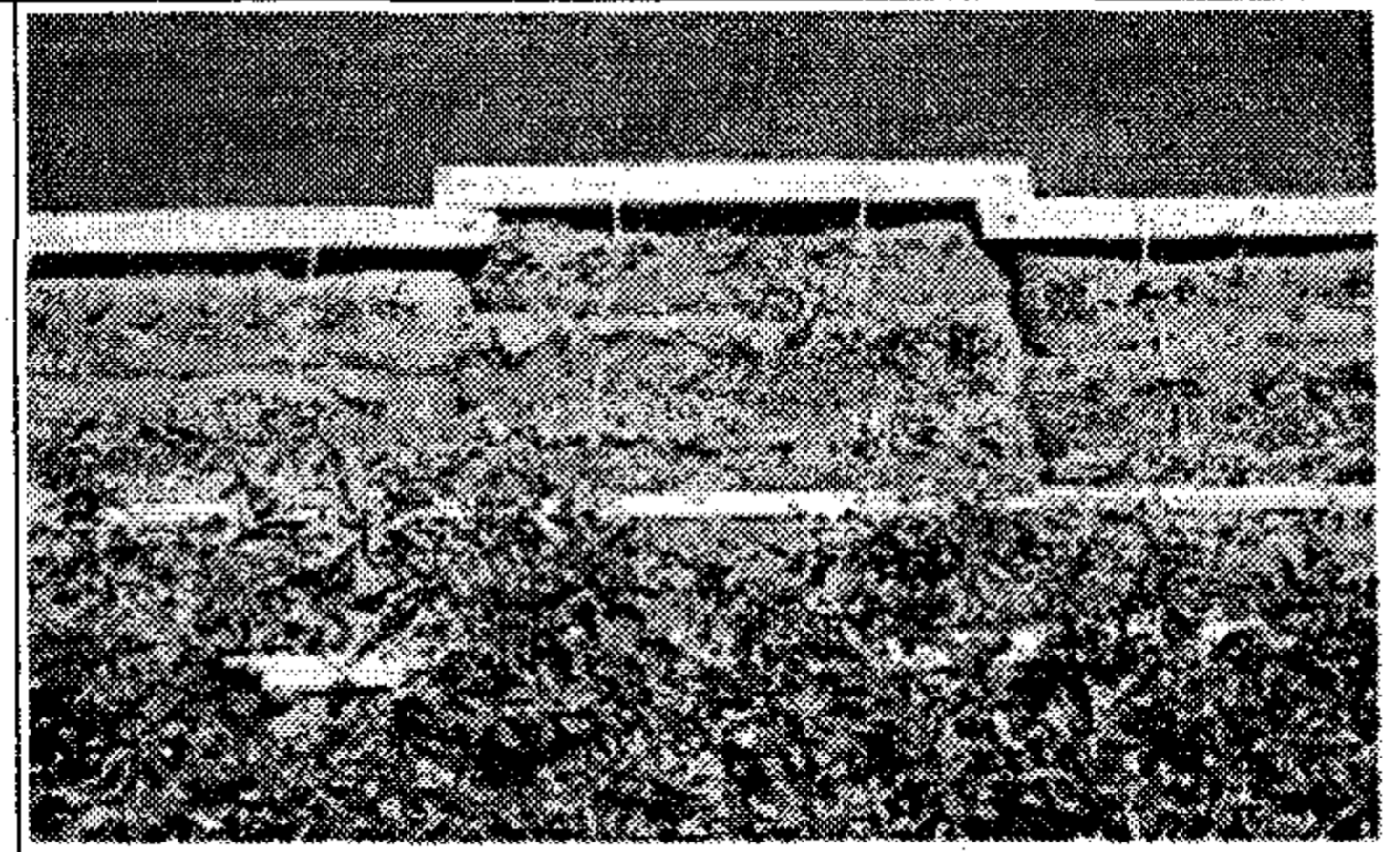
볼팅 작업(조임 상태 점검)



속 채움 사석 넣기



상 단면 사석 - 면 고르기



3D 반구형 롤을 이용한  
식재작업 후

## 11. 구조제원

### 1) 구조 형식

- 가) 150 × 150 × 1500 각재를 기본형으로 하여 높이 및 용도에 따라 맞춤형 공급
- 나) 방틀 설치높이에 따라 기본형 600형, 900형, 1200형으로 구분
- 다) "ㄷ"볼트를 하부에서 상부방향으로 하여 체결 - 견고성, 수중시공, 볼팅 하자 최소화
- 라) 상부는 "ㄴ"형태의 계단식 단차를 두어 식생활착이 용이하도록 구성
- 마) 전면부는 요철형태의 구성으로 경관성 향상과 유속저감 효과를 유도
- 바) 일체형으로 설치함에도 부드러운 곡선형 구조의 시공이 가능함

### 2) 설치 장소

- 하안의 세굴지역, 녹화계획지역, 수질정화 및 수중생태계 보호 육성지역 등에 설치
- 가) 설치구배의 제한은 특별히 없으며, 하상 기초부의 평탄작업이 중요
- 나) 모래펄이나 암반 지역은 안정성, 시공성면에서 문제점 발생 우려
- 다) 중공 블럭의 계단구조물에도 맞춤형으로 시공이 가능(국내유일, 시공사례 있음)
- 라) 방틀 설치높이 80% 이하의 수중에서도 직접 설치가 가능하여 공사기간 단축

### 3) 식재 공간

- 가) 직접 식재 시 - 삼목 등
  - ① 주로 갯버들이나 키버들을 삼목하는 방법
  - ② 방틀 모서리 부위에 식재하며 조당 4본 식재를 기준
  - ③ 황마천 등으로 뿌리를 보호하여 삼목하고 움직이지 않도록 고정
  - ④ 뿌리부분을 평수위 이하로 하여 식재하는 것이 관건
  - ⑤ "ㄴ"형상의 하단을 활용하여 식생활착이 원활하도록 식재
- 나) 식생 기반재를 이용한 식재 시 - 수생식물
  - ① 방틀 최상단을 속 채움 하지 않고 식생 기반재를 설치(약 2m<sup>2</sup>의 식재 공간)
  - ② 평수위가 방틀 최상단의 1/2 지점에 위치하도록 설치
  - ③ 반구형 포트 코이어롤을 규격에 맞도록 구입하여 고정 설치
  - ④ 갈대, 부들, 꽃창포 등의 수생식물을 식재(다양한 수변 녹화 가능)

#### 4) 주변 환경과의 조화

- 가) 나무와 돌, 식생으로 구성되는 친환경 공법의 특성으로 주변 환경과의 조화가 우수
- 나) 하천 공법의 도입 시 고려요소인 조도계수는 자연하천의 특성과 유사한 수준임
- 다) 식생 활착이 성공적으로 이루어지면 가장 이상적인 하안 공법이라 할 수 있음

### 12. 안정성

#### 1) 구조적 측면

- 가) 상,하 부위가 트인 구조로써, 사석공의 장점을 극대화한 것으로 무게 중심이 우수하고 힘의 분산이 용이하며, 세굴에도 안정적으로 대처
- 나) 중량물의 일체형 구조로 구성되어 제체 안정성이 우수
- 다) "ㄷ"형 볼트의 상하식 체결로 횡압력에 저항하는 힘이 우수하며 뒤틀림을 방지
- 라) "ㄷ"형 볼트의 일체식 체결로 너트 조임 개수를 최소화하여 볼팅 하자를 최소화

#### 2) 방부목의 제작

- 가) 나무방틀의 시공환경은 물과 접하는 하천이므로 방부처리 기술이 중요한 요건
- 나) 산림청 고시 기준에 따라 품질인증업체의 제품을 사용
- 다) 완벽한 가공 후 방부 처리하여, 방부층의 손상을 최소화
- 라) 나무방틀 최초 자상처리 후 방부를 통해 방부능을 최대화
- 마) 샘플 채취분에 대해 국립 산림과학원에 방부처리 품질검사 실시

3) 방부처리기준 요약 (산림청고시 제2004-62호)

등급	사용 환경 조건	사용가능한 방부제	적용대상
H3	야외사용목재, 흰개미피해환경, 자 주습한환경	CCA, ACQ, CCFZ, ACC, CCB 등	조경재, 방음벽, 파고라
H4	토양 또는 담수와 접하는 환경, 흰개미 피해환경, 공업용재 사용 환경	CCA, ACQ, CCFZ, ACC, CCB 등	전주, 펜스지주목, 조경시설재
H5	바닷물과 접하는 환경	CCA	부두의 항목, 선박용 부교

가) 목재의 방부처리 필요성

- ① 국산재로 잘 썩지 않는 낙엽송도 야외에서 사용할 경우 내용연수는 약7~8년 정도
- ② 상대적으로 무른 잣나무나 리기다소나무를 방부처리하면 30년 이상 사용 가능
- ③ 방부목재의 내용연수는 대략 30~50년( CCA.가압처리기준. 미국 농무성 자료 )

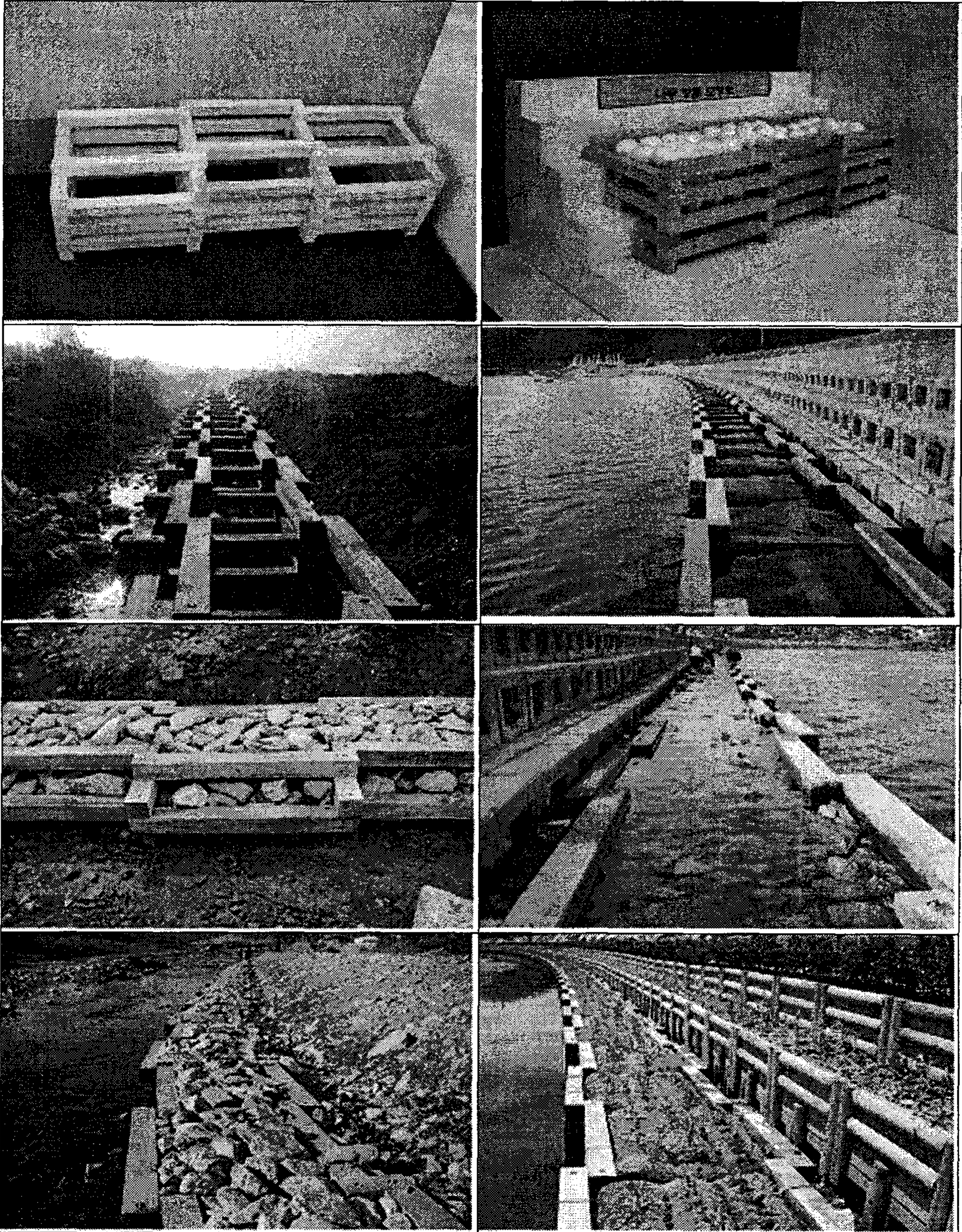
나) 방부목재의 가공

- ① 방부목재는 방부제의 유효성분이 목재 내에 정착될 때까지 이동하거나 양생기간 이전에 시공 설치 금지
- ② 방부목재는 방부처리 후 흠파기, 톱질, 대패질 등의 가공을 금지(방부 효능 저하)

다) 인사이징 가공

- ① 방부액 주입이 어려운 수종은 방부 전 인사이징 등의 주입촉진 작업 필요  
( 인사이징 : 칼날로 깊이: 10mm 이상, m2당 칼수: 3500이상, 4면을 자상처리)

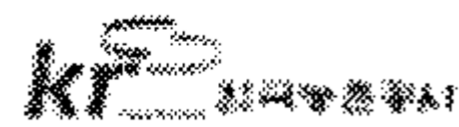
■ 시공사진



# 사용자 매뉴얼

## —친환경 소재-공법선정 지원시스템—

한국농촌공사 농어촌연구원



농어촌연구원 (Rural Research Institute) | 107-456-170 경기도 안산시 상록구 상동 1031-7  
Tel) 031-400-1702 Fax) 031-400-1704

# 목차

- 0.0 메인화면



## 0.0 메인화면

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	메인화면	화면명(asp)	

기능정의	메인화면입니다
기능설명	-1번 공지사항 및 Q&A목록을 보여 줍니다 -2번 최근 등록된 공법리스트를 보여 줍니다
소스코드	-
처리방법	<p>- 일반사용자 (USER)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LOGIN 을 통해서 사용자 인증과정을 마치고 나면 공법검색과 나의 공법검색 기록을 사용할 수 있다.</li> <li>• 사용자 ID 는 관리자에게 신청하여 부여 받을 수 있다.</li> </ul> <p>- 시스템 관리자 (DBA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전환경 소지-공법에 대한 신청,심사를 통하여 공법을 등록.</li> <li>• 전환경 공법관련 신기술보유 회사정보를 관리.</li> <li>• 공법에서 제공하는 소지-공법 적용될 수 있는 시설물의 정의와 시설물의 설계기준 등록.</li> <li>• 공지사항과 사용자들의 의견수렴을 위한 게시판 관리.</li> <li>• 소지 별 적용대상 구조물의 설계기준 정보를 지속적으로 유지관리 해야 함.</li> </ul>

## 1.나의 공법

제 목	홈페이지 관리자 지원서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	1-1 나의공법	화면명(asp)	/moc/my_moc_list.asp

기능정의	나의 공법 저장 화면입니다
기능설명	-사용자의 환경에 적합한 공법을 공법검색을 통하여 사용자의 선택에 의해 저장된 공법을 보여 줍니다 -이번 저장된 공법리스트를 보여 주며, 공법명/제목에 마우스를 오버하면 공법명과 제목의 상세 정보가 보여 줍니다
소스코드	
처리방법	-사용자의 검색기록 저장을 통하여 향후 검토된 공법에 대한 기록을 활용할 수 있음 -검토된 공법이 다른 경로에서 얼마나 자주 검토되고 있는 지를 참고할 수 있음

## 2.공법검색

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	2-1 공법검색	화면명 (asp)	/moc/search_1.asp

기능정의	공법 검색 화면입니다
기능설명	<p>-1번 소재를 선택합니다</p> <p>-2번 소재 선택에 의한 구조물 리스트가 나열 된 후 구조물을 선택합니다</p> <p>-3번 소재와 구조물 선택하면 내구성, 안전성, 영권성, 식물의 실속, 목재수종의 실속, 수중식물의 실속의 값이 자동으로 설정되며 사용자가 원하는 등급별 등급의 상, 중, 하를 체크합니다</p> <p>-4번 사용자가 선택 후 마친 후 적용 공법을 보기 위해 다음단계로 넘어갑니다</p>
소스코드	-초기값은 목재(소재) 어도(구조물)로 설정 됩니다
처리방법	-사용자가 원하는 설계기준 등급은 필요로 하는 항목에 대해서만 체크.

## 2.공법검색

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체 관리자
메뉴명	2-1-1 공법검색(공법리스트)	화면명(asp)	/moc/search_2.asp?material=2&structure=4
			

기능정의	공법 검색 화면입니다
기능설명	-1번 이진 단에서 선택한 소재 구조물을 보여 줍니다 -2번 사용자 선택에 따른 공법리스트를 보여 줍니다
소스코드	
처리방법	-선택하고자 하는 소재-구조물의 정보에 따라서 공법명의 리스트가 제공되며 소속회사 정보와 공법에 대한 전체 조회기록을 제공

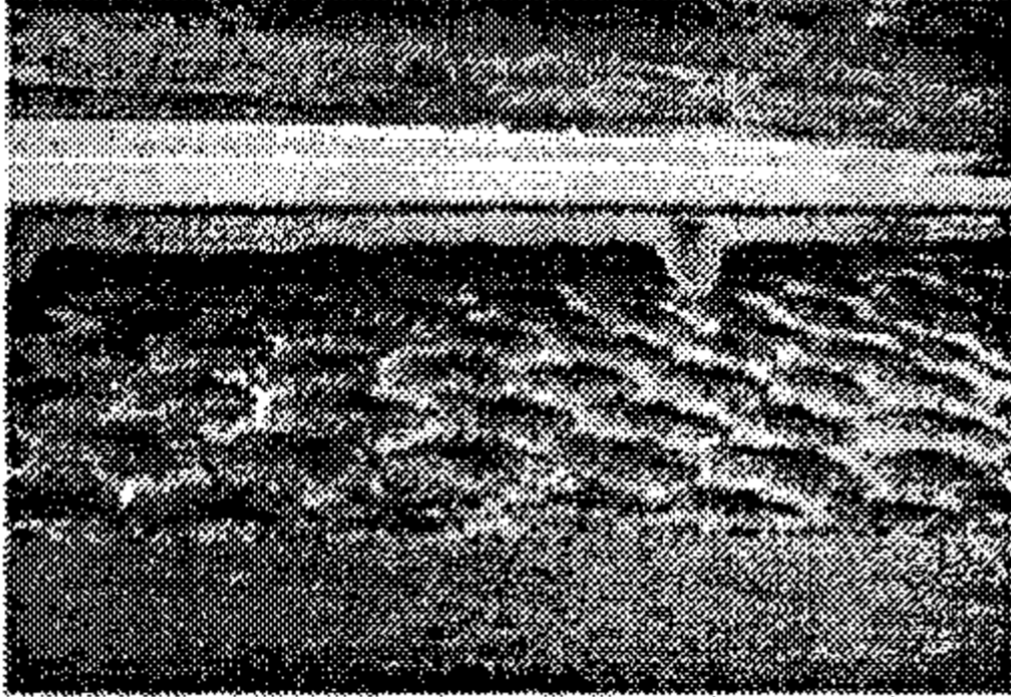

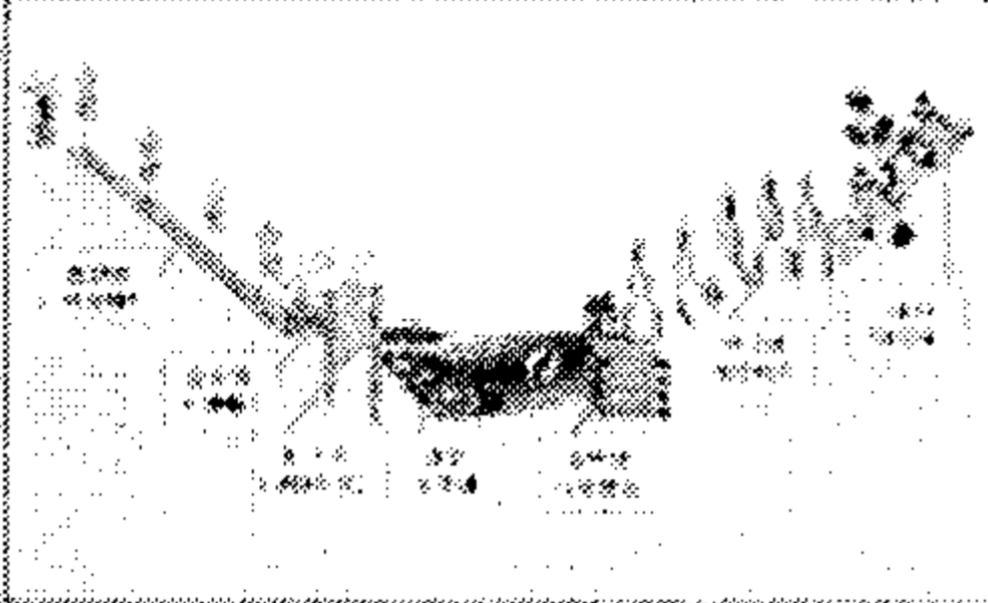
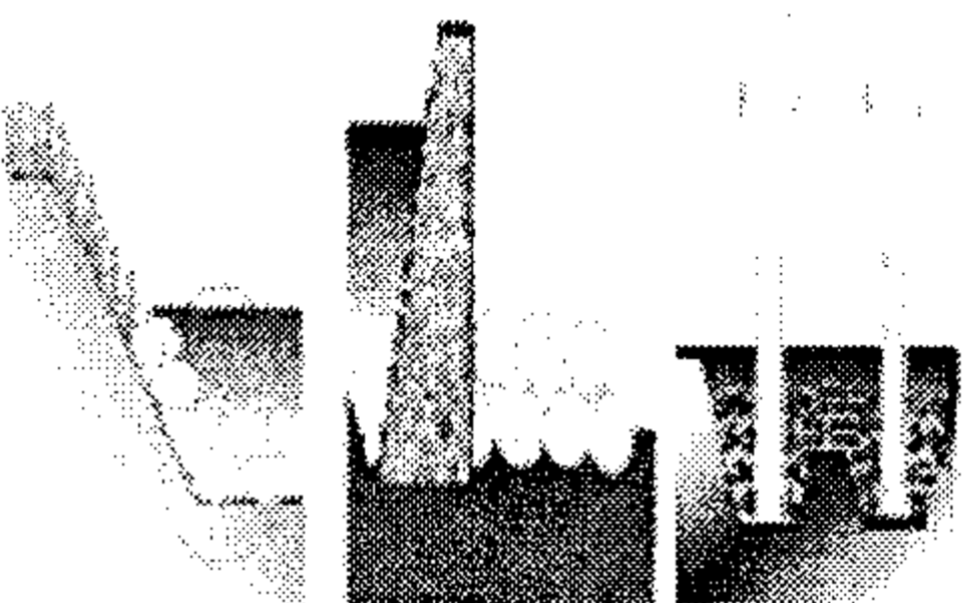
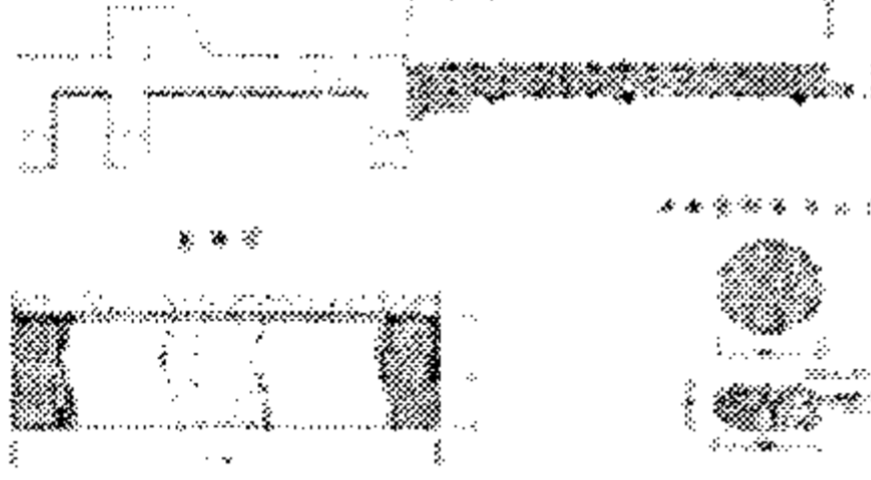

## 2.공법검색

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	2-1-2 공법검색(상세보기)	화면명(asp)	/moc/view.asp?curpage=1&moc_id=5&material=2&structure=4&query_title=&class_type_01=&class_type_02=&class_type_03=&class_type_04=&class_type_05=&class_type_06=&search_flag=1&search_text=



기능정의	공법 상세 정보 화면입니다
기능설명	-1번 공법에 대한 일반적인 개요를 보여 줍니다 -2번 공법에 적용된 사진을 시험 견, 후로 비포탄 사진과 (3)공법의 도면을 나타냅니다 -4번 사용자의 선택에 따라 공법을 저장합니다
소스코드	
처리방법	-시방서, 시공방법, 설계도면, 시공 견우 실적 사진을 선택하면 링크이름과 사업명이 다 란 기록 확인 -전환경 소재-공법 선택 결과 목록을 차례로 확인할 수 있도록 리스트 제공

## 2.공법검색

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	2-1-3 공법검색(사건/도면)	화면명(asp)	/moc/search_pop1.asp?moc_id=5 /moc/search_pop2.asp?moc_id=5
<p>○ 공법 사진</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>공법 사진전</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>공법 사진후</p>  </div> </div> <p>○ 공법 도면</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>			

기능정의	공법의 사진/도면의 상세보기 화면입니다
기능설명	-공법의 시공전과 시공후의 모습을 보여 줍니다 -공법의 도면을 보여 줍니다
소스코드	
처리방법	-공법 목록에서 선택한 공법의 상세도면 목록 화면

### 3.공지사항

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	3-1 공지사항	화면명(asp)	/board/list.asp?bid=001&pid=1

기능정의	공지사항 화면입니다
기능설명	-1번 관리자가 등록된 공지 및 소식을 등록합니다
소스코드	
처리방법	-사용자 메뉴얼 제공 -정확성 소지-공백에 대한 심의 신청과 결과 등에 대한 정보제공

### 3.공지사항

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	3-1-1 공지사항(상세화면)	화면명(asp)	/board/list.asp?bid=001&pid=1

기능정의	공지사항 화면입니다
기능설명	-전체 관리자만 등록 수정이 가능합니다 -1번 등록된 글의 상세 정보를 보여 줍니다
소스코드	
처리방법	-공지사항에 등록된 결과는 메인화면에서 신규자료 순서로 제공되도록 한다.



#### 4.Q&A

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	4-1 Q&A	화면명 (asp)	/board/list.asp?bid=002&pid=1

The screenshot shows a web application interface for a Q&A board. At the top, there is a navigation menu with links for HOME, 이용약관, 개인정보, 공지사항, and Q&A. Below the menu is a banner image with the text '대한민국농업기술연구원'. The main content area is divided into several sections: a left sidebar with a search box and a list of categories; a central list of questions with a circled '1' next to the first one; and a right sidebar with a table of statistics. The statistics table has columns for '등록자', '등록일', '조회', and '수정', and rows for '총등록자', '등록한 질문', and '등록한 답변'. At the bottom, there is a footer with the logo of the Korea Research Institute of Crop Science and contact information.

기능정의	질문 답변화면입니다
기능설명	-회원들이 등록한 다양한 질문 답변을 볼 수 있습니다 -1번 등록된 문의 리스트를 보여 줍니다
소스코드	
처리방법	-작성자와 댓글 방식으로 정보 교류를 할 수 있다.

#### 4.Q&A

계 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체 관리자
메뉴명	4-1-1 Q&A(상세화면)	화면명(asp)	/board/list.asp?bid=002&pid=1

기능 정의	질문 답변의 상세정보입니다
기능 설명	<ul style="list-style-type: none"> <li>-등록된 글의 내용을 확인합니다</li> <li>-비회원에게도 등록된 글이 보여 줍니다</li> <li>-비회원은 글쓰기, 댓글 달기, 수정의 기능이 제한 됩니다</li> <li>-기타 등록된 글의 상세내용이 보여 줍니다</li> <li>-2면 등록된 글에 댓글을 올릴 수 있으며 공개 여부와 결수주기와 같이 다양한 기능을 포함 하고 있습니다</li> </ul>
소스코드	
처리방법	

## 5.회원등급관리

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	5-1 회원등급관리	화면명(asp)	/admin/member_level.asp

기능정의	회원등급관리 화면입니다
기능설명	-1번 웹사이트를 통하여 등록된 회원의 리스트가 보여집니다 -2번 전체, 관리자, 담당자, 일반회원으로 구분하여 검색합니다
소스코드	
처리방법	-시스템 관리자는 사용자 ID를 총괄해서 관리한다

## 5.회원등급관리

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	5-1-1 회원등급관리(상세보기)	화면명(asp)	/admin/member_level_modify.asp?id x=23

기능 정의	회원등급관리 화면입니다
기능 설명	-1번 화면의 상세정보가 보여 줍니다 -2번 화면의 등급을 수정 할 수 있습니다
소스코드	
처리방법	-사내 인트라넷 망에서 사용될 경우에는 사번에 대한 인증결과를 제공하지 않지만 향후 일반 사용자, 시군 담당자에게 제공되어야 한다면 사용자 층에 대한 관리가 필요하게 되며 사번에 대한 인증결과를 필요로 할 수 있다.

## 6. 공법등록회사관리

계 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	6-1 공법등록회사관리	화면명(asp)	/rcompany_list.asp

The screenshot shows a web application interface for managing public law registered companies. At the top, there is a navigation bar with the text '공법등록회사의 관리자 전용 페이지'. Below this, there is a search bar and a list of companies. The list has the following columns: No., 회사명 (Company Name), 전화번호 (Telephone), and 주소 (Address). The companies listed are:

No.	회사명	전화번호	주소
3	신원종합건설(주)	021-254-3000	기동로 11길 11 동 1101호
4	동진종합건설(주)	021-254-3000	경기도 경기도 용인시 처인구
5	주식회사 시대건설	021-440-0000	서울시 용인구 가곡동 137
6	최정종합건설(주)	021-208-1510	서울시 용인구 가곡동 137-1
7	합진종합건설(주)	021-671-1000	서울 용인구 가곡동 137

At the bottom of the page, there is a footer with the logo 'kf' and contact information: 'Korea Finance Bank', 'Tel: 02-400-1100 Fax: 021-400-1100'.

기능정의	공법등록된 회사 리스트 화면입니다.
기능설명	-1번 등록된 회사의 리스트를 보여줍니다 -2번 신규 회사를 등록 할 수 있습니다
소스코드	
처리방법	-회사 정보는 공법검색결과로 부터 회사정보를 확인하는 방법으로 화면에 -신규 공법의 등록은 사전에 기술보유 회사의 정보 등록이 필수

## 6. 공법등록회사관리

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전계관리자
대뉴명	6-1-1 공법등록회사관리(상세보기/정보수정)	화면명(asp)	/rcompany_modify.asp?db=rcompany&pid=1&num=5

기능정의	공법등록된 회사 리스트 수정화면입니다
기능설명	-1번 등록된 회사 정보를 수정합니다 -2번 일부 부서 등록합니다
소스코드	
처리방법	-시력성적서 등은 회사의 특허, 실용신안 등에 대한 전반적인 정보를 올려놓을 수 있다.

## 7. 등록된 공법관리

제 목	웹페이지 관리자 지원서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	7-1 등록된 공법관리	화면명(asp)	/moc/user_moc_list.asp

기능정의	등록된 공법관리 리스트 화면입니다
기능설명	-1번 등록된 공법순으로 리스트가 정렬됩니다 -2번 제목, 표시명을 통하여 검색이 가능합니다 -3번 신규 공법을 등록합니다
소스코드	
처리방법	

## 7. 등록된 공법관리

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	7-1-1 등록된 공법관리(수정)	화면명(asp)	/moc/user_moc_form.asp

기능명	등록된 공법관리 리스트 화면입니다
기능설명	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1번 회사관리를 통하여 등록된 회사의 리스트가 보여 줍니다</li> <li>-2번 공법의 개요가 보여 줍니다</li> <li>-3번 리항목마다 첨부파일을 등록 할 수 있으며 "추가"를 통하여 다수의 첨부 파일을 등록 할 수 있습니다.</li> <li>-4번 공법이 속한 카테고리(소지/구조물/환경기준)를 보여 줍니다</li> <li>-5번 수정 및 삭제가 가능합니다</li> </ul>
소스코드	
처리방법	



## 7. 등록된 공법관리

제 목	웹페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	7-1-2 등록된 공법관리(등록)	화면명(asp)	/moc/update_form.asp?moc_id=5

기능정의	등록된 공법관리 등록화면입니다
기능설명	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1번 회사관리를 통하여 등록된 회사의 리스트를 설정한 후 공법명 개요를 입력합니다</li> <li>-2번 "추가"버튼을 통하여 다수의 첨부 파일을 동시에 올릴 수 있습니다.</li> <li>-3번 공법도면 및 사진 등록 시 이름을 입력하시면 도면 및 공법사건의 상세보기 사진 제목을 노출할 수 있으며 "추가"시 항상 두 개의 입력 필드가 생성됩니다</li> <li>-4번 공법이 속한 카테고리르 선택합니다 소지 선택시 하위 메뉴가 노출됩니다</li> <li>-5번 공법의 환경기준 등급 및 설명을 입력합니다</li> </ul>
소스코드	
처리방법	

## 8.소재코드관리

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자 레벨	전체관리자
메뉴명	8-1 소재코드관리(소재등록)	화면명(asp)	/moc/code_add_frm.asp?cd_1001=

기능정의	소재코드 등록 화면입니다
기능설명	-1번 "소재등록"을 통하여 소재를 추가 생성 할 수 있습니다 -2번 소재명 입력 후 등록됩니다
소스코드	
처리방법	

## 8.소재코드관리

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	8-1 소재코드관리(구조물등록)	화면명(asp)	/moc/code_list_ifm.asp?cd_1001=2

기능정의	소재코드 등록 화면입니다
기능설명	-1번 소재등록에 의해 등록된 리스트를 선택합니다 -2번 소재가 선택되면 선택된 소재와 구조물 리스트가 자동으로 생성됩니다 -3번 구조물 명을 입력 후 등록합니다
소스코드	
처리방법	

## 9.환경평가기준

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전제관리자
대뉴명	9-1 환경평가 기준(등록)	화면명(asp)	/moc/code_list.htm.asp?cd_1001=2

기능정의	소지코드 등록 화면입니다
기능설명	-1번 소지를 선택합니다 -2번 소지가 선택되면 구조물이 생성됩니다. 구조물을 선택합니다 -3번 각 항목에 "상,중,하"의 값을 입력 후 저장합니다
소스코드	
처리방법	-각 소지를 사용하는 구조물에 따라서 설계기준의 경의를 K&시방서의 내용을 요약하여 정의해 둔다. -공법의 전환경설 소지 등급수준을 결정할 때 전문가의 자문결과와 시방서의 품질기준의 등급별 기준을 참고하여 등록하여야 한다.

## 9.환경평가기준

제 목	홈페이지 관리자 지침서	사용자레벨	전체관리자
메뉴명	9-1-2 환경평가 기준(수정)	화면명(asp)	/moc/code_list_ifm.asp?cd_1001=2

기능정의	소재코드 등록 화면입니다
기능설명	-1번 소재, 구조물을 선택합니다 -2번 각 항목의 내용을 수정합니다
소스코드	
처리방법	

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부로부터 연구비를 지원받아 농업기반공사 농어촌연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

### ■ 발 행 처

농촌종합개발을 위한 친환경 소재·공법의 품질, 내구성 및 안정성에 관한 연구	
발 행	2006. 12.
발행인	김 현 영
발행처	한국농촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 1031-7번지 전 화 031 - 400 - 1792 FAX 031 - 400 - 1794
■ 이책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	