

제1차년도  
연차보고서

농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른  
재개발 대책

Guidelines for Reservoir Safety and Maintenance  
and  
Development of Rehabilitation Methods of Degraded  
Agricultural Reservoirs

서울대학교 농업생명과학대학

농림수산부



# 제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책에 관한 연구” 과제의 연차보고서로 제출합니다.

1995. 12.

주관연구기관명	서울대학교
총괄책임연구원	장 병 욱
협동연구원	김 무 열
	송 창 섭
	이 행 우

연구원	박 영 곤	우 철 웅
	길 상 춘	전 상 욱
	정 종 홍	강 성
		원 정 윤

# 요 약 문

## I 제 목

농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라는 전국에 약 18,000여개의 농업용 저수지가 있으며 이들 저수지는 규모면에서 볼 때 비교적 소규모임에도 불구하고 총 담면적의 약 54%에 농업용수를 공급하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 농어촌 산업구조 및 생활환경의 변화에 따라 종래의 농업용수 공급이라는 협의의 역할 이외에도 농어촌 근린 휴양지로서의 역할, 생활용수의 공급 등의 역할을 부가하여 수행할 것으로 기대된다.

이러한 중요성에도 불구하고 현재의 저수지는 과거 재정형편, 건설기술수준의 제약에 따라 최소한의 시설 기준에 의해 설치된 것이 대부분이다. 또한, 저수지 축조 후 적절한 유지관리 대책이 이행되지 못하므로 저수지의 설치 목적 달성이 어렵고 저수지 하류에 인구가 증가하고 도시가 형성되는 등 안전에 대한 요구가 증대되었으나 이에 부응하는 개선책이 미비되어 재해의 위험이 가중되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 농업용 저수지의 체계적인 유지관리를 위한 유지관리 규정을 정립하고, 기존의 농업용 저수지의 노후화 정도를 판정하고, 노후화의 정도에 따라 안전성 여부를 검토하여 안전성이 결여되거나 문제점이 있는 저수지의 적절한 대책과 공법을 제시하여 효과적인 수자원의 관리를 도모하기 위함이다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 농업용 저수지의 유지관리 지침의 정립
  - 1) 농업용 저수지의 유지관리 실태 조사
  - 2) 각 국의 저수지 관리 현황 및 관리지침의 비교 검토
  - 3) 저수지 관리지침의 정립
2. 농업용 저수지의 노후화 평가 시스템 개발
  - 1) 노후화 평가 기준의 정립
  - 2) 노후화 평가 시스템의 개발

### Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책”의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업용 저수지 유지관리 지침을 작성하였다.
2. 경기도내 농지개량조합에 의해 관리되는 32개 저수지에 관한 현장 조사를 실시하였다.
3. 미국과 일본의 유지관리 실태를 조사하였다.
4. 노후화 판단 기준을 바탕으로 농업용 저수지의 노후화 평가 시스템을 개발하였고 현장조사된 자료를 입력하여 데이터베이스를 구축하였다.
5. 기설 저수지의 노후 정도를 예측하는데 활용할 수 있다.

# SUMMARY

The research of "Guidelines for Reservoir Safety and Maintenance and Development of Rehabilitation methods of Degraded Agricultural Reservoirs" is authorized under Kyungki-Do and The Ministry of Agriculture and Fisher to Agricultural Development Research Center in Seoul National University.

This progress report contains the following works during the first year of the two-year contract.

The works performed are as follows;

Part I of the report describes research objectives and scope of the works. It contains that current conditions of reservoirs investigated in Kyungki-Do.

Part II describes the criteria of evaluation of the degraded agricultural reservoirs in Kyungki-Do. The reservoirs are to evaluate their safety deficiencies identified during the in-situ examinations are analyzed. Technical guidelines for the safety of reservoir evaluation process is included.

Part III provides the evaluation system of the degraded agricultural reservoirs in the area. This part focuses on the establishment of database system for easy and effective maintenance and management of the reservoirs.

Part IV contains development of guidelines for maintenance of the existing agricultural reservoirs.



# Contents

<b>Part I . Present Conditions of Agricultural Reservoirs . . . . .</b>	<b>17</b>
Chap 1. Guidelines for Reservoir Safety and Maintenance and Development of Rehabilitation Methods of Degraded Agricultural Reservoirs	17
Sec 1. Introduction	17
Sec 2. Background of the Research . . . . .	18
Sec 3. Purposes & Scope of the Research . . . . .	23
Sec 4. Purposes in details . . . . .	25
Sec 5. Personals in the Research . . . . .	27
Sec 6. Summary & Conclusion . . . . .	28
Chap 2. Present Conditions & Statistics of Reservoirs . . . . .	29
Sec 1. Introduction . . . . .	29
Sec 2. Present Conditions of Agricultural Reservoirs . . . . .	30
Sec 3. Summary & Conclusion . . . . .	44



<b>Part II. Guidelines for Evaluation of Degraded Reservoirs</b> . . . . .	<b>47</b>
Chap 3. Natures of Degraded Reservoirs . . . . .	47
Sec 1. Introduction . . . . .	47
Sec 2. History of Dam Failures . . . . .	48
Sec 3. Definition of Degraded Reservoir . . . . .	49
Sec 4. Evaluation of Degradation of Reservoir based on Conditions of Design, Construction and Maintenance	53
Sec 5. Kinds of Failures & Damages of Agricultural Reservoirs	54
Sec 6. Summary & Conclusion . . . . .	60
Chap 4. Investigation of Existing Reservoirs . . . . .	61
Sec 1. Introduction . . . . .	61
Sec 2. Responsibility of Examination Team . . . . .	61
Sec 3. Databooks & Records . . . . .	61
Sec 4. Examination Arrangements . . . . .	62
Sec 5. Reservoir Investigation . . . . .	64
Sec 6. Summary & Conclusion . . . . .	72
Chap 5. Criteria of Reservoir Evaluation . . . . .	73
Sec 1. Introduction . . . . .	73
Sec 2. Kinds of Problems . . . . .	73

Sec 3. Criteria of Evaluations . . . . .	74
Sec 4. Summary & Conclusion . . . . .	113
 Chap 6. Outline and Results of Reservoir Investigation . . . . .	 115
Sec 1. Purposes and Scope of the Reservoir Investigation . . . . .	115
Sec 2. Results of Reservoir Investigation . . . . .	116
Sec 3. Summary & Conclusion . . . . .	160
 <b>Part III. Development of Evaluation System of Degraded Reservoirs . . . . .</b>	 <b>161</b>
 Chap 7. Database of Agricultural Reservoirs . . . . .	 161
Sec 1. Introduction . . . . .	161
Sec 2. Fundamental Program Principles . . . . .	161
Sec 3. Contents of Database . . . . .	162
Sec 4. Input & Output of Database . . . . .	164
Sec 5. Summary & Conclusion . . . . .	168
 Chap 8. Development of Evaluation System of Degradation of Reservoirs . . . . .	 169
Sec 1. Introduction . . . . .	169
Sec 2. Contents of Evaluation System . . . . .	169
Sec 3. Evaluation of Degradation of Reservoirs . . . . .	177
Sec 4. Summary & Conclusion . . . . .	179

<b>Part IV. Investigation &amp; Analysis of maintenance of</b>	
<b>Reservoir &amp; their Guidelines . . . . .</b>	<b>181</b>
Chap 9. Investigation and Analysis of maintenance of	
Agricultural Reservoirs . . . . .	181
Sec 1. Introduction . . . . .	181
Sec 2. Investigation of Current Condition of Reservoirs	182
Sec 3. Examination and Analysis of conditions of Reservoirs .	182
Sec 4. Summary & Conclusion . . . . .	186
Chap 10. Guidelines for Reservoir Maintenances . . . . .	187
Sec 1. Introduction . . . . .	187
Sec 2. Principles of Reservoir maintenance . . . . .	187
Sec 3. Guidelines for Reservoir maintenance	191
Sec 4. Guidelines of Foreign countries	194
Sec 5. Summary & Conclusion . . . . .	201
Appendix . . . . .	203

# 목 차

제출문	1
요약문	2
SUMMARY	4
CONTENTS	6
제1편 농업용 저수지의 현황	17
제1장 농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책	17
제1절 서론	17
제2절 연구의 배경과 기본방향	18
1. 연구의 배경	18
2. 연구의 기본 방향	20
제3절 연구의 목적과 범위	23
1. 연구의 목적	23
2. 연구의 범위	24
제4절 연구의 세부내용	25
1. 연구목표	25
2. 세부과제별 연구내용	26
제5절 연구진	27
제6절 요약 및 결론	28

제2장	농업용 저수지의 현황과 제원	29
제1절	서론	29
제2절	농업용 저수지의 현황	30
1.	전국 수리시설물 현황	30
2.	경기도내 수리시설물 현황	33
제3절	결론 및 요약	44
제2편	노후저수지의 판단기준의 정립	47
제3장	노후화의 특징	47
제1절	서론	47
제2절	저수지 파괴 역사	48
제3절	노후저수지의 정의	49
제4절	설계, 시공 및 운영실태에 의한 노후정도의 평가	53
제5절	농업용 저수지의 파괴형태와 원인	54
1.	파괴의 유형	54
2.	파괴의 원인	56
제6절	요약 및 결론	60
제4장	저수지의 조사방법	61
제1절	서론	61
제2절	조사팀의 구성 및 책임	61
제3절	조사자료의 기록방법	61
제4절	조사계획	62
1.	계획	62
2.	예비조사 및 자료수집	62

제5절	현장조사	64
1.	저수지 조사	64
2.	각 부분별 조사	66
제6절	요약 및 결론	72
제5장	노후화의 판단기준	73
제1절	서론	73
제2절	일반적인 결함요소	73
제3절	판단기준	74
1.	제체부	74
2.	구조물부	78
3.	하류피해	95
4.	상류 및 저수지 퇴사상태	104
5.	여수토의 홍수처리능력	111
6.	기초암석 및 지진에 대한 평가	112
제4절	요약 및 결론	113
제6장	현장조사의 개요 및 결과	115
제1절	현장조사의 목적과 범위	115
1.	현장조사의 목적	115
2.	현장조사의 범위	115
3.	조사대상 저수지의 선정	115
제2절	현장조사 결과	116
1.	각 저수지별 현장조사 결과	116
2.	현장조사 결과 분석	157



제3절 요약 및 결론	160
<b>제3편 노후저수지의 평가시스템의 개발</b>	<b>161</b>
제7장 농업용 저수지의 데이터베이스 구축	161
제1절 서론	161
제2절 데이터베이스의 기본구상	161
제3절 데이터베이스의 구성	162
1. 기본대장	162
2. 조사대장	162
3. 보수대장	163
제4절 자료의 입력 및 출력	164
1. 입력자료	164
2. 자료처리시스템	165
제5절 요약 및 결론	168
<b>제8장 농업용 저수지의 노후화 평가시스템의 개발</b>	<b>169</b>
제1절 서론	169
제2절 시스템의 구성	169
1. 제체부	172
2. 구조물부	172
3. 하류피해	172
4. 퇴적상태	172
5. 지질 및 지형	172
6. 홍수능	172
제3절 저수지의 노후화 평가	177



1. 자료의 출력	177
2. 노후화의 평가	177
3. 노후화의 판단	178
제4절 요약 및 결론	179
제4편 농업용 저수지의 유지관리실태와 지침의 정립 . . . . .	181
제9장 농업용 저수지의 유지관리 실태조사 및 분석 . . . . .	181
제1절 서론	181
제2절 저수지의 관리 현황조사	182
제3절 유지관리 실태 분석	182
1. 현장조건	182
2. 제체 . . . . .	184
3. 콘크리트부	184
4. 전기 및 기계장치 . . . . .	185
제4절 요약 및 결론 . . . . .	186
제10장 농업용 저수지의 유지관리 지침의 정립 . . . . .	187
제1절 서론 . . . . .	187
제2절 유지관리 지침의 정립 . . . . .	187
1. 계획 . . . . .	187
2. 연례보고 및 현장조사 . . . . .	188
3. 정기적 검사 및 관리 . . . . .	189
제3절 저수지 유지관리 지침 . . . . .	191
1. 일반	191

2. 목적	192
3. 용어의 정리	192
4. 관리자의 임무	192
5. 안전점검	193
6. 정밀 안전진단	194
제4절 외국의 유지관리 상태	194
1. 미국	194
2. 일본	197
제5절 요약 및 결론	201
부록	203
1. 콘크리트의 강도 시험	204
2. 중성화 시험	210
3. 철근의 녹에 대한 시험	215
4. 계측기의 종류와 용도	217

## **제1편 농업용 저수지의 현황**

### **제1장 농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책**

# 제1편 농업용 저수지의 현황

## 제1장 농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책

### 제1절 서론

본 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책”은 경기도청에 의거 1994년 12월부터 1996년 12월(2년)까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속 농업개발연구소에서 수탁 연구 과제로 수행되었다.

저수지 또는 댐은 인간이 만든 토목구조물 중에서 가장 거대한 구조물 중 하나로서 막대한 자원과 경비, 인력을 들여 만들어진 공익 재산이므로 체계적인 유지관리를 수행하여 댐을 효율적으로 사용하고 그 수명도 연장시킬 수 있도록 하지 않으면 안된다. 만일 댐이 관리 소홀이나 미숙으로 붕괴될 때 댐 제체의 피해뿐만 아니라 하류지역의 인명 및 재산상의 피해가 막대하다는 점에서 공익적, 국가적 차원에서 유지관리체계를 수립하는 것이 필요하다.

선진국인 미국의 경우도 1970년대 초반 여러 차례의 댐 파괴 사고로 엄청난 인명과 재산 피해를 겪은 후 댐의 유지관리 프로그램을 개발하기 시작하였으며 우리 나라에서도 다목적 댐과 하구 독의 제반시설을 효율적으로 유지관리하기 위한 목적으로 1983년 3월 다목적 댐 시설물 유지보수 지침을 작성하기 시작하여 1991년에 “다목적 댐 및 하구독 시설물 유지보수 지침”을 제정하였다.

우리나라의 경우 1970년대 이후 다목적 댐은 대형 댐을 건설하기 시작한 이래 1986년 이후 댐의 안전도 및 유지관리에 대한 중요성을 인식하고 종합적인 안전도 진단과 거동 분석을 부분적으로 실시하고 있지만 이는 대형 댐을 중심으로 하고 있으며 농업용 저수지나 중소형 댐에 대하여는 관심이 거의 미치지 못하고 있는 실정이다. 특히 대부분의 농업용 댐이나 저수지는 축조된지 오래되었고 노후화 되어 안정성에 문제가 많은 것으로 지적되고 있으나 여러 가지 사회적 여건 때문에 이에 대한 투자나 관심이 미미한 상태이다.

본 연구의 목적은 경기도 내의 농업용 저수지 실태를 표본 조사하고 저수지에 대한 유지관리 지침을 정립하며 노후화 정도를 예측하고 그에 따른 대책을 수립하고 안전도 평가를 통하여 저수지의 보수효과를 예측하며 저수지 노후화 평가를 통하여 재해가 발생 가능한 저수지에 대한 대책을 수립하고 유지관리를 적절히 수행함으로써 발생 가능한 재해를 미연에 방지하는 방안을 제시하기 위하여 시도되었다.

본 장에서는 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책”의 배경과 필요성, 연구의 목적, 범위, 세부 내용 및 추진 방법 등을 다루고, 본 연구의 과업과 참여 연구진 등을 정리하였다.

## 제2절 연구의 배경과 기본 방향

### 1. 연구의 배경

우리나라의 저수지의 보수의 역사는 통일 신라시대의 왕들이 농사를 권장하며 제방을 修築하게 한 것이 그 시작이다. 790년 38대 元聖王(785~798) 6년에는 460년전인 백제가 築造한 碧骨堤에 대한 增築이 있었음을 史記에서 볼 수 있으며 810년 41대 憲德王과 47대 憲安王 堤防을 고치고 勸農한 기록



이 三國史記에 보여주고 있다. 고려시대에도 민생을 안정시키고 국권을 유지하기 위하여 농정에 힘써 왔고 이조 시대에는 벼의 移秧法이 발달함에 따라 물의 적기 공급이 더욱 더 중요한 문제로 擡頭되었으며 전국의 州, 府, 郡에 권농관을 두고 매년 정례적으로 제언을 수축하게 하고 취수장치와 여수토 등을 수축 관리하고 급수관리를 철저히 하여 왔다. 따라서 수리사업은 국가적인 뒷받침에 의하여 꾸준히 계속되어 18세기말 전국의 저수지는 약 6000여 개소에 달하였다. 1900년대 초에는 수리조합이 생기기 시작하였으며 일제 치하에서 토지의 정량화와 수리조합에 의한 관개시설의 확충, 기존시설에 대한 전면적인 개보수사업이 전개되었고 이에 따른 법령도 정비되었다.

격동기인 1940년대와 1950년대를 거쳐 1960년대에는 전천후 농업용수 개발 계획이 수립되면서 본격화되었고 1970년대 이후 다목적 댐은 대형 댐을 건설하기 시작한 이래 1986년 이후 댐의 안전도 및 유지관리에 대한 중요성을 인식하고 종합적인 안전도 진단과 거동 분석을 부분적으로 실시하고 있지만 이는 대형 댐을 중심으로 하고 있으며 농업용 저수지나 중소형 댐에 대하여는 관심이 거의 미치지 못하고 있는 실정이다.

저수지의 붕괴로 인한 홍수는 일반적으로 해방이나 강우로 인한 홍수보다 그 규모가 훨씬 크다. 저류되었던 많은 양의 물이 댐의 파괴로 인하여 짧은 시간동안에 하류로 방류되면 하류지역에 심각한 재산과 인명의 피해를 주게 된다. 이때에 홍수파로 인하여 막대한 양의 토사와 돌무더기들이 세굴, 운반, 퇴적되어 수로와 계곡의 지형 및 생활환경에 큰 변화를 초래하게 된다.

지난 100여년 동안 지구상에는 무려 200여개의 저수지(댐)가 붕괴되어 11,100여명에 달하는 인명이 희생되었다. 이들 저수지(댐)의 붕괴 원인은 부적합한 여수로로 월류됨으로써 파괴된 것이 전체의 34%이고 기초결함

이 30%, 파이핑과 침투가 28% 등이다.

우리나라에서는 1961년 효기리에서 높이 15.6m의 저수지와 1980년에 충북 보은군 보청천 유역에서 소규모 소류지가 연쇄적으로 파괴된 적이 있다.

현재 우리나라의 기존 2,000 여개의 관개용 댐의 95% 이상이 흙댐이며, 기타 대, 소규모의 댐이 산재하고 있는 바 이들의 예상하지 못한 붕괴로부터 발생하는 홍수파를 해석하는 수리학적 해석모형의 개발은 방재공학적인 면에서 매우 중요하다 하겠다.

이상과 같은 저수지의 피해에 대한 원인과 그 대책을 규명하기 위하여 기존 시설의 노후화 정도를 조사하고 개수, 보수 및 유지관리를 위한 기준을 정립하므로서 안전하고 경제적으로 저수지를 유지관리하여 저수지 본래의 목적에 맞도록 해야 할 필요가 있으며 예상되는 피해를 최소화 할 필요성이 제기되고 있다.

## 2. 연구의 기본 방향

본 연구는 농업용 저수지의 안전관리 부족과 노후화에 따른 각종 피해를 방지하기 위하여 저수지의 안전성을 진단하고 유지관리지침을 정립하고 노후화된 저수지의 기능회복을 위한 적절한 대책을 수립하는데 목적이 있다. 따라서 본 연구의 기본 방향은 다음과 같은 내용을 포함한다.

### 가. 체계적인 유지관리 지침의 정립

저수지의 유지관리가 불충분하면 기능 장애 및 더 나아가 결괴 등의 재해를 일으킬 수 있다. 또한 새로운 농업용 저수지의 건설하기에는 많은 재원, 시간과 인력이 소요되며 적지를 찾는 것도 문제가 된다. 따라서 기존의 저수지를 효과적으로 개보수하고 체계적으로 유지관리할 수 있도록 하는 지침이 필요하다.



#### 나. 저수지의 노후화 판정기준 정립

저수지는 건전한 관리에도 불구하고 시공 기술상의 부족, 축조 후의 홍수, 지진 등 자연적 여건의 변화와 사회적 상황의 변화에 의해 노후화하게 된다. 따라서 안전도 검사를 통해 노후화 정도를 판정할 기준이 필요하다. 농촌의 도시화, 농업환경 변화 등에 의해 더 이상 저수지로서의 기능을 갖지 못하여 폐기 대상이 된 저수지에 대한 이용 방안이 강구되어야 하며 따라서 이의 판정기준을 확립할 필요가 있다.

#### 다. 노후화의 정도에 따른 안전도 평가방법

저수지의 노후화는 누수량이나 침윤선, 제체단면 형상, 여수토 능력, 시설물의 약화뿐만 아니라 축조후 시간의 경과에 따른 약화 축조기술의 수준 상승에 따른 기술수준의 상대적 저하, 환경변화에 따른 안전성 저하 등에 의하여 발생하는데 이에 대한 수리적, 구조공학적, 토질공학적인 안전성을 검토하는 방법이 강구되어야 한다.

#### 라. 저수지 기능회복을 위한 적절한 대책 수립

저수지 본래의 기능을 효과적으로 회복하기 위한 적절한 대책을 수립하는 것이 필요하다. 또한 수자원을 절약하는 기능 이외에도 저수지결괴 등의 재해를 방지하는 효과가 있으며 홍수조절 기능도 있다고 생각할 수 있다.

#### 마. 용수원으로서의 기능을 상실한 저수지의 처리방법

최근의 대규모 지역사회 개발로 농어촌 정주생활 구도에 커다란 변화가 있으며 인구증가로 농촌의 도시화가 급속하게 진행되고 있으며 농경지의 감소에 따른 농업 경영의 변화는 저수지에 대한 의존도를 감소시켰다. 우리나라

라에서 매년 폐기되고 있는 저수지는 90여개소에 이르는 것으로 조사되었다. 이러한 변화는 유역내에 저수지의 기능에 여러가지 변화를 일으켜 이에 대한 대책이 시급하다.

#### 바. 저수지의 노후화

1945년 이전에 축조된 저수지가 전체의 55%이며 대다수의 저수지는 축조후 50~60년 이상 경과하였고 축조 당시 최대한의 기술로 축조되었지만 오늘날의 재료 역학적인 관점이나 토질 역학적인 기술로 볼 때 불완전하다고 할 수 있으며 일상적인 관리에도 불구하고 모든 저수지가 어느 정도의 기능 장애를 가지고 있다. 이로 인한 저수지 용수의 누수에 의한 경제적인 손실은 막대하며 노후화로 인한 저수지 결괴는 인명과 재산에 막대한 피해를 줄 수 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

#### 사. 저수지 개보수 사업의 확대

저수지는 농업용수의 확보를 위하여 축조된 것이므로 이러한 기본적인 목적을 위하여 정비하고 개보수하여야 한다. 농촌환경 변화에 따라 저수지 상류가 개발되어 토사의 유입이 늘고 저수용량이 감소되며 제체는 물론 취수시설이나 여수토 등이 노후화하여 여러가지 기능 저하를 일으키고 있다. 1990년의 경우만 보더라도 약 300건의 저수지 개보수가 이루어졌고 건당 개보수 비용은 7,000만원에 달하며 현재의 개발 추세로라면 개보수 대상이 되는 저수지의 숫자와 공사비는 계속적으로 늘어날 것으로 추산되고 있으며 따라서 저수지의 본래의 기능을 회복하기 위한 여러 가지 개보수 기술 개발이 필요하다.

## 제3절 연구의 목적과 범위

### 1. 연구의 목적

본 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책”의 연구 목적을 정리하면 다음과 같다.

#### 가. 기술적 측면

- (1) 저수지에 대한 유지관리 지침의 정립
- (2) 노후화 정도를 예측하고 그에 따른 대책을 수립
- (3) 안전도 평가를 통한 보수효과 예측 방법
- (4) 호우성 집중강우에 대한 우수지로서의 기능강화 대책
- (5) 저수지의 노후화 평가를 통해 재해발생 예상 저수지 대책 수립

#### 나. 경제적 측면

- (1) 수자원 활용
- (2) 효과적인 수자원 관리 대책 수립
- (3) 누수 방지 대책
- (4) 적절한 개보수 공법 개발
- (5) 개보수 우선 순위의 합리적 판정의 기준 설정

#### 다. 활용방안

- (1) 기존 저수지의 노후화 진행 상황의 예측
- (2) 폐저수지의 재활용으로 정주환경 개선
- (3) 관리운영지침의 공공 기준화 추진

## 2. 연구의 범위

본 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책” 연구의 범위를 정리하면 다음과 같다.

가. 농업용 저수지의 유지관리 지침의 정립

나. 저수지의 현황 및 유지관리 실태 조사

다. 농업용 저수지의 노후화 평가 시스템의 개발

라. 농업용 저수지의 노후에 따른 안전도 평가 시스템의 개발

마. 저수지 기능회복을 위한 공법의 개발

바. 농업용 용수원의 기능을 상실한 저수지 처리공법의 개발



## 제4절 연구의 세부내용

### 1. 연구목표

연구개발 내용	현황	목표
농업용 저수지의 유지관리 지침의 정립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유지관리 실태 파악이 부재</li> <li>○ 관리 지침이 부재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업용 저수지의 유지관리 실태조사</li> <li>○ 각국의 저수지 관리 현황과 관리지침의 비교 검토</li> <li>○ 저수지 관리 지침의 정립</li> </ul>
농업용 저수지의 노후화에 따른 안전도 평가 시스템의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후정도의 판정기준 부재</li> <li>○ 노후정도에 따른 안전도 평가기준 부재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후도의 판정기준의 정립</li> <li>○ 노후도에 따른 안전도 평가 기준의 정립</li> <li>○ 안전도 평가시스템의 개발</li> </ul>
저수지 기능회복을 위한 공법의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누수로 인한 수자원 손실</li> <li>○ 제체 및 여수토의 규모가 부족</li> <li>○ 토사의 준설이 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누수방지 대책의 수립</li> <li>○ 제체 및 여수토의 보수 대책 수립</li> <li>○ 유입토사의 준설에 따른 문제점을 검토</li> </ul>
폐저수지 처리공법의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방치되거나 매립되고 있는 상태</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 홍수방지를 위한 우수지로서의 활용 방안</li> <li>○ 농어촌 정주환경 요소로서의 재정립 방안</li> <li>○ 매립을 통한 토지이용계획</li> <li>○ 매립에 따른 문제점과 해결방안</li> </ul>
실용화		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실제 유지관리에 대한 연구내용의 적용</li> <li>○ 대표적인 노후저수지에 대한 종합적인 평가·진단</li> <li>○ 실용화 및 관련규정 정비</li> </ul>

## 2. 세부과제별 연구내용

### 가. 1차년도

세 부 과 제 명	연 구 내 용
유지관리 지침 정립	○ 각국의 저수지 관리현황과 관리지침의 수집 ○ 효과적인 관리를 위한 유지관리 지침의 정립
저수지 현황 및 유지관리 실태조사	○ 저수지 현황 조사 방법, 지침 수립 ○ 유지관리 실태 조사 방법, 지침 수립 ○ 노후 저수지의 변형 및 현황 조사 ○ 유지관리실태의 파악 및 문제점 도출
저수지 노후 평가시스템의 개발	○ 저수지 노후 평가기준의 정립 ○ 저수지 노후 평가시스템의 개발

### 나. 2차년도

세 부 과 제 명	연 구 내 용
저수지 안전도 평가시스템의 개발	○ 저수지의 안전도 평가방법의 정립 ○ 안전도 평가시스템의 개발
저수지 기능회복을 위한 공법의 개발	○ 유입토사의 준설에 따른 문제점 검토 ○ 누수방지대책의 수립 ○ 제체 및 여수토의 보수대책
농업용 용수원으로서의 기능을 상실한 저수지 처리 공법의 개발	○ 홍수방지를 위한 우수지로서의 활용 방안 ○ 매립을 통한 토지이용 계획 ○ 매립에 따른 문제점과 해결방안

## 제5절 연구진

본 연구를 수행한 연구진과 그 주요업무를 정리하면 다음과 같다.

총괄책임 연구원	장병욱	서울대학교 농업생명과학대학 교수	연구업무 총괄
협동 연구원	김무열	아신건설주식회사 대표이사	현장자료 분석
	송창섭	충북대학교 농과대학 조교수	메뉴 프로그램 개발
	이행우	농지개량조합연합회 기수	실험자료 분석
연구원	우철웅	서울대학교 대학원 박사과정	프로그램 개발
	박영곤	서울대학교 대학원 박사과정	프로그램 개발
연구 보조원	길상춘	서울대학교 대학원 석사과정	현장조사 및 자료 분석
	전상욱	서울대학교 대학원 석사과정	현장조사 및 자료 분석
	정종홍	서울대학교 대학원 석사과정	현장조사 및 자료 분석
	강 성	서울대학교 대학원 석사과정	현장조사 및 자료 분석
	원정윤	서울대학교 토질공학 연구실	실험 및 연구보조



## 제6절 요약 및 결론

본 장에서는 “농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책”의 배경과 연구의 필요성, 연구의 목적, 범위, 세부내용, 추진 방법 및 참여 연구진을 정리하였으며 그 내용은 다음과 같다.

1. 우리나라 대부분의 농업용 댐이나 저수지는 축조된지 오래되었고 노후화 되어 안정성에 문제가 많은 것으로 지적되고 있으며 이로 인한 피해를 최소화하기 위하여 안전하고 경제성 있는 대책을 강구하는 방안이 필요하다.
2. 본 연구는 기존 농업용 저수지의 안전성을 진단하고 효과적인 개보수 및 유지관리를 하기 위하여 추진되었으며, 결과의 응용성에 방향을 맞추어 실시토록 한다.
3. 연구의 목적과 범위를 정리하였으며 유지관리 지침을 정립하고 노후 저수지 평가시스템을 개발하며 농업용 저수지에 적용할 수 있는 프로그램을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.
4. 연구의 세부내용을 정리하였다.
5. 본 연구는 1994년 12월 ~ 1996년 12월 기간 중에 실시하도록 계획하였으며 추진은 1차년도와 2차년도로 구분하여 수행하도록 하였다.
6. 본 연구의 연구진과 주요 업무내용을 정리하였다.

## 제2장 농업용 저수지의 현황과 제원

## 제2장 농업용 저수지의 현황과 제원

### 제1절 서론

수자원 장기종합계획에 의하면 1991년도를 기준으로 총 용수량은 약 282억 $m^3$ 이 필요한 것으로 발표되었다. 그 중에서 농업용수량은 약 54%로 수자원 소요량의 절대우위를 차지하고 있는 실정이다. 또한, 2000년 이후에는 이보다 약 17% 정도 증가하여 330억 $m^3$ 이 소요될 전망이며, 농업용수는 약 8% 정도 증가한 164억 $m^3$ 이 필요하게 된다. 더구나 농어촌에서의 용수의 수요는 보다 다양해져서 논농사, 밭농사 용수뿐만 아니라 생활용수, 공업용수, 축산용수, 수산용수 및 농촌관광용수 등 여러 가지 용도의 용수가 필요하게 될 것이다.

우리의 농업은 1950년대 국가의 기간산업으로서의 농업을 활성화와 60년대의 식량증산운동의 전개에 힘입어 농업기반시설의 확충 등을 통하여 70년대에는 식량의 자급단계에 이르게 되었다. 이러한 농업을 위한 농업기반사업은 대부분이 논농사에 필요한 용수를 공급할 목적으로 여러 시설물을 축조하여 왔다.

이제는 이렇게 설치된 여러 시설들이 제기능을 다하고 선량하게 유지되고 있는지 또는 보다 효율성을 높여서 관리할 수 있는 방안이 없는지 등을 진단하고 자산의 가치와 능력을 보다 향상시키면서 더 나은 공익적인 기능을 유지하도록 해야 할 것이다. 특히, 농업용 저수지는 각종 용수의 공급, 위락 공간으로서의 활용, 재해방지 등 우리에게 많은 도움을 주고 있지만 관리의 소홀로 인하여 불의의 사고가 발생했을 경우에는 많은 재산과 인명의 피해를 줄 수 있는 재해위험시설로 돌변할 수 있는 시설임을 명심해야 할 것이다.

## 제2절 농업용 저수지의 현황

### 1. 전국 수리시설물 현황

1993년 말 현재, 우리나라의 국토이용 면적은 약 9,939,182ha이며, 그 중에서 임야가 약 65.0%, 경지가 약 20.7%, 기타가 14.3% 정도 차지하고 있다. 논은 경지면적의 약 63%로 전체 국토이용 면적의 약 13.1%를 차지하고 있다.

경지면적 2,054,814ha 중에서 1,298,323ha는 논으로 756,491ha는 밭으로 구성되어 있다. 또한 총답면적의 약 73.6%인 955,873ha가 수리답이며 26.4%인 342,450ha가 수리불안전답으로 되어 있다. 수리답 중에서 54.5%인 520,544ha가 저수지에 의하여 용수를 공급받고 있으며 나머지는 양(배)수장, 보, 집수암거, 관정 등에 의하여 용수를 공급받고 있다. 1993년말 현재 우리나라에는 저수지 18,229개소를 포함하여 약 56,475개소의 각종 수리시설물이 설치되어 운영되고 있다. <표 2-1>은 전국의 시군 및 각 농조에서 관리, 운영하고 있는 수리시설별 답면적을 나타내고 있다.

<표 2-1> 수리시설별 답면적(농업기반조성사업통계연보,1994)

시설별 \ 수리답	개소수	면적(ha)	비율(%)
양·배수장	5,772	167,763	17.5
저수지	18,229	520,544	54.5
보	18,531	111,564	11.7
집수암거	4,094	22,086	2.3
관정	9,849	17,569	1.8
기타	-	116,347	12.2
합계	56,475	955,873	100.0

또한 이러한 시설물들은 농지의 전용, 물리면적의 감소 등의 주변여건의 변화, 각종 농업기반사업을 통하여 매년 새로이 설치되거나 폐기되고 있는



데 최근 8년간의 통계를 보면 약 5,564개소가 새로 설치되었으며 7,484개소가 폐기되어 매년 약 240개소가 폐기되고 있는 실정이다. 그 중에서 농업용 저수지는 323개소가 새로 설치되었고 689개소가 폐기되어 매년 약 46개소가 폐기되고 있는 실정이다. <표 2-2>는 최근의 각종 수리시설물과 농업용 저수지의 증감현황을 보여준다.

<표 2-2> 수리시설물 및 저수지 증감 현황

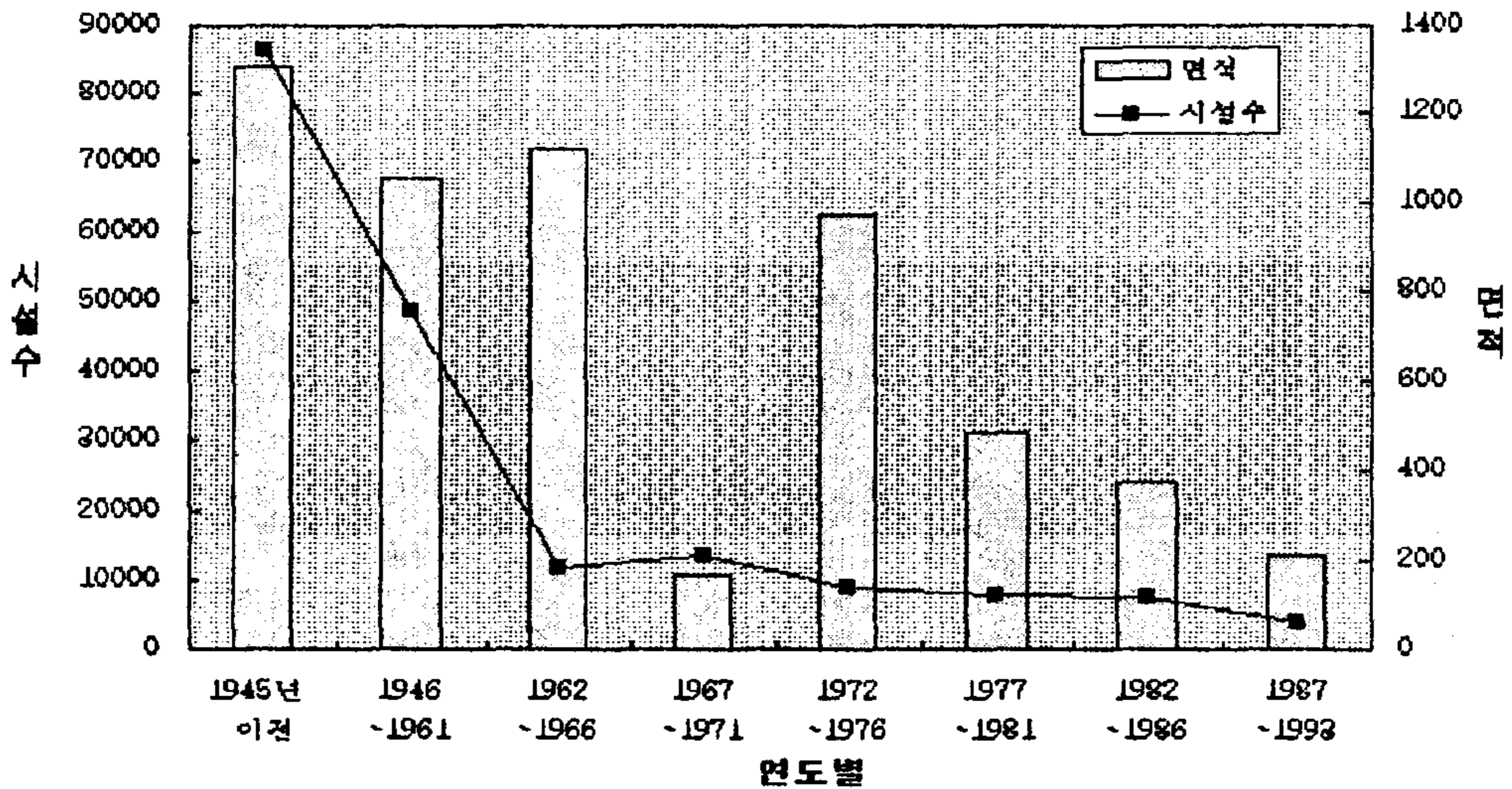
연 도	총 수 리 시 설 물			저 수 지		
	증 가	감 소	계	증 가	감 소	계
1986	1,006	1,048	▽ 42	91	12	▽ 36
1987	689	1,054	▽ 365	35	131	▽ 96
1988	711	884	▽ 173	51	58	▽ 7
1989	651	908	▽ 257	29	120	▽ 91
1990	544	502	△ 42	30	31	▽ 1
1991	603	1,810	▽1,207	24	78	▽ 54
1992	600	734	▽ 134	41	70	▽ 29
1993	760	544	△ 216	22	74	▽ 52
소 계	5,564	7,484	▽1,920	323	689	▽366

농업용 저수지는 144년 제방수축과 330년 전복 김제의 벽골지를 축조한 이래 식량생산을 위한 용수의 공급과 홍수와 한해에 대처하기 위하여 꾸준히 증축, 신축되어 1993년말 현재 농업용 저수지는 주수원공 15,154개소를 포함하여 18,229개소가 전국에 산재되어 있다. 그러나, 현재 운영되고 있는 저수지 중에서 약 90%인 16,407개소가 1970년대 이전에 축조된 것으로 시설의 기능이 부적절하고 노후화되어 있는 실정이다. 특히, 해방 전에 축조된 것이 약 55%로 토사의 퇴적으로 인한 내용적 감소 등의 원인에 의한 유효저수량의 부족으로 각종 용수의 공급이 원활하지 못한 상태에 있으며, 제방의 유실, 콘크리트 구조물의 부식 등 극히 노후화의 정도가 심하여 재해의

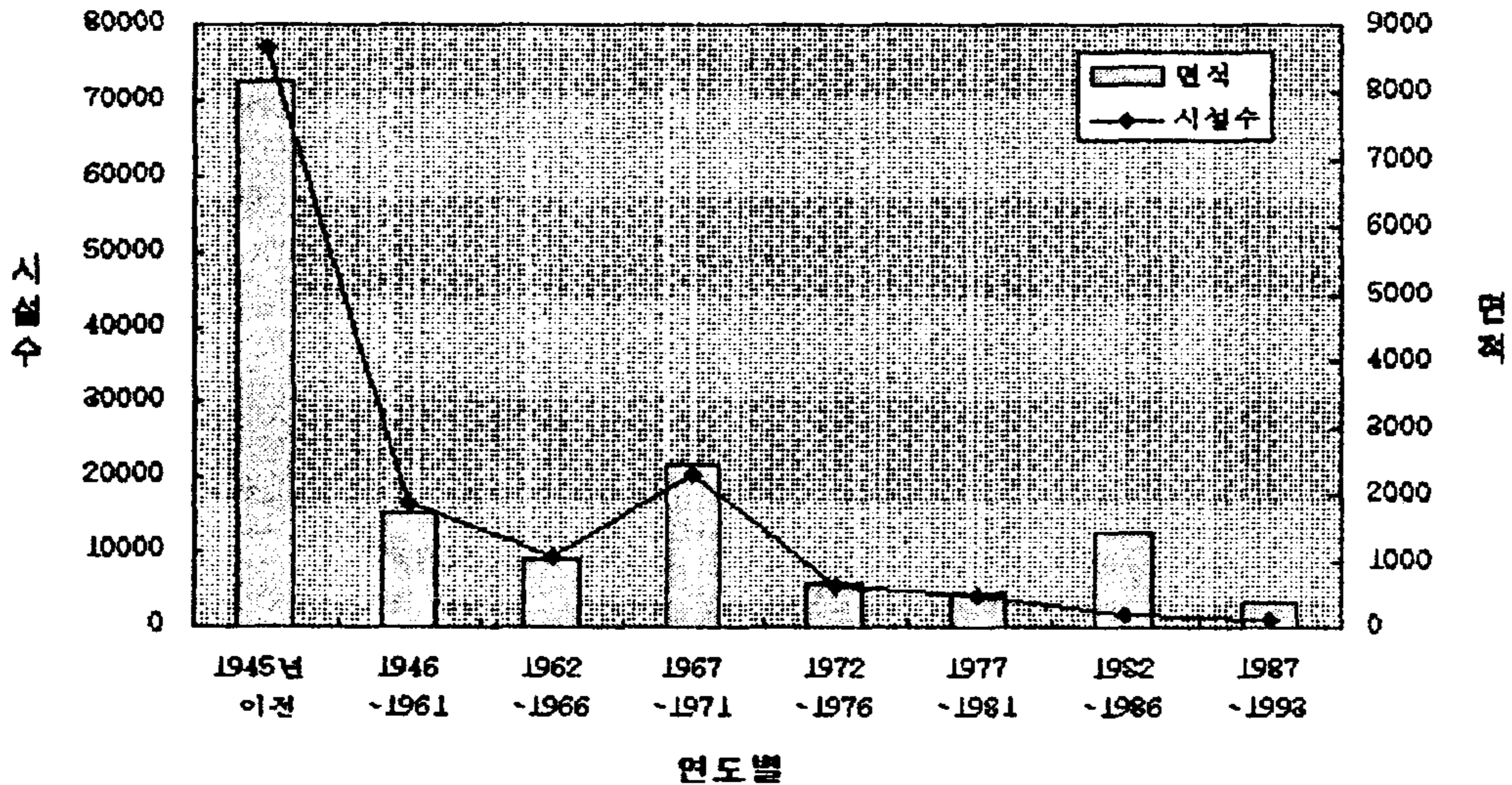


위험이 있을 것으로 판단된다.

<표 2-3>은 현재 각 시·군 및 농조에서 관할하고 있는 저수지의 축조년도별 분포를 보여주고 있으며, 이를 그림으로 나타내면 (그림 2-1), (그림 2-2)와 같다.



(그림 2-1) 보유 저수지 설치현황 (농조집계)



(그림 2-2) 보유 저수지 설치현황 (시·군집계)



<표 2-3> 저수지의 설치연도별 현황

축조연도	농조 관할	시·군 관할	계	비율(%)
1945년 이전	1,343	8,664	10,007	54.9
1946 ~ 1961	757	1,872	2,629	14.4
1962 ~ 1966	182	1,073	1,255	6.9
1967 ~ 1971	211	2,305	2,516	13.8
1972 ~ 1976	136	610	746	4.1
1977 ~ 1981	121	470	591	3.3
1982 ~ 1986	118	196	314	1.7
1987 ~ 1993	58	113	171	0.9
소 계	2,926	15,303	18,229	100

## 2. 경기도 내 수리시설물 현황

본 연구에서는 연구의 범위가 경기도 내에 국한되는 관계로 경기도의 주요 저수지를 대상으로 현황과 제원을 주로 취급한다.

### 가. 수리시설 현황

경기도에는 2,986개소의 주수원공을 포함하여 3,979개소의 각종 수리시설물에 의하여 농업용수를 공급받고 있다. 또한 저수지는 약 470개소로 그 중에서 주수원공은 약 436개소이다. <표 2-4>는 경기도의 수리시설물 현황을 보여주고 있다.

### 나. 수리시설물별 담면적 현황

경기도의 총 담면적은 175,840ha이며, 이 중에서 65%인 114,254ha가 수리안전담으로 농조담이 69,972ha, 일반담이 44,282ha로 구성되어 있다. 그러나, 아직도 약 35%인 61,586ha가 수리불안전담으로 지속적인 용수개발이 시급한 실정에 있다.



<표 2-4> 경기도 수리시설물 현황

수리시설명	경기도 내 수리시설				시·군 관 할				농 조 관 할			
	계	주	보조	부속	계	주	보조	부속	계	주	보조	부속
저수지	470	436	17	17	355	347	5	3	115	89	12	14
양수장	503	234	51	51	245	195	13	37	258	39	38	181
양·배수장	8	3	1	218	2	1	1	-	6	2	-	4
배수장	9	-	-	4	-	-	-	-	9	-	-	9
보	1,343	1,057	182	9	1,211	1,051	151	9	132	6	31	95
집수암거	470	374	75	104	419	360	56	3	51	14	19	18
관정	1,176	882	294	21	1,163	882	281	-	13	-	13	-
기타시설	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
계	3,979	2,986	620	373	3,395	2,836	507	52	584	150	113	321

주) 주: 주수원공, 보조: 보조수원공, 부속: 수원공 부속시설

수리답면적 114,254ha 중에서 약 40%인 45,555ha를 총수원공 수의 12%인 470개소의 저수지로부터 용수를 공급받고 있어 한해 극복 등의 문제를 해결하기 위해서는 노후화되었거나 유실가능성이 있는 저수지의 진단, 보수가 시급한 실정이다.

<표 2-5>는 시·군 및 농조에서 관할하는 각종 수리시설물로부터 공급받고 있는 수리답면적 현황을 보여주고 있다.

<표 2-5> 경기도의 수리시설물별 담면적 (단위 : ha)

시설별	계		시군관할		농조관할	
	수원공수	수리담면적	수원공수	수리담면적	수원공수	수리담면적
저수지	470	45,554.9	355	5,331.2	115	40,223.7
양수장	503	21,798.0	245	3,889.5	258	17,908.5
양·배수장	8	8,117.9	2	65.0	6	8,052.9
배수장	9	-	-	-	9	-
보	1,343	11,402.9	1,211	9,067.8	132	2,335.1
집수암거	470	5,900.2	419	4,448.9	51	1,451.3
관정	1,176	2,895.1	1,163	2,895.1	13	-
기타	-	18,585.0	-	15,585.0	-	-
계	3,979	114,254.0	3,395	44,282.5	584	69,971.5

#### 다. 준공년도별 수리시설 현황

각종 수리시설물의 준공년도별 분포를 보면 총시설물 3,979개소 중에서 1970년대 이전에 축조된 것이 59%나 된다. 특히, 1945년 이전에 축조된 것이 약 13%정도 차지하고 있어 시설의 노후정도가 극히 심한 것을 알 수 있다. 더구나, 수리담면적의 약 40%에 농업용수를 공급하고 있는 농업용 저수지는 1945년 이전에 축조된 것이 87%나 차지하고 있어 저수지의 용수공급 능력이 부족하고 홍수시 여수토의 통수단면적으로 부족으로 홍수배제능력이 극히 미약할 것으로 판단되며, 콘크리트 구조물의 부식, 균열, 중성화 등으로 구조적인 안전에 문제가 있을 것으로 사료되는 바 시급하게 안전진단을 실시하여 발생가능한 재해를 사전에 방지하여야 할 것이다.

경기도의 준공년도에 따른 수리시설물의 분포는 <표 2-6>에 나타나 있다.

<표 2-6> 준공년도별 수리시설 현황

시설별	준 공 년 도							
	소계	1945년 이전	1946 ~1966	1967 ~1971	1972 ~1976	1977 ~1981	1982 ~1986	1987 ~1993
저수지	470	193	122	56	40	27	17	15
양수장	503	27	38	70	94	149	75	50
양배수장	8	-	-	-	1	1	1	5
배수장	9	-	-	-	2	-	5	2
보	1,343	289	109	196	442	265	21	21
집수암거	470	10	10	170	49	171	23	37
관정	1,176	2	4	417	17	202	240	294
계	3,979	521	283	909	645	815	382	424
비율(%)	100.0	13.1	7.1	22.8	16.2	20.5	9.6	10.7

라. 주수원공의 관개규모 현황

주수원공 2,986개소 중에서 관개규모로 보면 약 89%인 2,667개소가 30 ha 미만으로 소규모 시설이 주를 이루고 있는 실정이다. 특히, 68%인 2,037개소로 10ha 미만으로 소규모 시설물이 주를 이루고 있다. 또한, 그 중에는 약 11개소의 무관개시설도 포함되어 있다. 시설의 확충이 시급하게 요구되고 있다.

<표 2-7>은 경기도의 주수원공의 관개규모별 현황을 나타낸다.

<표 2 7> 주수원공 관개규모별 시설 현황

시설별	시설규모별													
	소계	무관개 시설	1 ha 미만	1 ~10	11 ~30	31 ~50	51 ~100	101 ~200	201 ~500	501~ 1000	1001~ 3000	3001~ 5000	5001~ 10,000	10,000 이상
저수지	436	3	-	162	144	31	28	24	31	7	4	1	-	1
양수장	234	4	2	67	78	35	20	9	11	5	2	1	-	-
양배수장	3	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1
보	1,057	1	33	733	231	43	9	3	1	3	-	-	-	-
집수암거	374	2	13	157	156	28	12	5	1	-	-	-	-	-
관정	882	1	51	808	21	-	1	-	-	-	-	-	-	-
계	2,986	11	99	1,927	630	137	71	41	45	15	6	2	-	2



#### 마. 농업용 저수지의 제원

경기도의 농업용 저수지는 주수원공 436개소를 포함하여 약 470개소가 18개 시와 17개 군에 산재되어 있다. 총유효저수량은 267,626천 톤이며, 물리면적은 43,891.8ha, 만수면적은 7,494.9ha이다. <표 2-8>은 각 시·군에 산재되어 있는 저수지의 제원을 나타낸다. 또, 이 저수지는 18개의 시와 17개 군 및 14개 농조에 관할하고 있는데, <표 2-9> 및 <표 2-10>은 각 시·군 및 농조에서 관할하는 저수지의 유효저수량, 물리면적 및 만수면적을 나타낸다.

#### 바. 유효저수량 규모별 현황

470개소 저수지의 총유효저수량 267,625.91천 톤으로, 그 중에서 약 72%인 388개소가 100천 톤 미만의 소규모 저수지임을 알 수 있다. 유효저수량이 3,000천 톤 미만의 저수지를 합하면 전 개수의 96.4%를 차지하고 있다. <표 2-11>은 저수지 유효저수량 규모별 분포현황을 보여준다.

#### 사. 제당높이별 유효저수량 규모별 현황

저수지의 제고에 따른 분포는 약 70%인 328 개소가 10m 미만이고, 20m 미만을 합하면 94.4%에 달해 소규모 저수지가 주류를 이루고 있음을 알 수 있다.

저수지의 유효저수량은 제당높이에 따라 증가하게 되는데 물리면적을 고려하여 축조되었으나, 축조 후 토사의 퇴적 등으로 내용적이 감소하게 된다. 따라서 토사의 퇴적 정도를 측정하여 물리면적에 맞는 용수를 공급할 수 있도록 준설 또는 제고를 높여야 할 것이다.

<표 2-12>는 유효저수량에 따른 저수지 제고의 분포현황을 보여준다.



<표 2-8> 저수지 제원(총괄)

행정구역	개소수	유효저수량 (천 ton)	몽리면적 (ha)	만수면적 (ha)
수원시	10	4,286	807.8	132.7
성남시	7	2,537	121.4	56.2
의정부시	1	24	6.2	1.0
안양시	-	-	6.8	-
부천시	-	-	-	-
광명시	2	48	128.3	4.0
송탄시	5	52	649.8	9.0
동두천시	-	-	-	-
안산시	1	1,210	214.2	26.0
과천시	3	1,168	150.6	26.0
구리시	3	29	15.3	4.0
평택시	5	137	571.5	98.0
미금시	1	5	8.0	1.6
오산시	7	557	176.2	25.5
시흥시	10	3,592	1,121.3	135.1
의왕시	2	1,584	17.6	37.6
하남시	3	47	21.0	4.8
고양시	-	-	-	-
양주군	18	5,045	859.1	128.2
남양주군	17	3,829	447.4	93.6
여주군	17	1,438	773.1	64.3
평택군	13	83,426	11,344.3	2,452.5
화성군	60	35,837	8,175.4	1,335.4
파주군	9	7,642	1,336.9	195.1
광주군	9	1,840	438.9	111.7
연천군	2	1,645	144.7	26.5
포천군	41	9,506	1,865.0	222.1
가평군	2	352	77.0	14.7
양평군	27	2,682	696.8	66.7
이천군	24	3,251	891.8	126.4
용인군	63	33,589	2,147.0	742.0
안성군	68	40,828	5,775.8	803.5
김포군	8	363	69.2	19.6
강화군	27	20,432	4,720.3	506.9
옹진군	5	647	113.1	24.2
소 계	470	267,626	43,891.8	7,494.8

<표 2-9> 시·군 관할 저수지의 제원

행정구역	개소수	유효저수량 (천ton)	몽리면적 (ha)	만수면적 (ha)
수원시	6	179	163.1	9.0
성남시	4	161	49.5	7.4
의정부시	1	24	6.2	1.0
안양시	-	-	-	-
부천시	-	-	-	-
광명시	2	48	60.0	4.0
송탄시	3	30	11.9	7.0
동두천시	-	-	-	-
안산시	-	-	-	-
과천시	2	31	7.9	0.7
구리시	3	29	15.3	4.0
평택시	2	90	79.4	93.9
미금시	1	5	8.0	1.6
오산시	6	122	88.0	11.2
시흥시	4	681	112.3	19.3
의왕시	1	36	10.0	1.0
하남시	3	47	21.0	4.8
고양시	-	-	-	-
양주군	12	233	106.7	33.2
남양주군	16	317	113.3	33.6
여주군	14	293	183.7	19.4
평택군	9	96	47.6	7.9
화성군	48	920	496.7	60.3
파주군	2	23	13.0	1.1
광주군	7	548	107.1	82.8
연천군	1	5	3.0	3.6
포천군	31	1,067	339.4	56.3
가평군	2	352	77.0	14.7
양평군	21	716	271.3	14.9
이천군	20	1,322	303.7	41.9
용인군	57	2,012	838.4	90.8
안성군	50	2,014	820.6	90.2
김포군	7	289	49.2	17.0
강화군	15	1,284	453.7	55.7
옹진군	5	647	113.1	24.2
소 계	355	13,711	4,970.1	812.

<표 2-10> 농조 관할 저수지의 제원

농조명	개소수	유효저수량 (th.ton)	몽리면적 (ha)	만수면적 (ha)
수 화	17	20,556	3,923.8	680.9
고 양	-	-	-	-
광 주	2	1,292	331.8	28.9
포 천	9	7,349	1,131.2	128.2
연 천	1	1,640	141.7	22.9
양 평	7	5,478	813.4	111.8
여 주	3	601	308.2	30.8
이 천	4	2,473	775.8	98.6
기 호	33	71,376	9,689.3	1,370.1
홍 안	9	6,806	1,234.4	203.7
한 강	1	74	20.0	2.6
강 화	12	19,148	4,266.6	451.2
과 주	13	12,431	2,076.3	289.0
평 택	2	103,299	16,181.8	3,190.0
소 계	113	252,520	40,894.3	6,608.7

<표 2 11> 저수지 유효저수량 규모별 개소수

시군별	계	유효 저수량 ( 단위 100,000 ton )													
		1 미만	1 ~5	5 ~10	10 ~20	20 ~30	30 ~40	40 ~50	50 ~75	75 ~100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	250 ~300	300 이상
수원시	10	6	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
성남시	7	4	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
의정부시	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
안양시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
광명시	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
송탄시	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
안산시	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
과천시	3	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
구리시	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
평택시	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
미금시	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
오산시	7	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
시흥시	10	3	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
의왕시	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
하남시	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<표 2-11> 계속

시군별	계	유효 저수량 ( 단위 : 100,000 ton )													
		1 미만	1 ~5	5 ~10	10 ~20	20 ~30	30 ~40	40 ~50	50 ~75	75 ~100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	250 ~300	300 이상
양주군	18	12	2	2	2										
남양주군	17	15	1				1								
여주군	17	14	2	1											
평택군	13	11	1												
화성군	60	46	4	4	3	1		1					1		1
파주군	9	2	2	4			1								
광주군	9	5	2	2											
연천군	2	1	-		1										
포천군	41	28	6	3	3	1									
가평군	2	1	1												
양평군	27	20	6	1											
이천군	24	17	5	2											
용인군	63	52	6		3						1	1			
안성군	68	48	11	3	2		2				1	1			
김포군	8	8	-												
강화군	27	13	5	1	4	2	1	1							
옹진군	5	3	2												
소 계	470	338	66	24	25	4	5	2	0	0	2	2	1	0	1
비율(%)	100.0	71.9	14.1	5.1	5.3	0.9	1.1	0.4	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2	0.0	0.2



<표 2-12> 저수지 제당높이별 유효저수량 규모별 현황

유효저수량 (천톤)	제당높이					
	계	10 m 미만	20 m 미만	30 m 미만	40 m 미만	40 m 이상
100 미만	338	289	47	2		
100~500	66	23	36	6	1	
501~1000	24	8	12	4		
1001~1500	25	7	12	6		
1501~2000	4		3	1	2	
2001~3000	7	1	2	2		
3001~5000						
5001~7000						
7001~10000	2		1	1		
10001~15000	2		2			
15001~20000	1					
20001~30000					1	
30000 이상						
계	470	328	116	22	4	0
비율(%)	100.0	69.9	24.5	4.7	0.9	0.0

### 제3절 요약 및 결론

본 장에서는 경기도내의 농업용 저수지의 현황과 제원에 대하여 조사하였으며 그 결론은 다음과 같다.

1. 1993년말 현재 농업용 저수지는 주수원공 15,154개소를 포함하여 18,229개소가 있으며 이를 포함하여 약 59,475개소의 각종 수리시설물이 설치되어 운영되고 있으며
2. 현재 운용중인 저수지의 약 90%인 16,407개소가 1970년대 이전에 축조된 것으로 시설의 기능이 부적절하고 노후화되어 있는 실정이다.
3. 경기도내에는 주수원공 2,986개소를 포함하여 3,979개소의 각종 수리

시설이 있으며 저수지는 약 470개소이다.

4. 수리시설물 중 1970년대 이전에 축조된 것이 59%이며 1945년 이전에 축조된 것도 13%나 되어 노후화가 극심한 것으로 나와있다.
5. 경기도내의 총 담면적은 175,840ha이며, 이 중에서 65%인 114,254ha가 수리안전담으로 농조담이 69,972ha, 일반담이 44,282ha로 구성되어 있다.
6. 도내 저수지는 18개 시, 17개 군에 산재해 있으며 18개 시와 17개 군 및 14개 농조에서 관할하고 있으며 약 72%인 388개소가 유효저수량 100천 톤 미만의 소규모 저수지이며 3,000천 톤 미만은 96.4%에 달한다.
7. 제당의 높이도 70%인 328개소가 10m미만이고 20m미만은 94.4%에 달하여 소규모이며 토사 퇴적 등에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다.

## 제2편 노후저수지의 판단기준의 정립

### 제3장 노후화의 특징

## 제2편 노후저수지의 판단기준의 정립

### 제3장 노후화의 특징

#### 제1절 서론

우리나라는 그동안 수도작 중심의 농정을 펼쳐왔으며 강수량도 하절기에만 집중되어 있어 물관리를 위한 저수지가 많이 건설되었다. 저수지는 건전한 관리에도 불구하고 축조 후의 자연적, 사회적 상황의 변화에 의해 개보수를 요하는 것이 보통이다. 특히 최근에 축조된 것 이외의 저수지는 축조기술이 열악하며 주로 경험과 인력으로 건설된 것이므로 공학적인 관점으로 볼 때 불충분한 점이 많다.

노후화는 축조후 시간적 경과에 따라 발생하는 약화 뿐만 아니라 축조기술의 상승으로 인하여 안전성이 상대적으로 저하되거나 환경변화에 따라 안전성이 저하된 경우도 포함된다. 저수지의 노후화는 지형적인 조건, 유역조건 및 강우분포와 제체 및 관련구조물의 유지관리 상태등이 복잡하게 연결되어 발생한다.

저수지의 노후화가 점진됨에 따라 발생 가능한 저수지 붕괴와 그로 인한 막대한 인명 및 재산상의 피해를 미연에 방지한다는 공공성 측면에서 볼 때 불안정한 저수지 또는 노후화된 저수지를 관리한다는 것은 지극히 중요한 일이다

이러한 의미에서 노후 저수지 대책사업이란 관개용 저수지의 결괴, 누수등을 방지하기 위하여 제체의 보강 및 부대시설에 대한 개보수공사를 하는 사업을 의미한다.

## 제2절 저수지 파괴 역사

저수지의 파괴는 저류되어 있던 막대한 양의 물이 짧은 시간 동안에 하류지역으로 방류되어 막대한 인명과 재산의 피해를 주게 된다. 국내에서 댐 파괴에 의한 피해는 1961년 7월11일 전북 남원군 이백면 효기리의 15.6m의 흙댐이 파괴되어 125명의 사망자와 수천명의 이재민을 낸 것이 국내 최대의 참사였으며 1972년 9월 부산시 구덕 수원지 붕괴로 75명의 사망자와 재산피해를 냈으며 1980년 7월 충북 보은군 보은읍 獐俗저수지의 붕괴로 소류지가 연쇄적으로 파괴되어 읍전체가 완전히 침수되고 22명이 사망 또는 실종된 사고가 있었다. 국내 댐 중 높이 15m를 넘는 댐의 대부분이 관개용 흙댐이므로 월류 등에 매우 취약하여 파괴 위험성이 매우 높으며 특히 하류지역의 도시화 등으로 댐 파괴시에 엄청난 인명 및 재산피해를 줄 수 있다.

전세계 저수지 가운데 결괴 위험이 있는 저수지의 숫자는 150,000개를 넘는 것으로 보고되고 있다. 대부분의 이러한 저수지는 설계된 대로 저수지의 기능을 갖지 못하며 지금까지 약 2,000개의 저수지가 파괴된 것으로 보고되어 있다. 그 중 약 200여개는 상당한 규모를 갖는 저수지로서 그로 인한 인명 피해도 8,000명 이상인 것으로 보고되었다. 1969년 이태리의 Vaiont 댐 파괴로 2,600명의 사망자가 발생하였고, 미국의 펜실베니아주 South Fork 댐 파괴로 2,290명, 인도의 Machhu II 댐의 파괴로 2,000명 이상의 사망자를 내는 등 크고 작은 저수지 붕괴 사고로 11,000여명의 사망자를 기록한 것으로 조사되었다. 이러한 댐파괴는 막대한 양의 토사와 돌더미 등이 세굴, 운반, 퇴적되기 때문에 수로 계곡 및 시가지 등 생태 및 생활환경에도 큰 변화를 초래한다.

ICOLD(International Commission On Large Dams)에서 조사한 세계 주요 저수지의 연도별 결괴회수를 보면 <표 3-1>과 같다. 또, <표 3-2>는



세계의 주요저수지 피해상황이다.

<표 3-1> 세계 주요 저수지의 결괴 회수

기간	주요저수지 결괴 수
1900년 이전	38
1900 - 1909	15
1910 - 1919	25
1920 - 1929	33
1930 - 1939	15
1940 - 1949	11
1950 - 1959	30
1960 - 1965	25
시기 미상	10
계	202

### 제3절 노후저수지의 정의

저수지의 노후화란 무엇인가? 이것에 대한 정의를 명확하게 하기는 쉽지 않지만 노후저수지란 제체로부터의 누수와 여수토 등의 노후화로 안전성에 문제가 있거나 유지 관리상에서 상당한 정도의 기능장애가 있는 저수지를 의미한다. 노후화는 축조 후 시간적 경과에 따라 발생하는 약화뿐만 아니라 축조기술의 상승으로 인하여 안전성이 상대적으로 저하되거나 환경변화에 따라 안전성이 저하된 경우도 포함한다. 저수지의 노후화는 지형적인 조건, 유역조건, 강우분포와 제체 및 관련구조물의 유지관리 상태 등이 복잡하게 연관되어 발생한다. 따라서 노후화 형태와 발생 원인이 다양하다.

1981년 미공병단에서 8,639개의 댐의 안전진단을 실시한 결과 1/3 정도의 댐이 불안정한 것으로 나타났다. 주요한 파괴원인으로는 여수토의 단면 부족이 82%이었다. 또 1877년부터 1944년 까지 파괴된 흙댐 308개를 분석한 결과 파괴원인으로는 부등침하, 지진 등에 의한 기초 불량인 51%, 부적절한

여수토가 23%, 높은 공극수압과 사면활동, 파이핑, 침투 등에 의한 파괴가 7%, 기타 부실시공, 재료 결함, 전쟁, 기타 조작실수 등이 17%로 보고되었다. Biswas와 Chatlerjee(1971)이 세계의 300여개 저수지를 조사한 결과 여수토 불량률 약 35%, 설계 및 시공불량, 재료불량, 전정이 40%인 것으로 발표하였다.

저수지 파괴 또는 기능장애를 원인별로 분석한 미국과 일본의 자료와 캐나다의 위험도 분석자료를 보면 <표 3-3>, <표 3-4>, <표 3-5>와 같다.

<표 3-5>는 저수지 노후화에 의해 발생가능한 파괴유형을 예측 가능성과 예방조치 가능성에 의해 나타냈다. 여기서 가능도 50% 이상이라 함은 적절한 설계 및 시공관리, 철저한 검사와 유지관리에 의해 피해를 최소화 할 수 있을 수 있음을 의미한다. 이 경우는 예측이 가능하고 제어가 가능한 것으로 판단할 수 있으며 50% 이하의 경우는 예측이 불가능하고 제어가 불가능한 비상 또는 천재지변에 해당하는 파괴로 설명된다.

<표3-2> 세계 주요저수지 피해상황

댐 명	국 가	결 과 년도	인명손실
Machhu II	인도	1979	2,000
San Ildefonso	볼리비아	1626	4,000
Vaiont	이태리	1963	2,600
SouthFork(Johnstown)	미국	1889	2,290
Panshet-Khadakwasla	인도	1961	미확인
Oros	브라질	1960	1,000
Puentes	스페인	1802	608
Kuala Lumpur	말레이시아	1961	600
Gleno	이태리	1923	600
St. Francis	미국	1928	450
Malpasset	프랑스	1959	421
효기리	한국(남한)	1961	250
Quebrada la Chapa	콜롬비아	1963	250
Bradfield(Dale Dike)	영국	1864	238
El Habra	알제리	1881	209
Sempor	인도네시아	1967	200
Walnut Grove	미국	1890	150
Babii Yar	소련	1961	145
Vega de Tera	스페인	1959	144
Mill River	미국	1874	143
Buffalo Creek	미국	1972	125
Valparaiso	칠레	1888	100
Alla Sella Zerbino	이태리	1935	100
Bouzey	프랑스	1895	100
Nanaksagar	인도	1967	100
Zgorigrada(Vratza)	불가리아	1966	96
Austin	미국	1911	80
Bila Desna	체코슬로바키아	1916	65
Frias	알제틴	1970	42
Lower Otay	미국	1916	30
Palagnedra	스위스	1978	24
Eigiau-Coedty	웨일즈	1925	16
Teton	미국	1976	11

<표3-3> 댐의 붕괴사례(미국)

순 위	붕 괴 원 인	비율(%)
1	여수토의 배제능력 부족	34.5
2	제체 및 기초로부터의 누수	26.5
3	취수통관과 관련된 누수	16.5
4	제체의 활동	15.5
5	기타	7.0
합 계	102개소	100.0

<표3-4> 노후한 댐의 기능장애(일본)

순 위	붕 괴 원 인	개소수	비율(%)
1	제체로부터의 누수	7,635	27.5
2	취수시설의 파괴	4,705	17.0
3	여수토의 단면부족	4,548	16.4
4	퇴적토사에 의한 기능장애	4,251	15.3
5	제체의 침하, 사면 파괴	4,152	15.0
6	저수지로부터의 누수	1,025	3.7
7	만수되지 않는 것	629	2.2
8	온수를 취수할 수 없는 것	75	0.3
9	수온이 낮은 것	58	0.2
10	그라우팅 불량, 기타	673	2.4
합 계		27,751	100.0



<표3-5> 저수지 파괴 예측 및 예방가능도(캐나다)

순위	파괴원인	예측가능도	예방가능도
1	Cracking	95	90
2	Piping	90	80
3	Overtopping	80	80
4	Spillway Erosion	70	80
5	Outlet malfunction	60	70
6	Sloughing	85	95
7	Blowdown	65	85
8	Seepage	20	40
9	Internal erosion	25	35
10	Reservoir instability	10	30
11	Flooding	15	15
12	Earthquake	5	10
13	Boils	25	25

#### 제4절 설계, 시공 및 운영실태에 의한 노후정도의 평가

저수지의 노후화 정도를 평가하기 위하여 댐의 구조적 상태와 조작 및 유지 관리에 관련된 상태를 조사하여야 한다. 평가는 댐의 안전과 관련된 모든 문제점을 밝혀야 하고 그에 대한 대책을 세울 수 있도록 하여야 한다. 안전도 평가의 단계로는 ① 설계와 설계자료를 검토하여 분석하는 단계 ② 건설 방법과 재료, 기자재를 검토하여 평가하는 단계 ③ 기존 구조물의 현황을 조사하고 유지관리 상태를 조사하여 분석하고 대책을 세우는 단계를 거쳐 행할 수 있다.

구조물의 계획 성능과 실제 성능을 비교 분석하기 위하여 댐과 구조물의 설계를 검토하여야 한다. 당초 설계시 계산된 홍수량, 여수토 용량 등은 적당한 것인지 조사하여야 한다. 설계대로 시공이 되었는지를 검토하기 위하여 시공기록을 살펴보아야 하며, 건설 방법과 건설재료, 기자재를 조사하여



야 하며 보오링이나 코어링 등을 통하여 확인하여야 한다. 과거 설계에서 무시되어 왔던 지진과 같은 특수한 기준에 대하여도 안전한지 추가 검토하여야 한다.

현장조사는 댐 및 구조물과 기계장치의 상태를 조사하여 안전도를 평가하여야 한다. 제체 부분의 파괴, 균열, 유실과 비정상적인 누수, 구조물의 열화상태, 기계 및 전기 장치의 작동결함과 저수지 주변상황 등을 상세히 조사하여야 한다. 조사는 육안 검사에 의해 판단이 불가능할 때는 보조기구를 사용하여 확인하여야 하며 필요한 경우에는 정밀조사를 해야 한다. 과거의 개보수 기록 및 유지관리 상태를 조사하여 저수지의 안전도 평가의 자료로 삼아야 한다.

## 제5절 농업용 저수지의 파괴형태와 원인

### 1. 파괴의 유형

#### 가. 하류사면의 붕괴

- (1) 사면 구배의 부족, 다짐의 불충분으로 침하 또는 세굴발생
- (2) 침윤선의 침출 필터 또는 차수시설이 충분치 않아 침윤선이 하류 사면에 침출되는 것에 의한 것
- (3) 수로(water channel)의 형성 재료의 불일치 또는 증축시 부실시공으로 제체의 신, 구 부분으로부터 누수에 의한 것
- (4) 파이프 등으로 제체의 일부가 파괴된 경우
- (5) 사면 말단 부근에서의 배수시설, 구조가 불충분한 것
- (6) 여수토의 결괴, 제체의 양안 접속부분의 불량, 관로 등으로 부터의 침출에 의해 붕괴하는 것
- (7) 월류에 의한 제체 유실

나. 상류사면의 붕괴

- (1) 사면 구배가 부족한 것
- (2) 사면 보호공이 불완전한 것
- (3) 통관의 부식 및 파괴 등의 노후화에 의한 누수
- (4) 다짐불량으로 인한 제체의 부분적 침하

다. 여수토의 결괴

- (1) 단면 부족, 여유고 부족에 의한 것
- (2) 지장물 또는 관리의 불충분 등으로 인한 통수단면 부족에 의한 것
- (3) 콘크리트의 부식 또는 노후화에 의해 파괴되는 것
- (4) 수문조작장치의 노후화

라. 제체의 파괴

- (1) 제체의 월류에 의한 것
- (2) 제체의 누수 등에 의한 것
- (3) 관로로부터의 누수에 의한 것
- (4) 침하 및 건조수축에 의한 Crack의 발생

마. 기초지반의 불량

- (1) 기초지반의 조사 미흡(단층, 균열 존재, 용해성 지반 등)
- (2) 기초지반의 지지력 부족
- (3) 시공시 기초처리 불량
- (4) 파이핑과 침투
- (5) 액상화

#### 바. 취수시설 및 통관

- (1) 부식 또는 노후화에 의한 약화
- (2) 부유물 등의 지장물 또는 관리 불충분에 의한 약화
- (3) 토사의 퇴적

#### 사. 주변지질 상태

- (1) 토사 유입 및 퇴적에 의한 저수능력의 감소
- (2) 산사태 등으로 인한 일시적인 재해
- (3) 기초지반의 변질(액상화, 파이핑)

## 2. 파괴의 원인

저수지 파괴원인은 여러 가지가 있겠으나 그 주된 원인은 다음과 같다.

#### 가. 여수토의 단면 부족

축조된지 오래 된 저수지는 대부분이 현재의 기준에 의하면 부족한 통수 단면을 갖는 것이 많다. 저수지의 여수토 능력 부족은 제체월류로 연결되어 제체가 결괴되는 예가 많기 때문에 여수토의 기능은 특히 중요하다. 따라서 노후화하고 파손된 것, 단면이 부족한 것 등은 개수되어야 한다. 여수토와 관련하여 하류 배수로 등의 유출 단면 부족으로 발생하는 피해는 제체의 결괴에 직접 연관되지 않지만 홍수시에 피해를 증폭시킬 수 있으므로 이에 대한 대책도 필요하다.

- (1) 여수토 단면을 결정할 때 설계기준 강수량이나 유출량을 너무 작게 산정함으로써 설계홍수위가 부족한 경우
- (2) 예상외의 이상홍수량에 대한 여유를 충분히 고려하지 않은 경우

- (3) 저수량 증가를 위하여 여수토를 인위적으로 막은 경우
- (4) 여수토 하류 수로의 단면 부족으로 하류지역에 홍수피해가 발생하는 경우
- (5) 지장물이 제거되지 않은 경우

#### 나. 제체 및 기초로부터의 누수

제체내, 제체와 기초지반 혹은 양안과 산지와와의 경계, 기타 여수토 기초 또는 접합부 등의 접속 불량이나 부등침하로부터의 누수가 저수지 파괴의 원인이 된다.

- (1) 제체내에 파이핑 현상이 발생하여 누수가 생긴 경우
- (2) 기초지반의 지지력이 부족하여 부등침하 등으로 구조적 결함이 발생하는 경우
- (3) 시공시 기초처리 불량으로 침하, 누수등이 발생
- (4) 제체재료의 불량으로 수로가 발생하거나 제당 승상시 사용한 재료의 불일치로 접합불량이 발생한 경우
- (5) 필터재료의 불량으로 배수기능을 갖지 못할 경우
- (6) 활단층의 존재, 균열 및 액상화

#### 다. 제체의 활동

제체의 활동 또는 이동으로 인한 파괴는 여러 가지 원인에 의해 발생한다. 과거에 만든 저수지는 재료나 시공관리가 부실하여 제체의 활동이 발생하나 그 원인을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 제체와 기초의 접속 불량
- (2) 코어 재료의 균열
- (3) 서로 다른 재료의 사이에서의 균열



- (4) 용해가능 암반 기초
- (5) 부적절한 지수공법
- (6) 점토질 성토재의 수축균열
- (7) 제체와 콘크리트 구조물의 접촉 불량
- (8) 제체내에 투수층이 존재할 경우
- (9) 제체 사면의 급경사
- (10) 지진시의 액상화

#### 라. 부적절한 침윤선의 관리

제체나 기초를 통한 침투수의 정도는 저수지 노후상태를 가장 잘 나타내 준다. 따라서 누수나 침투 상태를 조사하는 것은 제체 파괴의 원인을 밝혀 주는 방법이다. 침투수는 세립을 분리하고 씻어내리는 작용을 하며 결국 파이프므로 연결시켜 저수지를 파괴시키기에 이르게 된다. 필터설치가 불완전하거나 침윤선이 높게 나타나 하류 사면의 아래쪽이 팽윤되어 있는 상태도 누수에 준한 것이다.

#### 마. 취수 통관 및 콘크리트 또는 강재구조물의 결함

취수 시설이 노후화되고, 통관이 파손되어 있는 것, 취수문을 닫아도 물이 새는 일, 취수탑 부근 제체가 침식되어, 혹은 기초 지반의 부등침하에 의해 수문 및 밸브 조작이 곤란한 것 등에 대해서도 파괴된 것이라 판단되면 개수한다.

- (1) 부식 또는 노후화에 의해 약화된 것
- (2) 지장물 또는 토사 퇴적에 의한 것
- (3) 취수 통관의 잘못된 위치 선정

#### 바. 저수지 주변의 사고(저수지 산사태, 단층, 파이프)

토사 유입 또는 퇴적으로 저수 능력을 저하시키거나 산사태등의 사고, 활단층의 활동 또는 저수지 기초지반의 큰 투수성 및 용해성 지반등이 담수 기능을 저하시킨다.

- (1) 누수 등으로 파이핑 작용이 비탈면이나 기초를 손상시킨 경우
- (2) 저수지 주변 또는 수로나 여수로 부근의 절토구간의 경사가 급하여 산사태가 발생하는 경우
- (3) 활단층의 존재 또는 저수지 기초지반의 높은 투수성, 용해성 암반 지역등이 저수지의 담수능력을 저하시킨다.

#### 사. 부적절한 설계 및 시공

저수지 및 부속구조물등이 당초 설계시 계획된대로 기능을 발휘하고 있는지 검토되어야 한다. 원 설계 또한 새로운 기준에 안전한지 검토할 필요가 있다.

- (1) 저수지 설계나 시공 부실등으로 침윤선이 저수지 바깥측 비탈면과 교차하여 저수지가 안정성을 상실하게 되는 경우
- (2) 저수지 비탈면 기울기가 너무 급하여 장마때에 외측 비탈면이 포화되어 사태가 발생하는 경우 또는 수위가 급격히 저하함으로서 내측 비탈면에 사태가 발생하는 경우
- (3) 기초지질조사 및 유역조사가 미흡한 경우
- (4) 설계기준, 설계능력 부족
- (5) 시공기술 부족으로 과도한 침하 발생
- (6) 부적절한 재료의 사용으로 침하 또는 누수 발생

## 제6절 요약 및 결론

본 장에서는 노후저수지에 대한 정의와 저수지의 노후화의 주요 원인과 파괴 형태에 대하여 살펴 보았으며 결론은 다음과 같다.

1. 노후화 저수지란 제체 등에 안전성의 문제가 있거나 유지관리상 상당한 정도의 기능장애가 있는 저수지를 의미한다.

2. 노후화의 주요원인을 들면 다음과 같다.

- ① 제체 등으로부터의 누수
- ② 여수토의 노후화 혹은 여수토 단면의 부족
- ③ 제체 단면의 부족
- ④ 취수시설의 노후화에 의한 누수
- ⑤ 유지관리 소홀로 인한 노후화
- ⑥ 사고 즉 호우 또는 산사태 등에 의한 저수지의 결괴

3. 노후화에 의한 파괴 형태는 다음과 같다.

- ① 하류사면의 붕괴
- ② 상류사면의 붕괴
- ③ 여수토의 결괴
- ④ 제체의 파괴
- ⑤ 취수시설
- ⑥ 기초, 주변, 기타

## 제4장 저수지의 조사방법



## 제4장 저수지의 조사방법

### 제1절 서론

저수지와 부대시설에 관한 현장조사는 저수지의 안전도 평가의 가장 중요한 부분이다. 축조 위치나 사용재료는 구조물의 안전과 직접 관련이 있는 제체, 구조물, 기초 거동에 직접적인 영향을 주게 된다. 현장조사자는 과거 현재 또는 미래에 저수지에 발생 가능한 기능 장애와 저수지 파괴 원인 등을 이해하고 있어야 하며 설계된 대로 저수지가 운영되고 있는지 조사해야 한다.

### 제2절 조사팀의 구성 및 책임

현장 조사팀은 관련 자료를 충분히 이해할 수 있어야 하며 현장조사를 철저히 할 수 있는 능력을 갖춘 토목 기술자, 지질 기술자 등 전문가로 구성된 측량팀, 구조물 조사팀, 제체 조사팀, 주변 지질 조사팀으로 구성하며 기계 기술자, 전기 기술자와 저수지 관리기관의 현지 관리인을 포함한다.

조사팀은 현장조사를 통하여 저수지의 안전도를 평가할 수 있는 자료를 수집하고 공학적 판단력을 가지고 현장 상황을 판단하여야 하며 편견없고 믿을 만한 결론을 도출하여 보고서에 의해 보고해야 한다. 또한 현장 관리인은 조사팀에게 저수지 현황, 운영상태 및 제 문제점을 정확하게 보고하여야 한다.

### 제3절 조사자료의 기록방법

사전에 조사자료와 질문내용을 작성하고 조사자료의 기록은 현장조사에

서 발견된 사항을 정확하게 통일된 형식에 의해 기록하도록 한다.

## 제4절 조사계획

### 1. 계획

저수지의 안전도를 검사하기 위하여는 예비조사, 현장조사를 통하여 저수지의 계획·설계·시공 및 운영 과정에서의 모든 관련기록을 조사할 수 있도록 계획을 수립하여야 한다. 저수지의 조사시기는 최대수위시, 상수위시, 최저수위시가 바람직하지만 조사항목에 따라 적절한 시기를 선택하여야 하며 한번에 조사를 끝낼 수 있도록 계획하는 것이 좋다.

### 2. 예비조사 및 자료수집

#### 가. 지형자료와 지진조사

저수지의 지질조사의 목적은 저수지의 기초, 제체, 사용재료 및 저수지 주변의 암반 등에 대한 단층, 절리, 균열 등을 포함한 지질상황과 지진상황을 명확히 조사하여 저수지의 노후화 또는 기능 저하를 조사 분석하기 위한 기초자료를 얻기 위한 것이다.

#### 나. 기상, 수리 및 수문 조사

저수지의 기상, 수문, 수리 조사는 그 지역 홍수량과 제체의 설계, 물넘이 및 취수시설 등 부대시설이 적정한 크기로 설계되었는지 조사하기 위한 것이며 또한 이로 인해 저수지 기능 장애가 발생한 기록이 있는지, 하류지역에 어떠한 피해가 발생하였는지 등에 관하여 조사하여야 한다.

#### 다. 저수지의 기초조사

### (1) 설계자료조사

토질조사보고서, 설계조건, 설계도면, 시방서, 시공관리 시험자료, 설계변경자료, 공사사건 및 사고기록, 최종 설계도면, 시공보고서 등을 조사하고 특이사항이나 시공이 설계와 달라진 점 등을 조사하여야 한다.

### (2) 사용재료 조사 및 분석

저수지 축조에 사용된 재료는 저수지 주변에서 채취하는 경우가 많으므로 기록 조사 및 재료 특성에 대한 자료를 수집하고, 필요하다면 시료를 채취하여 시험을 통하여 그 특성을 파악하여야 한다.

### (3) 저수지 기초조사의 대상

저수지 축조 후에 발생한 사건, 사고 및 저수지 운영에 관련된 사항은 구조물의 형태나 기초에 관계없이 조사해야 한다. 저수지의 변형, 균열, 구멍, 누수 및 습윤 지역, 표면세굴, 식생 등 저수지 표면의 모든 변화에 대하여 조사하여야 한다. 저수지 기초와 구조물에 대한 조사, 여수토, 통관, 수로는 물론 저수지 및 주변의 산사태 가능성도 조사하여야 한다.

### 라. 저수지 유지 관리에 관한 조사

저수지와 부대시설에 대한 기상 및 수문상황, 하천상황, 수리 관리상황, 저수지 관리상황 및 안전관리에 관련된 자료를 수집하고 조사 분석하여 안전도 평가의 자료로 삼아야 한다. 전기장치, 권양기의 유류상태 등 각종 기계장치도 저수지 기능에 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 조사를 해야 한다. 또 저수지 운영 중에 있었던 모든 개보수기록을 조사하여야 한다.

## 제5절 현장조사

### 1. 저수지 조사

#### 가. 조사의 일반적인 사항

저수지와 부대시설에 관련된 기록, 사건, 사고 또는 제체의 변화 특성, 위치 등에 대해 조사해야 한다. 구조물의 종류나 기초 종류와 관계없이 대부분의 문제들은 일반적이고 보편적인 특성을 가지고 있다.

저수지의 외부표면의 여러 가지 징표로부터 구조물의 내부의 거동에 대한 예측자료를 얻을 수 있다. 이러한 이유 때문에 저수지의 모든 노출면에 대하여 철저히 조사를 행해야 한다. 가능하다면 현장조사는 저수지가 만수 위일 때 즉 성토가 최대 하중을 받을 때 수행하는 것이 좋다.

저수지의 변형, 균열, 함몰, 분수, 습윤 지점(wet spots), 표면침식, 동물의 굴, 식생 등 어떤 형태의 증거이든 주의깊게 조사해야 한다. 이러한 결함들을 발견하고 보완되지 않으면 제체의 구조적인 안정이 현저히 약화될 수 있으며 결국은 저수지의 결괴로 이어질 수도 있다.

#### 나. 조사방법

노후저수지란 결괴 우려가 있는 저수지로서, 일반적으로 누수에 의한 파이핑, 파랑 침식에 의한 단면부족 등으로 인해 제체의 구조적인 안정이 현저히 약화되었거나 여수토, 취수탑 등 구조물이 노후화되어 있다. 따라서 노후저수지란 주로 누수량의 변화, 제체 단면 형상의 침식 등에 의한 변화와 여수토의 능력, 구조물의 노후화 상태 등으로부터 판단하며 그 판단기준은 다음에 해당하는 경우이다.



### (1) 저수지의 관찰

저수지의 결괴 원인을 관찰하는 것으로 누수상황, 사면침식 상황, 구조물 및 부대시설의 노후상태, 유지관리의 상황 등을 관찰한다.

### (2) 현장청취

저수지 관리자 등으로부터 취수시설의 설치시기, 시공재료, 과거의 주된 피해사례, 개수공사의 유무 및 개수방법, 누수량 및 그 시기적인 변화 등을 청취한다.

### (3) 누수량 및 경로 추정

누수경로를 크게 분류하면 제체내, 제체와 기초사이, 제체 양끝의 접촉부, 취수시설의 주변, 기초지반, 접속된 산으로부터의 누수 등 6가지 종류가 있으며, 이들에 대한 조사방법은 水溫法, 色素 혹은 鹽分法, 전기탐사법 등으로 누수경로를 확인할 수 있다. 누수량은 메스실린더 등 용량이 정해져 있는 것을 이용하여 시간과 양을 측정하는 방법과 삼각웨이 등에 의해 측정하며 각 누수 경로별로 종합한다.

다음과 같은 경우 누수량을 조사하여야 한다.

(가) 堤長 100m당 누수량이 1ℓ/sec을 초과하는 경우

(나) 저수지 유입량의 1% 이상이 누수하는 경우

(다) 1일 누수량이 총저수량의 0.05%를 초과하는 경우

(라) 저수위 一定누수량의 변화가 한달에 10% 이상 증가하는 경우

### (4) 보오링

제체 최대단면의 중심, 상류 및 하류에 각각 한곳씩 보오링을 실시하고, 가능한한 교란되지 않은 시료를 채취한다. 필요에 따라서는 토질시험을 행한다. 샘플링한 것으로 현장투수시험을 행하여 각층의 투수 계수를 구한다. 침윤선의 측정은 이 보오링공을 이용하여 실시하는 것이 좋다.

### (5) 제체측량

(가) 저수위時에 제체의 종횡단 측량을 실시한다.

(나) 제체 단면 변화로부터 보는 경우

당초 단면과의 면적변화율이 5% 이상인 경우

(다) (가)(나)의 어느 곳에 해당되는 경우, 부대시설의 노후화 등과도 연

관하여 저수지의 안정성을 잃어버리는 경우

(6) 그 외 다른 계획에 필요한 조사

수문자료, 토질자료, 토지이용조사 등의 자료수집 및 각 조사방법에 대해서는 횡담설계기준에 준하여 실시한다.

#### 다. 조사의 종합

조사결과는 각 조사별로 정리하고, 사진, 도면을 부착하여 정리한다. 이 경우에 저수지의 노후화 및 대책 공사와의 관련이 명확하도록 정리하는 것이 필요하다.

## 2. 각 부분별 조사

### 가. 제체부

저수지와 부대시설에 관련된 기록, 관측된 모든 사건, 사고 또는 변화, 특성, 위치 등에 대하여 조사한다.

저수지 제체의 외부표면의 변화는 구조물의 내부 거동에 대한 자료를 제공한다. 이러한 이유 때문에 저수지의 모든 노출된 표면에 대하여 철저한 조사가 행해져야 한다. 가능하다면 현장조사는 저수지의 물이 가득차고 최대 하중을 받을 때 수행하는 것이 좋다.

제체에서 발견되는 변형, 균열, 함몰, 분수, 습윤 반점(wet spots), 표면침식, 동물의 굴, 식생 등은 제체 변화에 대한 증거이므로 이에 대한 조사를 주의깊게 해야 한다.

제체에서 표면 변형은 성토, 도로, 방호벽, 가드레일, 세로의 도관 또는 다른 외형의 정렬상태를 살피는 육안조사에 의해 발견할 수 있다. 정상부분의 여유고가 감소된 침하에 대해 조사한다. 상류 및 하류 경사와 성토사면의 하류흐름 지역에서 임의의 변형 또는 유실 등 표면의 변화도 조사되어야 한다.

성토지역의 표면에 나타난 균열은 잠재적으로 불안정한 상태를 표시해 준다. 표면 균열은 제체 표면 부근의 재료의 분리와 수축에 의해 발생된다. 그러므로 균열의 깊이와 방향을 조사하고 그 원인을 분석하여야 하며 제체의 정상과 경사면 상에 구멍에 있는지, 급경사면에는 사면활동이 있는지 조사한다. 활동의 범위와 위치에 대해서도 자세히 조사한다. 성토와 양안 접속부 근처의 표면 균열은 성토의 침하의 표시일 수 있으며 이것이 심하면 누수로가 접촉면을 따라 발달할 수 있다. 그러므로 이러한 위치는 철저히 조사한다. 균열은 또한 성토 지역 사이의 부등침하를 나타낼 수 있다.

저수지의 하류 표면과 toe 지역의 누수, 습윤 반점, 분사, 지하, 함몰에 대해 조사해야 한다. 습윤 반점과 같이 포화된 지역이 있다면 침윤 또는 그 밖에 다른 원인에 의한 결과인가를 결정하기 위해 연구해야 한다. 습윤지역 및 분사는 장래의 변화를 추적조사 하기 위해 정확하게 위치를 표시해야 한다. 침투의 또 다른 표시로는 식생의 비정상적인 성장과 눈이 빨리 녹는 현상으로 그 지역을 찾을 수 있다. 배수 체계는 퇴적, 박테리아 성장, 퇴화, 부식 또는 배수구를 막을 수 있는 모든 지장물에 대해 조사해야 한다.

제체와 기초부의 변위는 계측기에 의해 조사해야 하며 설치할 수 있는 계측기는 표면 침하를 측정하는 침하판과 수평 이동, 수직 이동을 측정하는 경사계, 피에조미터와 침투계측 장치로 구성된다. 표면 침하 계측과 내부 이동 측정은 제체의 파괴, 기계의 움직임, 침식 또는 동상에 의해 발생가능한 손상에 대해 조사할 수 있고 피에조미터, 관측정, 파이핑에 관한 게이지는



시스템이 믿을 수 있는 연속 자료를 얻을 수 있는 방법으로 유지관리가 잘 되고 있는지 확인할 수 있다. 침투를 측정하기 위해 사용된 파이프나 웨어는 장애물이나 부식 또는 침식되어 있지 않은지를 조사한다.

제당의 상류면과 저수지 지역은 저수지 수위가 낮은 계절에 조사해야 한다. 제방의 상류사면은 사면 보호물의 활동, 함몰 또는 약화에 대해 조사해야 한다. 수위 때문에 조사가 불가능하다면 수중 조사도 필요하다. 갈수기까지 기다려도 조사할 수 없는 심각한 경우에는 저수지 물을 강제로 배수하여 조사할 수 있도록 조치하여야 한다.

규모가 작은 저수지의 제방에 동물의 굴과 식생에 대해 조사해야 한다. 광범위한 뿌리조직을 가지거나 제방 또는 양안 지역의 시야를 방해하는 수목은 제거되어야 한다. 수분을 많이 흡수하는 수목과 새로운 수목의 번성을 의심해야 한다. 같은 종류의 식생이 있는 지역내에서의 색깔 차이는 제방위의 습윤반점에 대한 좋은 표시이다. 적외선 사진으로 제방위의 습윤반점을 찾을 수 있다.

#### 나. 양안과 기초

양안의 접속지역과 기초부분은 흙으로 덮여져 있어 직접적인 조사가 불가능하다. 따라서 현장 조사를 준비하는 동안 유지관리 기록 그리고 설계와 시공관련 문서를 검토하는 것이 중요하다. 이때 기초와 양안의 특징뿐만 아니라 건설중 또는 사용중 밝혀진 변화에 대하여 조사하고 현장조사전에 계측, 지하수와 침투 데이터를 검토하여 평가해야 한다.

양안과 기초의 상류 부분의 조사는 저수상태에서는 가능하지 않다. 그러므로 조사는 댐의 하류, 양안, 제방과 toe에 한정된다. 부대 구조물의 기초 부분도 조사하여야 한다. 전형적인 기초와 양안 재료의 풍화상태는 도로의 절토 또는 다른 굴착 등 토취장 근처에서 발견할 수 있는 노출된 표면으로



부터 짐작할 수도 있다. 기초재료의 풍화 상태는 때때로 저수지 수위변동 지역에서의 노출에서 뚜렷하게 볼 수도 있다.

구조물의 변화는 종종 기초의 거동을 반영한다. 성토 댐의 정상 또는 사면에서의 침하와 처짐은 제방 또는 기초의 압밀, 기초의 변화, 용해 또는 파이핑을 반영한다. 침하되었거나 연직이 아닌 수직 구조의 부대 구조물은 기초 지반의 항복 또는 압밀 침하를 의미한다.

침투에 의한 피해는 매우 중대하기 때문에 관심을 가지고 조사하여야 한다. 침투수가 증가하거나 감소하는 경우 흐름의 변화는 즉시 조사대상이 된다. 침투수의 변화는 하류사면의 상태나 새로운 식생의 발달 등으로 감지할 수 있다. 관측 우물과 피에조미터의 수위변화를 주의깊게 점검하여야 하고 저수지의 저수상태와 지역적인 강수상태를 비교하여야 한다.

침투는 필터에 의해 효과적으로 조절될 수 있다. 침투수에서 부유하는 입자의 존재는 파이핑이 발생한다는 증거이고 즉각적인 관심이 요구된다. 파이핑에 의한 파괴는 급속히 체체를 파괴시킬 수 있기 때문에 더욱 중요하다.

용해의 가능성이 존재할 때 저수지의 물과 침투수의 시료로 수질분석을 하여 용해성 있는 물질을 식별할 수 있다. 침투율이 결정될 수 있다면 용해율이 추정될 수 있다.

#### 다. 구조물부

콘크리트 구조물 표면은 풍화, 비정상적인 응력, 알카리반응 등 화학적 변화, 침식 온도차에 의한 파괴 등에 의해 유발될 수 있는 변화에 대하여 조사하여야 한다. 표면의 작은 균열과 철근의 노출 등에 대하여 조사하여야 한다. 여수토의 콘크리트 부분인 방출장치와 동력 방출구는 모두 유사한 기본적인 수리학적·구조적 기능에 알맞는지 조사하여야 한다. 구조물을 통한

방출용량을 감소시킬 수 있는 flashboard와 같은 허가되지 않은 구조물은 설치하지 않아야 한다. 콘크리트 표면은 풍화, 비정상적이거나 극한 응력, 알카리 또는 다른 화학 반응, 침식, 공동현상, 파괴 등에 의해 여수토의 기능이 저하되었는지 조사해야 한다. 구조물(특히 여수토 낙하 흡입, 방출구 장치 흡입 같은 탑 구조물)은 부등 침하의 증거에 대해 조사해야 한다.

수로 구조물의 경사 또는 변위에 대하여 조사해야 한다. 터널과 도관은 균열, 돌출, 이동과 정렬 그리고 과잉 누출에 대해 조사해야 한다. 물이 흐르는 통로는 방해물이 없어야 하며 파편이 모이기 쉬운 지역은 주목하여 조사해야 한다.

구조물과 인접한 모든 뒷채움 흙의 이동에 의한 침하 또는 깊이의 증가에 대해 조사해야 한다. 뒷채움 흙과 구조물 사이의 접촉은 파이핑이 있었는지 대해 조사해야 한다. 구조물과 인접한 모든 절토 또는 성토 사면의 불안정한 상태에 대해 조사해야 한다.

지지부재를 가진 교량은 상태 및 적절한 기능에 대해 조사하고 모든 배수구는 열려있고 적절히 작동하는지 조사해야 한다. 구조물의 벽에 대한 얼룩은 구조물을 통한 흐름 특성에 대한 표시이므로 이에 대해 연구해야 한다. 에너지 감쇠구조물과 인접한 도랑의 보호는 설계된 대로 잘 수행되는지를 결정하기 위해 조사되어야 한다.

기계장치는 결함, 진동, 비정상적인 소음과 과열없이 부드럽게 작동하는지 검사하여야 한다. 동력공급 장치, 보조동력 공급장치의 작동유무도 조사하여야 한다. 수문의 와이어는 잘 윤회되어 있는지 또 마모된 부분에 대하여 조사하고 수문 방수가 잘 되는지 그리고 있을 수 있는 각종 부식에 대하여 조사하여야 한다. 또한 저수지 수위 측정장치는 정확히 작동하는지 검사하여야 한다.

#### 라. 퇴적상태

댐건설에 의한 퇴사는 저수지 말단부의 하상상승으로 저수용량의 감소를 초래하고, 저수지에 본래 기대되는 저수 기능을 서서히 좀 먹어 들어가 치수 등의 기능을 저하시킨다. 일부 저수지에서는 퇴사의 배제가 보호관리상의 가장 중요한 문제로 되어 있고, 저수지의 기능을 유지하기 위하여 장기적 시야에서 퇴사처리를 검토할 필요가 있다.

퇴사는 댐의 안전에 직접적인 영향을 미치지 않는더라도 저수지 유역은 댐과 저수지의 안전한 운영을 손상시킬 수도 있으므로 조사해야 한다.

#### 마. 주변 지질 조사

저수지 부근 지역은 댐과 저수지의 안전에 영향을 미칠 수 있는 문제에 대하여 조사해야 한다. 저수지 유역의 지질 조사는 저수지 수위가 낮은 동안 조사해야 한다. 불가능하다면 특별히 의심스러운 위치에 대해 수중 조사를 할 수도 있다. 저수지 유역표면은 침하, 함몰구멍 또는 저수지 라이닝 또는 자연 표면의 침식에 대해 조사해야 한다. 저수지 유역은 또한 댐의 하중에 악영향을 끼치거나 여수토까지의 유입 도랑 또는 방출과정을 방해할 수 있는 과잉 실트 막힘(siltation)에 대해 조사해야 한다.

#### 바. 하류피해 조사

저수지가 결피된 경우를 가정하고, 그 피해를 알기 위해 필요한 저수지 하류지역내에서 인명 및 주택 등 재산상태 외에도 농업용 시설, 농작물, 일반 공공시설, 기타 등의 피해액을 산정하는데 필요한 현지조사, 도면, 기타 통계자료 등을 수집한다.

## 제6절 요약 및 결론

본 장에서는 저수지 현장조사 계획, 조사의 종류, 방법 등에 대하여 검토하였으며 그 결론은 다음과 같다.

1. 현장조사는 안전도 평가에 가장 중요한 부분으로 과거 및 현재 발생한 기능장애와 미래의 가능성에 대해 조사할 수 있어야 한다.
2. 조사는 계획, 예비조사, 현장조사 등으로 나눈다.
3. 현장조사시 각 부문별로 노후화 상태를 육안관찰하는 요령에 대하여 정리하였다.



## **제5장 노후화의 판단기준**

## 제5장 노후화의 판단기준

### 제1절 서론

저수지의 노후화 판단기준에 대한 연구는 지금까지 정립된 것이 없다. 댐의 노후화를 판단하는 데에는 여러 부분에 대한 고찰이 필요하며 그 분석 방법도 간단하지 않다. 지형 및 지진조사, 수리·수문 조사, 저수지 기초조사, 사용 재료조사와 같은 기본조사 이외에도 제체부, 여수토 및 구조물, 취수통관, 배수구 등 댐 구조물에 대한 노후화 정도를 판단할 필요가 있다. 또한 침하, 세굴여부, 주변상태 등을 조사하여 저수지 안전진단을 위한 참고자료로 사용한다. 본 연구에서는 현장조사를 통하여 자료를 정리하고 그 결과에 의하여 다음과 같은 과정으로 판단기준을 작성하였다.

각 등급은 상, 중, 하로 분류하였으며 특히 저수지의 노후화 정도를 판단하기 위한 각 조사항목의 중요도 결정은 현장조사자의 기술적, 경험적 판단에 의해 조심스럽게 판단하였다.

### 제2절 일반적인 결함요소

저수지 제체의 노후상태와 단면의 변화를 조사하고 제당 정부의 균열 상태, 내구성, 측방이동의 결함 상태 그리고 댐 구조물의 철근, 콘크리트의 현재 강도를 판단하여 설계강도와 비교, 분석함으로써 노후화의 진행정도와 안전성 여부를 판단한다. 또한 댐 구조물의 특수성에 비추어 그 안정여부가 침하나 세굴, 누수여부, 주변상태 등에 크게 영향을 받는 경향이 있으므로 댐 각 구조물별에 대해서 현재의 상황을 관찰, 분석하여 콘크리트의 강도와 연계하여 구조물에 대한 종합적 판단을 한다.

### 제3절 판단기준

#### 1. 제체부

시간의 경과에 따른 저수지 제체의 노후상태와 단면의 변화를 조사하는 것으로, 설계도면의 제당과 측량의 결과를 바탕으로 단면의 변화 상태를 조사한다. 제당의 정부에 대한 표면균열, 내구성, 침하, 측방이동, 융기 등을 조사하며 노후화 정도의 판단은 다음 기준에 의한다.

#### 가. 제체의 단면변화

	기 준	
표면 균열 (균열방향에 유의)	상	균열길이 0~1m 제정의 10% 이하
	중	균열길이 1~5m 제정의 10~50%
	하	균열길이 5m 이상 제정의 50% 이상
내구성	상	다짐율 70% 이하
	중	다짐율 70~90%
	하	다짐율 90% 이상
침하 (정부 침하량)	상	정부 침하량 10cm 이하
	중	정부 침하량 10~50cm
	하	정부 침하량 50cm 이상
측방이동 (상부침하)	상	상부 침하량 10cm 이하
	중	상부 침하량 10~50cm
	하	상부 침하량 50cm 이상
휨(융기)	상	1% 이하
	중	1~5%
	하	5% 이상

나. 누수 및 배수 상태

	기 준	
	상	
위 치	중	소단 ~ 저부
	하	소단 이상
	상	0.1 l/sec 이하
추정된 누수량	중	0.1 ~ 1.0 l/sec
	하	1.0 l/sec 이상
	상	변색부분 없음 변색면적 5 m <sup>2</sup>
외관이나 변색된 부분	중	변색부분 소단 ~ 저부 변색면적 5 ~ 15m <sup>2</sup>
	하	변색부분 소단 이상 변색면적 15m <sup>2</sup> 이상
	상	침식범위 10cm <sup>2</sup> 이하
유출구의 침식	중	침식범위 10 ~ 50cm <sup>2</sup>
	하	침식범위 50cm <sup>2</sup> 이상
	상	토사유입깊이가 전체길이 10% 이하 기능상태 양호
토우드레인과 배수정	중	토사유입깊이가 전체길이 10 ~ 50% 기능상태 가능
	하	토사유입깊이가 전체길이 50% 이상 기능상태 불능



다. 제체와 구조물의 연결 부위

	기 준	
	상	중
침윤상태	상	침윤 상태의 면적 5 m <sup>2</sup> 이하
	중	침윤 상태의 면적 5~15m <sup>2</sup> 이하
	하	침윤 상태의 면적 15m <sup>2</sup> 이상
균열, 조인트, 바닥부분 (위치, 길이, 탈락여부)	상	균열 길이 0~10cm 균열 면적 0~100cm <sup>2</sup>
	중	균열 길이 10~30cm 균열 면적 100~600cm <sup>2</sup>
	하	균열 길이 30cm 이상 균열 면적 600cm <sup>2</sup> 이상
슬라이딩 (위치)	상	길이 1m 이하
	중	길이 1~2m
	하	길이 2m 이상
식생	상	일년생 초
	중	다년생 초
	하	관목류 이상
이동 징조 (측방이동, 융기)	상	없음
	중	융기 0~50cm 측방이동 0~30cm
	하	융기 50cm 이상 측방이동 30cm 이상

라. 상·하류사면

	기 준	
	상	중
사면보호 상태 (방괴석 상태 점검)	상	사면 전체의 0~10% 유실
	중	사면 전체의 10~50% 유실
	하	사면 전체의 50% 유실
물가면의 침식상태 (제체와의 연결부위검토)	상	침식고가 0.0 ~ 0.5m
	중	침식고가 0.5 ~ 2.0m
	하	침식고가 2.0m 이상
식물생태 (식생분포검토)	상	일년생 초
	중	다년생 초
	하	관목류 이상
침하 (부분침하, 전체침하 검토)	상	침하 깊이 0.0~10.0cm 또는 제체의 변형 0.0~10.0%
	중	침하 깊이 10.0~50.0cm 또는 제체 변형 10.0~50.0%
	하	침하 깊이 50.0 cm 이상 또는 제체 변형 50.0% 이상
찌꺼기 (부유물 두께)	상	부유물의 두께가 10cm 이하
	중	부유물의 두께가 10~50cm
	하	부유물의 두께가 50cm 이상
동물의 굴 (두더지, 들쥐 등)	상	구멍 직경 0~1cm 구멍 갯수 0~1개
	중	구멍 직경 1~5cm 구멍 갯수 2~4개
	하	구멍 직경 5cm 이상 구멍 갯수 5개 이상

## 2. 구조물부

콘크리트 구조물은 여러가지 내·외적 요인에 의해 결함이 발생하는 경우가 적지 않으며, 이러한 결함은 구조물의 내구성 및 강도저하에 중요한 요인이 되고, 결과적으로 구조물의 안정성에 영향을 미치게 된다. 따라서, 각 구조물에 대한 이상현상과 결함을 조사하고 이에 대한 영향을 판단해야 할 필요성이 있다. 다음은 조사항목과 그 판단기준이다.

### 가. 콘크리트의 표면상태 조사

콘크리트의 외관상태를 관찰하여 균열, 봉소(honeycomb), 시공이음(cold joint), 박리, 결손, 파손된 개소, 골재노출이나 연약화 등 주로 화학적 침식에 의해 침식된 개소를 관찰, 파악하여 콘크리트의 노후화 정도를 판단한다.

#### (1) 조사방법

주로 눈으로 관측하고, 자 등으로 균열측정하고 칼이나 못 등으로 표면 경도를 조사한다.

#### (2) 판단기준

표 면 상 태	평 점
외관상 이상 없다.	1.0
이상은 확인되었지만, 표면적 또는 국부적인 현상으로, 내력에의 영향은 경미하다고 판단된다.	
이상현상은 상당한 범위에서 확인되고, 부분적으로는 심한 피해도 발생하고 있지만, 이상현상의 진행속도는 완만하고, 장기 하중에 대해서는 아직 여력이 있다고 판단된다.	0.5
변형이나 과대한 단면결손이 확인되고, 이상현상의 진행속도도 크다.	0.0

\* 연관되는 항목은 철근 녹평가, 균열 평가, 구조부재 파손에 대한 평가

## 나. 콘크리트의 강도

콘크리트 강도 측정은 슈미트 해머에 의한 비파괴 방법과 코어 채취를 통한 일축압축강도 실험으로부터 강도를 산정하는 파괴 검사를 동시에 행하여 슈미트 해머에 의한 강도추정이 적정한가를 판단한다.

### (1) 판정기준

부재마다 또는 피해의 편재가 있는 경우 그 정도마다 평균치와 표준편차를 구하여 평점을 매긴다.

콘크리트의 압축강도 (실측치와 설계치와의 관계)	평 점
실측치 $\geq$ 설계치 + 표준편차	1.0
(설계치 + 표준편차) $>$ 실측치 $\geq$ ( 0.5 $\times$ 설계치 + 표준편차 )	0.5
표준편차 $<$ ( 0.5 $\times$ 설계치 + 표준편차 )	0

\* 관련되는 항목    코어 보오링법에 의한 압축강도

## 다. 중성화 시험

콘크리트는 신선한 경우 강알칼리성으로 철근의 부식이 발생하지 않으나 공기중에 오랫동안 노출되면 공기중의 탄산가스의 작용으로 시간이 지남에 따라 서서히 표면으로부터 중성화된다. 중성화되면 내부의 철근이 녹슬기 시작하므로 구조물의 내구성에 영향을 준다. 따라서 중성화 깊이를 측정함으로써 콘크리트 구조물의 열화(degradation) 정도를 판단한다.

### (1) 판단기준

다음 식에 따라 구조물의 남은 사용년수를 추정한다.

$$t = t_o \left( \frac{D^2}{x^2} - 1 \right) \quad (\text{식5-1})$$



여기서,

$t$  : 구조물의 남은 사용년수 (년)

$t_0$  : 시험시의 재령 (년)

$x$  : 시험시의 중성화 깊이 (cm)

$D$  : 주근의 피복두께 (cm)

이 식에서 남은 사용년수의 전 평균치를 구하여 다음과 같이 평가한다.

남은 사용년수 $t$ 의 평균치 (년)	평 점
$t \geq 30$	1.0
$30 > t \geq 15$	0.8
$15 > t \geq 0$	0.6
$t < 0$	0.4

#### 라. 철근의 녹

철근콘크리트에 있어 철근의 역할은 인장강도와 부착강도이다. 철근이 녹이 스는 경우는 녹발생에 수반하여 철근 단면결손, 철근과 부착강도의 변화, 녹, 팽창압에 따른 콘크리트의 균열발생 등의 문제가 일어난다. 이러한 관점에서 내부철근의 녹 상태를 확인할 필요가 있다.

##### (1) 조사방법

(가) 철근위치라고 생각되는 부분에 철근을 따라 규칙적인 균열의 발생 여부를 눈으로 관찰한다. 규칙적인 균열의 발생이 있을 경우는 철근의 위치까지 철근표면을 상하지 않고 피복 콘크리트를 잘라서 균열이 철근 위치까지 발생했는지 여부를 확인한다.

깎아낸 철근을 눈으로 관찰하여 버어니어 캘리퍼스를 이용하여 철근의 직경을 측정한다. 철근이 녹슬어 있는 경우는 와이어 브러쉬로 녹을 제거하여 측정한다. 표에 따라 등급을 매긴다.

##### (나) 코어 채취시 철근검사

채취한 코어에 철근이 존재하는 경우, 철근의 상태를 파악한다.

(2) 판단기준

등급	점수	철근의 상태
I	0	검은 표면의 상태 또는 녹은 생겼지만 전체적으로 얇고 치밀한 녹으로, 콘크리트 면에 녹이 부착하여 있는 일은 없다.
II	1	부분적으로 떠오른 녹은 있지만 좁은 면적에 반점 모양으로 있다.
III	2	단면결손은 육안 관찰로는 확인할 수 없지만 철근의 전 둘레 또는 전 길이에 걸쳐 녹이 생겨있다.
IV	3	단면결손이 생겨있고 또 피복 콘크리트에 철근을 따라 균열이 발생되어 있다.

마. 각 부분별 진단

(1) 가중치 적용 기준

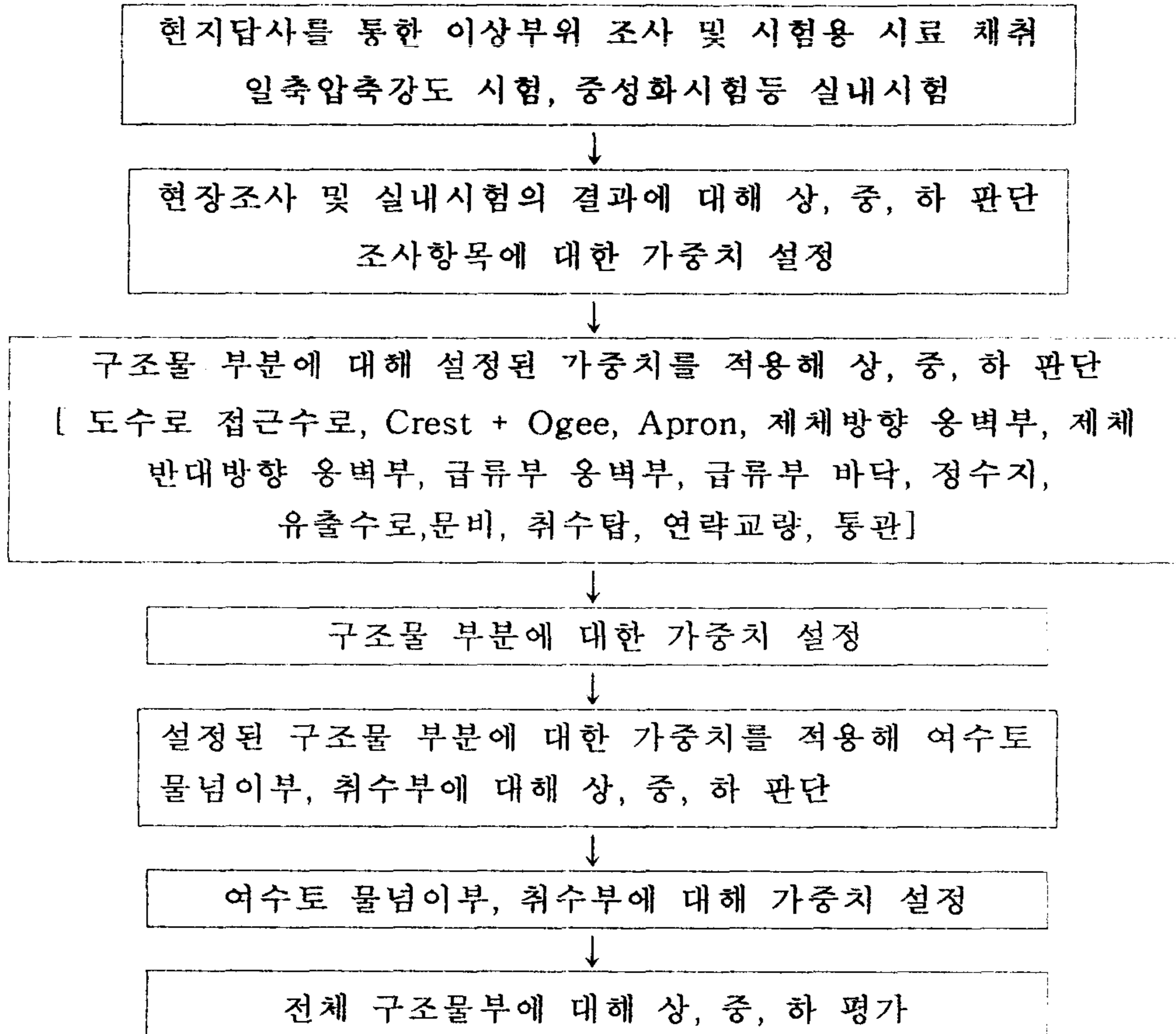
(가) 구조물 안전에 직접적으로 영향을 줄 수 있는가의 여부

예) 균열, 단면결손, 압축강도, 침하, 이동 등은 구조물의 안전에 직접적인 영향을 준다고 판단.

(나) 각 구조물의 파괴가 제체에 영향을 주는지의 여부

예) 제체쪽 웅벽, 슈트부 바닥, 여수토 물넘이 부분의 파괴는 제체에 직접적으로 영향을 줄 수 있으므로 가중치를 크게 함

(2) 구조물 노후화 판단 절차



(3) 각 부분별 평가 및 판단기준

(가) 도수로 접근 수로 상태

	기준	
식생-접근주위의 장애물 상태 (나무, 버들가지, 관목류 등)	상	다년생, 일년생 초본식물
	중	관목류 이상(수면침하여부)
	하	물의 흐름에 방해가 될 정도의 식생 또는 기타 비정상적인 조건
수로 부근의 슬라이딩	상	위치 여수토 5m 이내 길이 0.5m 이내
	중	위치 여수토 5~10m , 길이 0.5~1.0m
	하	위치 여수토 10m 밖, 길이 1.0m 이상
접근 수로 주변의 사면 안정 (세굴 여부의 검토)	상	세굴 범위 0.5m 이하
	중	세굴범위 0.5~1.0m
	하	세굴범위 0.5~1.0m 이상
사면 보호 상태	상	인공 돌붙임 이상
	중	자연상태, 인공돌붙임 일부파손
	하	사면 보호공의 파괴가 심한 상태, 심한 세굴
비고 : 취수부 및 방수부 유출수로에 대한 조사항목 및 판단기준은 위와 동일하게 적용		
기타 : 유출수로에 교량의 건설, 환경변화 등의 사항은 개별적으로 그 영향을 평가한다		



(나) Crest, Ogee

		기	준
균열	상	길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 균열 1개소 이하, 발생면적 2 m <sup>2</sup> 이하	
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2mm, 균열 1~3개소, 발생면적 2~5m <sup>2</sup>	
	하	길이 5m 이상, 폭 2 mm 이상, 균열 3개소 이상, 발생면적 5m <sup>2</sup> 이상	
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된 곳 없음. 칼, 못 등으로 긁었을때 일부분만 표면 마무리부분이 연약화	
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨. 파손 1~3개소, 파손깊이 0~10cm, 면적 0~0.5m <sup>2</sup> 파손된 곳에 노출된 골재,모래 등이 칼등으로 떨어져나옴	
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 10cm 이상, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이상 노출된 곳의 골재 및 모래가 손으로 쉽게 떨어져 나옴 변색되어 있다.	
백화현상	상	발생 2개소 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단	
	중	발생 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단	
	하	발생 10개소 이상, 면적 10m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생	
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손된 부위가 작아 구조 내력에 문제가 없다.	
	중	철근노출 1~2개소, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향이 있다.	
	하	철근노출 2개소 이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.	
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차 )	
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)	
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)	
누수	상	누수량 0~0.5ℓ / hr, 누수 2개소 이하	
	중	누수량 0.5~1ℓ / hr, 누수 2~10개소	
	하	누수량 1ℓ / hr 이상, 누수 10개소 이상	
중성화	상	남은 구조물 수명이 100년 이상으로 추정	
	중	남은 구조물 수명 30~100년으로 추정	
	하	남은 구조물 수명 30년 이하로 추정	

(다) Apron

		기	준
균열	상	길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 균열 1개소 이하, 발생면적 2 m <sup>2</sup> 이하	
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2mm, 면적 2~10 m <sup>2</sup> , 균열 1~5개소	
	하	길이 5m 이상, 폭 2mm 이상, 균열 5개소 이상, 발생면적 10 m <sup>2</sup> 이상	
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손 개소 이하 파손 크기 : 깊이 3cm 이하, 넓이 0.7m <sup>2</sup> 이하 칼, 못 등으로 긁었을때 일부분만 표면마무리부분 연약화	
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨 파손 1~5개소, 파손크기 : 깊이 2~15cm, 면적 0.7~3m <sup>2</sup> 파손된 곳에 노출된 골재, 모래 등이 칼등으로 떨어져 나옴	
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 5개소 이상, 파손크기 : 깊이 15cm 이상, 면적 3 m <sup>2</sup> 이상 노출 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴	
백화현상	상	발생 2개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단	
	중	발생 2~10개소, 면적 2~10 m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단	
	하	발생 10개소 이상, 면적 10 m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생	
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손된 부위가 작아 구조 내력에 문제가 없다.	
	중	철근노출 1~3개소, 면적 2 m <sup>2</sup> 이내 파손부위 커 구조내력에 영향이 있다.	
	하	철근 노출 3개소 이상, 면적 2 m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.	
바닥이동 이나 융기	상	없음	
	중	이동 0~10cm, 구조물 밑부분이 일부분 공동화	
	하	이동 10cm 이상, 구조물 전체적으로 공동화	
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차)	
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)	
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)	
조인트	상	상대 양호	
	중	이음재 파손, 누수흔적	
	하	이음재 파손이 완전하며, 누수가 있고, 5cm 이상 벌어짐	



(라) 제체방향 응벽

	기 준	
균열	상	균열 1개소 이하, 길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이하
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2 mm, 균열 1~3개소 이하, 발생면적 2~5m <sup>2</sup>
	하	길이 5m, 폭 2 mm 이상, 균열 3개소 이상, 발생면적 5 m <sup>2</sup> 이상
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된곳 없음. 칼, 못 등으로 긁었을때 일부분만 표면 마무리부분이 연약화 전반적인 모르타르의 파손 또는 유실,
	중	파손 1~3개소, 깊이 0~10cm, 면적 0~0.5m <sup>2</sup> 파손된 곳에 노출된 골재, 모래 등이 칼등으로 떨어져 나옴
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 10cm 이상, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이상 노출된 곳의 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴.
백화현상	상	발생 2개소 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단
	중	발생 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단
	하	발생 10개소 이상, 면적 10m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손된 부위가 작아 구조 내력 문제 없다
	중	철근노출 1~2개소, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향
	하	철근노출 2개소 이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상, 파손 커서 구조내력에 이상
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차 )
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)
침하	상	없음
	중	침하량 0~10cm
	하	침하량 10cm 이상
이동	상	없음
	중	이동 0~10cm
	하	이동 10cm 이상
조인트	상	상태 양호
	중	이음재 파손, 누수흔적,
	하	이음재 파손이 완전하며, 누수가 있고 5cm 이상 벌어짐
중성화	상	구조물 수명이 100년 이상으로 추정
	중	구조물 수명 30~100년으로 추정
	하	남은 구조물 수명 30년 이하로 추정
누수	상	누수량 0~0.5 l / hr , 누수개소 2곳 이하
	중	누수량 0.5~1 l / hr , 누수개소 2~10곳 이하
	하	누수량 1 l / hr 이상, 누수개소 10곳 이상

(마) 제체반대 방향 용벽

		기	준
균열	상	길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 균열 1개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이하	
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2 mm, 균열 1~3개소 이하, 면적 2~5m <sup>2</sup>	
	하	길이 5m 이상, 폭 2mm 이상, 균열 3개소 이상, 면적 5m <sup>2</sup> 이상	
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된곳 없음 칼, 못 등으로 긁었을때 일부 표면 마무리부분이 연약화	
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨 파손 1~3개소, 파손깊이 0~10cm, 면적 0~0.5m <sup>2</sup> 파손된 곳에 노출된 골재, 모래 등이 칼 등으로 떨어져 나옴	
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 10cm 이상, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이상 노출된 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴	
백화현상	상	발생 2개소 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단	
	중	발생 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단	
	하	발생 10개소 이상, 면적 10m <sup>2</sup> 이상, 매우 심하게 발생	
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손 부위가 작아 구조내력 문제없다	
	중	철근노출 1~2개소, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향	
	하	철근노출 2개소 이상, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.	
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차 )	
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)	
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)	
침하	상	없음	
	중	침하량 0~10cm	
	하	침하량 10cm 이상	
이동	상	없음	
	중	이동 0~10cm	
	하	이동 10cm 이상	
조인트	상	상대 양호	
	중	이음재 파손, 누수흔적,	
	하	이음재 파손이 완전하며, 누수가 있고, 5cm 이상 벌어짐	
중성화	상	구조물 수명이 100년 이상으로 추정	
	중	구조물 수명 30~100년으로 추정	
	하	남은 구조물 수명 30년 이하로 추정	
누수	상	누수량 0~0.5 l / hr , 누수개소 2곳이하	
	중	누수량 0.5~1 l / hr , 누수개소 2~10곳이하남은	
	하	누수량 1 l / hr 이상, 누수개소 10곳이상	



(바) 급류부 용벽

	기 준	
균열	상	길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 균열 1개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이하
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2 mm, 균열 1~3개소 이하, 면적 2~5m <sup>2</sup>
	하	길이 5m 이상, 폭 2 mm 이상, 균열 3개소 이상, 면적 5 m <sup>2</sup> 이상
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된곳 없음 칼, 못등으로 긁었을때 일부 표면마무리부분이 연약화
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨 파손 1~3개소, 파손깊이 10 cm이하, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이하, 노출된 골재, 모래등이 칼등으로 떨어져 나옴
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 10 cm 이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상 노출된 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴
백화현상	상	발생부위 2개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단
	중	발생부위 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단
	하	발생부위 10개소 이상, 면적 10 m <sup>2</sup> 이상, 매우 심하게 발생
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위 없다. 파손된 부위가 작아 구조 내력에 문제가 없다.
	중	철근노출 1~2개소, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향이 있다.
	하	철근노출 2곳이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.
누수	상	누수량 0~0.5 l/hr, 누수개소 2개소 이하
	중	누수량 0.5~1 l/hr, 누수개소 2~10곳
	하	누수량 1 l/hr, 누수개소 10곳 이상
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차)
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)
침하	상	없음
	중	침하량 0~10cm
	하	침하량 10cm 이상
이동	상	없음
	중	이동 0~10cm
	하	이동 10cm 이상
조인트	상	상태 양호
	중	이음재 파손, 누수흔적
	하	이음재 파손이 완전하며, 누수가 있고, 5cm 이상 벌어짐
중성화	상	구조물 수명이 100년 이상으로 추정
	중	구조물 수명 30~100년으로 추정
	하	남은 구조물 수명 30년 이하로 추정

(사) 급류부바닥

	기 준	
균열	상	균열 1개소 이하, 길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이하
	중	균열 1~5개소, 길이 1~5m, 폭 0.5~2mm, 면적 2~10m <sup>2</sup>
	하	균열 5개소 이상, 길이 5m 이상, 폭 2mm 이상, 면적 10m <sup>2</sup> 이상
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손 3개소 이하, 파손깊이 3cm이하, 넓이 0.7m <sup>2</sup> 이하
	중	전반적인 모르타르의 파손 또는 유실, 노출된 골재, 모래 등이 칸 등으로 떨어져 나옴 파손 1~5개소, 파손깊이 2~15cm, 면적 0.7~3m <sup>2</sup>
	하	전반적인 모르타르 파손 및 노출 골재 많음 파손 5개소 이상, 파손깊이 15cm 이상, 면적 3m <sup>2</sup> 이상 노출된 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴
백화현상	상	발생부위 2개소 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단
	중	발생부위 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단
	하	발생부위 10개소 이상, 면적 10 m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손된 부위가 작아 구조내력 문제가 없다
	중	철근노출 1~3개소, 면적 2m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향
	하	철근노출 3개소 이상, 면적 2m <sup>2</sup> 이상, 파손이 구조내력에 영향
바닥이동 이나 융기	상	없음
	중	이동 10cm 이하, 구조물 밀부분이 일부분 공동화
	하	이동 10cm 이상, 구조물 전체적으로 공동화
침하	상	없음
	중	침하량 0~10cm
	하	침하량 10cm 이상
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차)
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)
누수	상	누수량 0~0.5 l/hr, 누수개소 2곳 이하
	중	누수량 0.5~1 l/hr, 누수개소 2~10곳 이하
	하	누수량 1 l/hr 이상, 누수개소 10곳 이상
조인트	상	상태 양호
	중	이음재 파손, 누수흔적
	하	이음재 파손이 완전하며, 누수가 있고, 5cm 이상 벌어짐
중성화	상	남은 구조물 수명이 100년 이상으로 추정
	중	남은 구조물 수명 30~100년으로 추정
	하	남은 구조물 수명 30이하로 추정



(아) 정수지 (측면벽 중심)

	기 준	
균열	상	균열 1개소 이하, 길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이하
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2 mm, 균열 1~3개소, 면적 2~5m <sup>2</sup>
	하	길이 5m 이상, 폭 2 mm 이상, 균열 3개소 이상, 면적 5 m <sup>2</sup> 이상
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된 곳 없음. 칼, 못 등으로 긁었을때 일부 표면마무리부분이 연약화
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨 파손 1~3개소, 파손깊이 10 cm 이하, 면적 0~0.5m <sup>2</sup> 파손된 곳에 노출된 골재, 모래 등이 칼등으로 떨어져 나옴
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 10 cm 이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상 노출된 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴
백화현상	상	발생부위 2개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단
	중	발생부위 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단
	하	발생부위 10개소 이상, 면적 10 m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생.
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손부위의 구조 내력에 대한 영향 없다.
	중	철근노출 1~2개소, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향
	하	철근노출 2개소 이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차 )
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)
조인트 연결부위	상	상태 양호
	중	이음재 파손, 누수흔적
	하	이음재 파손이 완전하며, 누수가 있고, 5cm 이상 벌어짐
중성화	상	남은 구조물 수명이 100년 이상으로 추정
	중	남은 구조물 수명 30~100년으로 추정
	하	남은 구조물 수명 30년 이하로 추정

(자) 유출수로

	기 준	
사면 보호 상태	상	인공 돌붙임 이상
	중	자연상태, 인공돌붙임 일부파손
	하	사면 보호공의 파괴가 심한 상태, 심한세굴
측사면 안정여부 (수로 부근의 슬라이딩)	상	위치 여수토 5m 이내, 길이 0.5 이내
	중	위치 여수토 5~10 m , 길이 0.5~1.0m
	하	위치 여수토 10m 밖, 길이 1.0m 이상
식생-접근주위의 장애물 상태 (나무, 버들가지, 관목류등)	상	다년생, 일년생 초본식물
	중	관목류 이상(수면침하여부)
	하	물흐름에 방해가 될 정도의 식생 또는 기타 비정상적인 조건

(차) 문비

	기 준	
콘크리트의 상태 및 강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차), 이상현상이 없다.
	중	(설계치+표준편차)>실측치>(0.5×설계치+표준편차) 이상현상이 존재하나 기능상 문제가 되지 않는다.
	하	실측치 < (0.5 × 설계치 + 표준편차) 이상현상이 심각하다.
누수	상	없음
	중	0~4.0 l/hr
	하	4.0 l/hr 이상
작동 상태	상	상태 양호
	중	일부 상태 불량
	하	기능 및 상태 불량
외부도장	상	상태 양호
	중	일부 불량
	하	불량



(카) 취수탑

	기	준
균열	상	길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 균열 1개소 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이하
	중	길이 1~5m, 폭 0.5~2mm, 균열 1~3개소, 면적 2~5m <sup>2</sup>
	하	길이 5m 이상, 폭 2 mm 이상, 균열 3개소 이상, 면적 5 m <sup>2</sup> 이상
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된곳 없음.
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨 파손 1~3개소, 파손깊이 5cm이하, 면적 0.2m <sup>2</sup> 이하
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 5cm 이상, 면적 0.2m <sup>2</sup> 이상
백화현상	상	발생부위 2개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단
	중	발생부위 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단
	하	발생부위 10개소 이상, 면적 10 m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없고, 파손부위가 작아 구조 내력에 영향없다
	중	철근노출 0~1곳, 면적 0.1m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향이 있다.
	하	철근 노출 1곳 이상, 면적 0.1m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차)
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)
작동상태	상	양호
	중	수문중 일부 작동 불량
	하	수문 작동 불량
권양장치 상태	상	양호
	중	-
	하	지지부분 파손, 작동 상태 불량
철물도색 및 부식상태	상	양호
	중	일부 녹발생, 부식된 곳 3곳 이내
	하	상당부위에 걸쳐 녹발생 및 부식된 곳 3곳 이상

(타) 연결교량

		기	준
피어상태 (균열,표 면상태)	상	수축균열폭 2mm 이하 소수, 균열 1 개소 이하, 발생면적 0.2m <sup>2</sup> 이하 파손된 곳 없음, 이상현상이 구조내력이 영향 없다고 판단 철골구조물인 경우 녹이 없음	
	중	수축균열폭 2mm 이하 다수, 수축 균열폭 2mm 이상 소수, 휨이 없고, 폭이 2mm 이하이며, 국부적이다. 균열 1~3개소, 발생면적 0.2~ 0.4m <sup>2</sup> , 파손깊이 0~5cm, 넓이 0~0.4m <sup>2</sup> , 파손 3개소 이하, 이상현상 이 구조내력에 영향을 준다고 판단. 철골구조물인 경우 5개소 이하 녹 발생, 녹의 상태가 철골의 단면결손에는 영향 없음	
	하	수축이외의 균열 0.2mm 이상, 면적 0.4m <sup>2</sup> 이상 균열 3개소 이상, 파손깊이 5cm 이상, 면적 0.4m <sup>2</sup> 이상 파손 3개소 이상, 이상현상이 구조내력에 영향을 준다고 판단 철골구조물인 경우 5개소 이상 녹발생, 녹의 상태가 철골의 단면결손 에 영향 미침	
슬래브의 표면상태 및 강도	상	균열폭 2mm 이하, 균열 1개소 이하, 면적 0.2m <sup>2</sup> 이하, 파손된 곳 없 음, 압축강도 상, 철골구조물인 경우 피복재가 일부분 벗겨짐	
	중	균열폭 2~5mm, 균열 1~3개소, 발생면적 0.2~0.4m <sup>2</sup> 파손 깊이 0~5cm, 넓이 0~0.4m <sup>2</sup> , 파손개소 0~3곳 이상현상이 구조내력에 영향을 준다고 판단, 압축강도 중 철골구조물인 경우 전반적으로 피복재가 벗겨지고 일부분 녹발생	
	하	균열 0.2mm 이상, 발생면적 0.4m <sup>2</sup> 이상, 균열 3개소 이상 파손깊이 5 cm 이상, 넓이 0.4m <sup>2</sup> 이상, 파손 3개소 이상 압축강도 하, 이상현상이 구조내력에 영향을 준다고 판단. 철골구조물인 경우 전체적으로 녹발생	
변형	상	피어의 침하 없음 교량 슬라브의 어긋남 없음	
	중	침하 0~4cm, 어긋남 0~4cm	
	하	침하 4cm 이상, 어긋남 4cm 이상	
교대 및 기타 지반상태	상	양호	
	중	이동, 침하, 균열, 파손 등 이상현상 존재	
	하	이동, 침하, 균열, 파손 등의 상태가 심각함	
철물의 상태	상	일부분 피복재 벗겨짐. 일부분 녹	
	중	전반적으로 피복재 벗겨짐. 상당부분 녹	
	하	전체적으로 녹 발생, 녹 발생부위 심한 곳 3 곳 이상	



(과) 통관

		기            준
균열	상	길이 1m 이하, 폭 0.5mm 이하, 균열 1개소 이하, 면적 2 m <sup>2</sup> 이하
	중	길이 1~5m , 폭 0.5~2 mm, 균열 1~3개소 이하, 면적 2~5m <sup>2</sup>
	하	길이 5m 이상, 폭 2mm 이상, 균열 3개소 이상, 면적 5m <sup>2</sup> 이상
표면상태 및 연약화	상	표면 마무리가 약간 거칠어진 정도 이하, 파손된 곳 없음. 칼, 못 등으로 긁었을때 일부분만 paste부분이 연약화
	중	전반적으로 모르타르가 파손 또는 유실됨 파손 1~3개소, 파손깊이 0~10cm, 면적 0~0.5m <sup>2</sup> 파손된 곳에 노출된 골재, 모래등이 칼 등으로 떨어져 나옴
	하	전반적으로 모르타르 파손 및 골재 노출된 부분이 많음 파손 3개소 이상, 파손깊이 10cm 이상, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이상 노출된 골재 및 모래가 변색되고 손으로 쉽게 떨어져 나옴
백화현상	상	발생부위 2개소 이하, 면적 2m <sup>2</sup> 이내, 강도저하 무시 가능 판단
	중	발생부위 2~10개소, 면적 2~10m <sup>2</sup> , 약간의 강도저하 판단
	하	발생부위 10개소 이상, 면적 10 m <sup>2</sup> 이상, 상당히 심하게 발생.
철근노출 및 단면결손	상	철근노출부위가 없다. 파손된 부위가 작아 구조 내력에 문제가 없다.
	중	철근노출 1~2곳, 면적 0.5m <sup>2</sup> 이내, 파손부위 커 구조내력에 영향이 있다.
	하	철근 노출 2곳 이상, 면적 0.5 m <sup>2</sup> 이상, 과대한 파손으로 구조내력에 이상이 있다.
압축강도	상	실측치 > (설계치 + 표준편차 )
	중	(설계치 + 표준편차) > 실측치 > (0.5×설계치 + 표준편차)
	하	실측치 < (0.5×설계치 + 표준편차)
누수	상	누수량 0~1 l/hr , 누수개소 2곳 이하
	중	누수량 1~3 l/hr , 누수개소 2~10곳 이하
	하	누수량 3 l/hr 이상, 누수개소 10곳 이상
Core 의 유실	상	코어재 유실 없음
	중	유실 10개소 이하, 1 l/hr 이하, 코어재의 유출혼적 보임
	하	유실 10개소 이상, 1 l/hr 이상, 코어재가 유출수로까지 흘러나와 쌓임

### 3. 하류피해

#### 가. 목적과 범위

본 조사연구의 목적은 저수지의 결괴로 인한 하류의 피해정도를 개략적으로 알아보고, 이를 통해서 만약의 사태에 피해 예상 지역의 주민소개 등의 신속한 조치와, 저수지 개·보수 등의 정책결정에 반영토록 하기 위함이다. 또한 이러한 연구는 상당히 정확한 하천 자료가 필요하고 많은 시간과 수고를 필요로 한다.

따라서 본 연구는 저수지 결괴시 홍수파의 전달을 이론적으로 고찰하고 정확한 산정을 위한 것이라기보다는 대략적인 피해범위를 산정하는데 중점을 두었다. 그리고 미 개척국에서 제시한 경험식의 타당성 검토를 거쳐 본 조사 연구에 적용했다.

#### 나. 저수지 붕괴로 인한 유출홍수량의 결정

##### (1) 흙댐에서의 파괴 특성

흙댐에서는 댐 자체를 구성하고 있는 토립자의 침식에 의한 점차적인 파괴가 그 특징이다. 월류에 의한 파괴의 경우 댐의 높이와 저수지의 수위차가 대략 0.5m 이내가 되면 마루의 가장 약한 하류단이 침식됨으로써 파괴가 시작되고 이때에 발생하는 강한 유속으로 세굴이 급격히 증가되다가 파괴부의 침식성이 작은 자연 지반에 이르면 중지된다. 이때, 파괴의 폭과 파괴지속시간이 침투 홍수량 결정에 중요한 변수가 된다.

Fread(1981)에 의하면 댐의 파괴지속시간은 대략,

$$t_f < \frac{1008A_s}{WH^{0.5}} \quad (\text{sec}) \text{ 이고, 흙댐의 경우 } 0.1\text{hr} < t < 3.0\text{hr} \text{ 이내라고 한다.}$$

또한 파괴부의 형태와 크기 등도 유출양상에 영향을 미치는데 이들을 예측



하기에는 불확실한 면이 많지만, 파괴부의 형태는 비교적 규칙적인 사다리꼴로 보아 측벽면경사  $Z(0 < Z < 1)$ 와 폭  $B$ 의 값을 적절히 선택함으로써 일반화 시킬 수 있다. 기왕의 저수지 붕괴 자료들로부터 파괴부의 폭은 댐 높이의 1~3배 정도라고 한다.

(2) 침투홍수량 결정

댐 파괴로 인한 홍수량 산정을 하는 방법에는 간이 모형에서 부터 수리학적 이론과 수치해석이 요구되는 복잡한 모형에 이르기 까지 다양하다.

일반적으로 흙 댐의 붕괴는 서서히 진행되며 붕괴부에서의 침투홍수량은 넓은 마루 웨어의 유량 공식을 사용한다.

이들에 대한 여러 가지 경험식들이 다음에 제시되어 있다.

(가) 미국 개척국

$$Q_{\max} = 75D^{1.85} \text{ (ft}^3/\text{s)} \quad (\text{식5-2})$$

$$Q_{\max} = 370(DS)^{0.5} \text{ (ft}^3/\text{s)} \quad (\text{식5-3})$$

여기서,  $Q_{\max}$  = 침투 홍수량이고,

$D$  = 결괴시 수위(ft)

(나) 미국 토양보전국

$$Q_{\max} = 65H^{1.85} \text{ (ft}^3/\text{s)} \quad (\text{식5-4})$$

(다) 미국의 실측치를 이용한 회귀식

$$Q_{\max} = 48H^{1.63} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (\text{식5-5})$$

(라) 저수지 체적을 이용한 공식

$$Q_{\max} = 2950V^{0.57} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (\text{식5-6})$$

(마) Hagen(1982)의 dam factor( $H \times V$ )를 이용한 공식

$$Q_{\max} = 370(HV)^{0.5} \text{ (ft}^3/\text{s)}, \quad H(\text{ft}), \quad V(\text{acre-feet}) \quad (\text{식5-7})$$

(바) Ritter(1892), Price(1977)

$$Q_{\max} = \frac{8}{27} g^{0.5} Y^{1.5} (0.4b + 0.6T) \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (\text{식5-8})$$

(사) 한건연 (네가지 형태) ,

우리나라 2000여개의 댐에 대한 조사를 근거로 댐의 형태에 따라 4가지로 구분하여 지형적인 영향을 고려했다.

$$\text{지형적인 변수 } K = \frac{A_s(\text{ha})}{H(\text{m})}$$

형 태	K	N
I	0~0.5	900
II	0.5~1.0	488
III	10.~5.0	592
IV	5.0이상	161

(아) 이종태(1992) 웨어 공식으로부터 유도

$$Q_{\max} = 1.71B_r \left( \frac{C}{\frac{t_f}{60} + \frac{C}{\sqrt{H}}} \right)^3 \quad (\text{식5-9})$$

$$\text{여기서, } C = \frac{9.75A_s}{B_r}$$

위 식들에서 파괴부의 폭과 파괴 지속시간은 여러가지로 추정될 수 있으며 이것에 의해 침투홍수량은 큰 폭으로 변할수 있다. 따라서 합리적인 추정을 통해 침투홍수량을 구해야 한다.

이(1992)에 의하면, 우리나라의 경우 파괴부의 폭은 대략 댐 높이의 2배가 된다고 한다.

#### 다. 하도홍수추적

하도의 임의의 지점에서의 침투홍수량과 홍수범람범위를 결정하는 방법에는 보다 복잡한 수치모델을 이용하는 방법과 기왕의 자료를 통한 경험식이 있으나 수치모형들의 경우 파괴지속시간, 파괴부의 폭과 조도계수, 손실

유량의 결정, 수로 흐름의 1차원 해석 등의 수리적으로 부적합한 면에 의해 여러가지로 제약점이 많고, 경우에 따라서는 매우 큰 오차를 내포할 가능성도 있다.

수치해석을 통한 해석 모델에는 SMPBK(미국기상청,1989)나 DBFW(Dam Break Flood Wave,1985)나 HEC-1 (Hydrologic Engineering Center) 등이 있으나, 이들 또한 상당히 큰 편차를 보이고 정확한 하천자료가 필요하다. 그러나, 이것 또한 큰 오차를 내포할 가능성이 있다.

다음은 미 개척국이 제시한 경험식이다.

$$Q_x = 10^{(\log(75D^{1.85}) - aX)}, \text{ if } S/D > 40 \quad (\text{식5-10})$$

$$Q_x = 10^{(\log(370(DS)^{0.5}) - aX)}, \text{ if } S/D > 40 \quad (\text{식5-11})$$

여기서,  $Q_x$  = 거리 X 마일에서의 침투홍수량

S = 최고 수위에서의 저류량(acre-feet)

D = 최고 수위에서 하상까지의 깊이 (ft)

#### (1) 본 조사 연구에 적용한 모델

본 연구에서는 미 개척국에서 제시한 경험식을 적용했다.

##### (가) 적용 모델의 타당성 검증

적용 모델의 타당성을 검증하기 위해 우리나라 효기리 저수지(댐)와 미국의 Teton댐의 경우를 살펴보았다.

이,한(1992)은 효기리 댐의 경우 댐 높이 15m, 댐 체체 길이 115m, 저수용량  $2.7 \times 10^5 \text{ m}^3$ , 붕괴부의 폭 60m, 붕괴시간 6분, 12분 등을 사용하여 붕괴시간이 6분일 때 침투홍수량을  $1338 \text{ m}^3/\text{s}$ , 12분일 때 침투홍수량  $496 \text{ m}^3/\text{s}$ 를 제시하였다. 또 한(1987)은 침투홍수량이  $1359 \text{ m}^3/\text{s}$ , 오(1989)는  $1364 \sim 1512 \text{ m}^3/\text{s}$ 의 범위라고 하였다.

높이가 91m, 제체길이가 약 914m, 저류용량이  $3.08 \times 10^8 \text{m}^3$ 인 Teton댐의 경우에 한,이(1992)는 DBFW(Dam Break Flood Wave,1985)모형으로 부터 침투홍수량이  $46,830 \text{m}^3/\text{s}$ , 그리고 침투발생시간 1.25hr을 제시했다. 또 NWS(National Weather Service)에서 제시한 침투홍수량은,  $46,623 \text{m}^3/\text{s}$ 이다.

여기서, 미국 개척국에서 제시한 경험식을 각 저수지(댐)에 적용시켜 보면 효기리의 경우 침투홍수량이  $1086.94 \text{m}^3/\text{s}$ 이고 Teton댐의 경우 침투홍수량이  $80520.23 \text{m}^3/\text{s}$ 이다.

미국 개척국의 경험식 적용결과 효기리의 경우는 상대오차가 20~28% 정도로 비교적 근접하는 값을 얻을 수 있으나 Teton댐의 경우 상대오차가 약 70% 정도로 큰 오차를 보인다. 그러나 다른 여러 자료들로 부터는 이미 큰 오차를 발견할 수 있으며 정확한 값을 산출하기에는 어려움이 있다(<표 5-1>, <표 5-2>, (그림 5-1), (그림 5-2) 참조).

또 하도의 홍수파 전달 때 댐 붕괴지점에서의 침투홍수량을 사용한 붕괴 유출수문 곡선을 합성하고 이것이 하류 하도구간으로 전파될때의 홍수파를 동역학적인 모형등으로 해석하는 방법이 있으나 이들은 매우 복잡한 해석기법을 통해야 가능하고 또, 정확하고 많은 양의 하천 자료가 필요하다.

본 연구에서 적용한 미 개척국의 경험식은 미국의 댐 파괴 사례로부터 구한 것으로 어느 정도의 오차를 감수해야 할 것이다.

미 경험식의 타당성을 검증하기 위해 효기리와 Teton댐에 적용시켜 여러 연구자들이 제시한 결과와 기존의 수치 모델인 SMPBK를 이(1992) 등이 수정한 수정 SMPBK의 결과와 비교하였다. (그림5-3), (그림5-4)에서와 같이 비교적 근사한 값을 보이는 것을 알 수 있다.

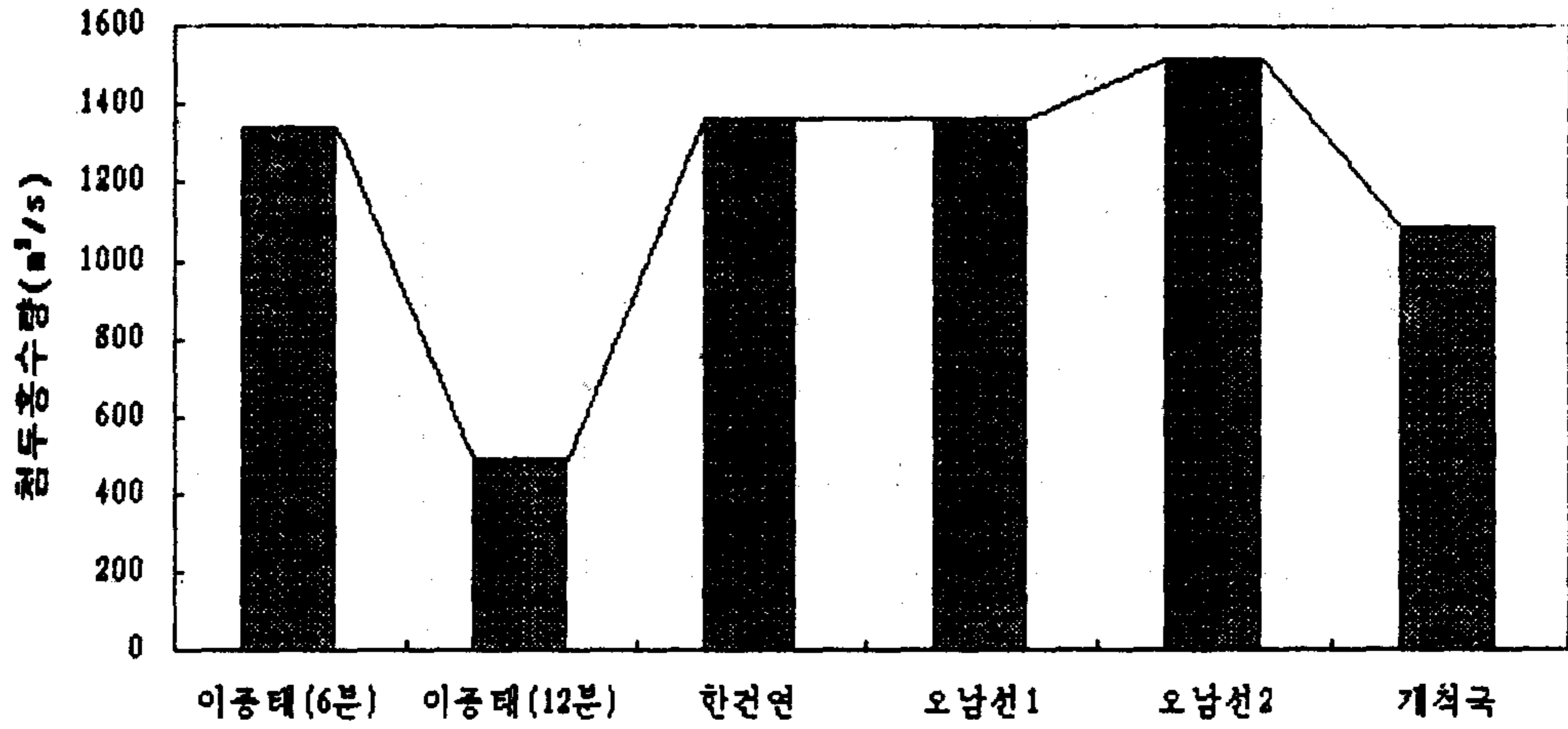


<표 5-1> 침투홍수량의 비교(효기리 댐)

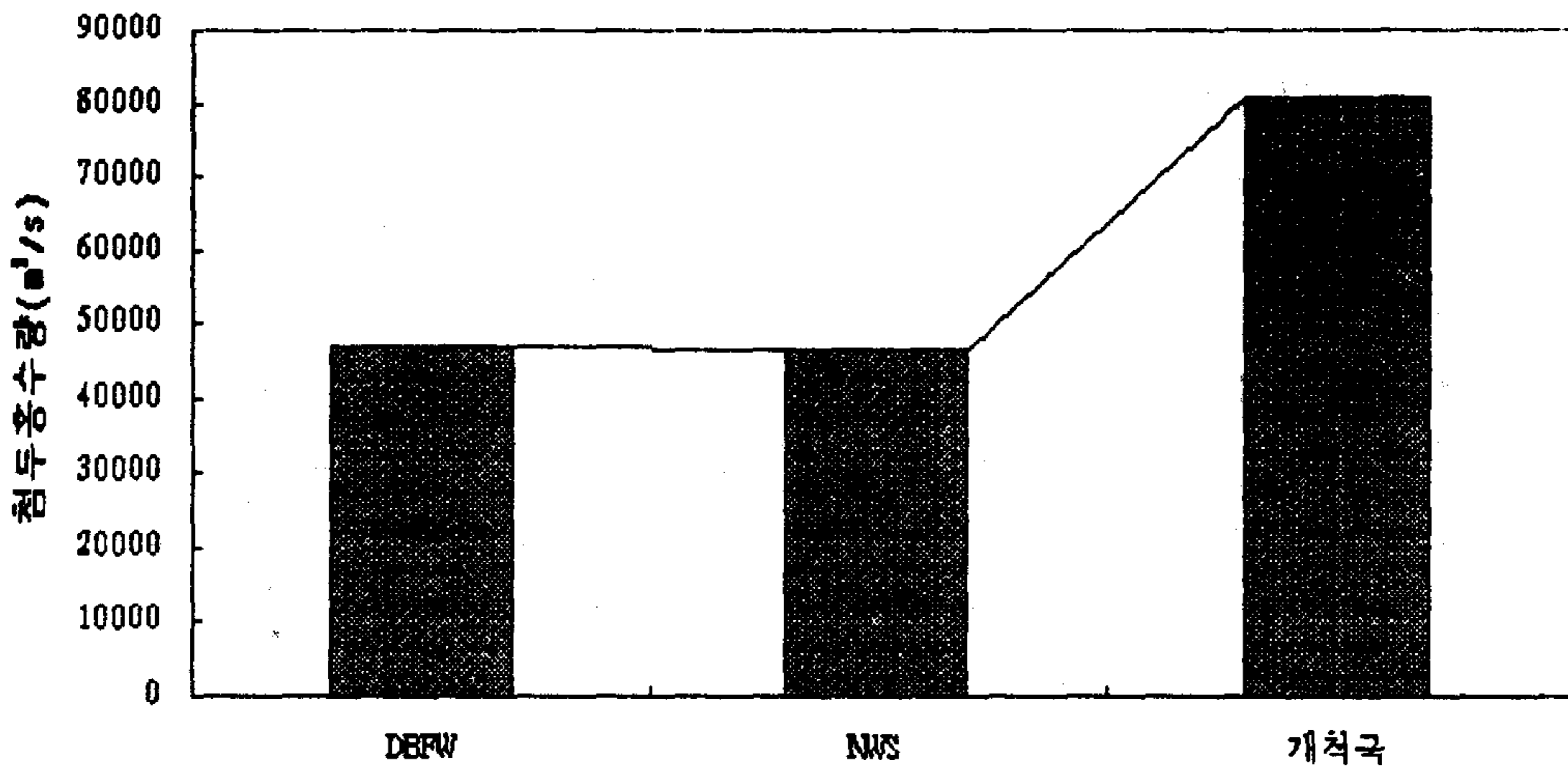
구 분	파괴지속시간 (분)	침 투 홍 수 량 (m <sup>3</sup> /s)
이,한(1992)	6	1,338
이,한(1992)	12	4,96
한(1987)		1,359
오(1989)		1,364~1,512
미국 개척국		1,086

<표 5-2> 침투홍수량의 비교(Teton 댐)

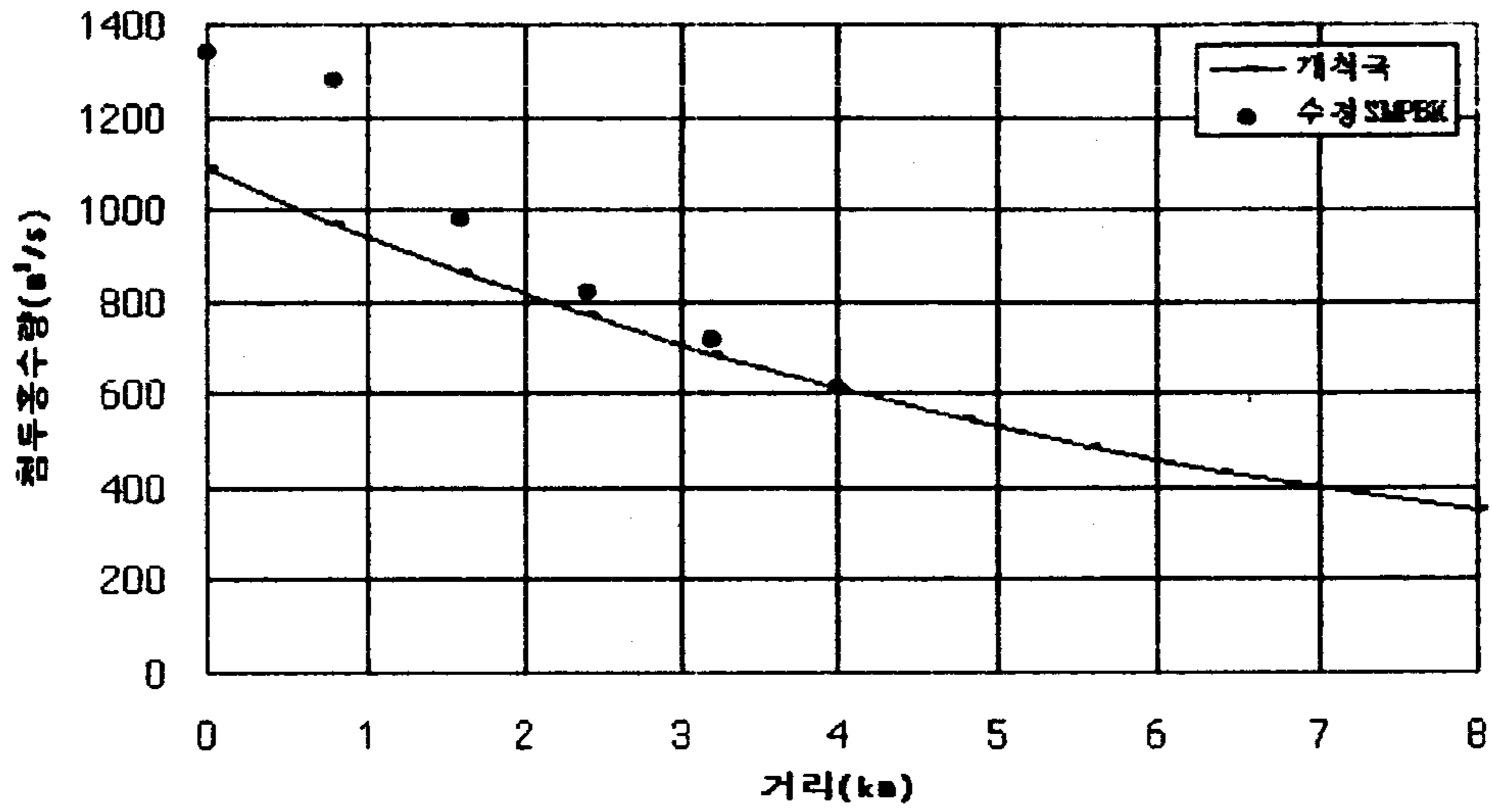
구 분	침투발생시간 (시간)	침 투 홍 수 량 (m <sup>3</sup> /s)
DBFW	1.25	46,830
NWS		46,623
미 개척국		80,520



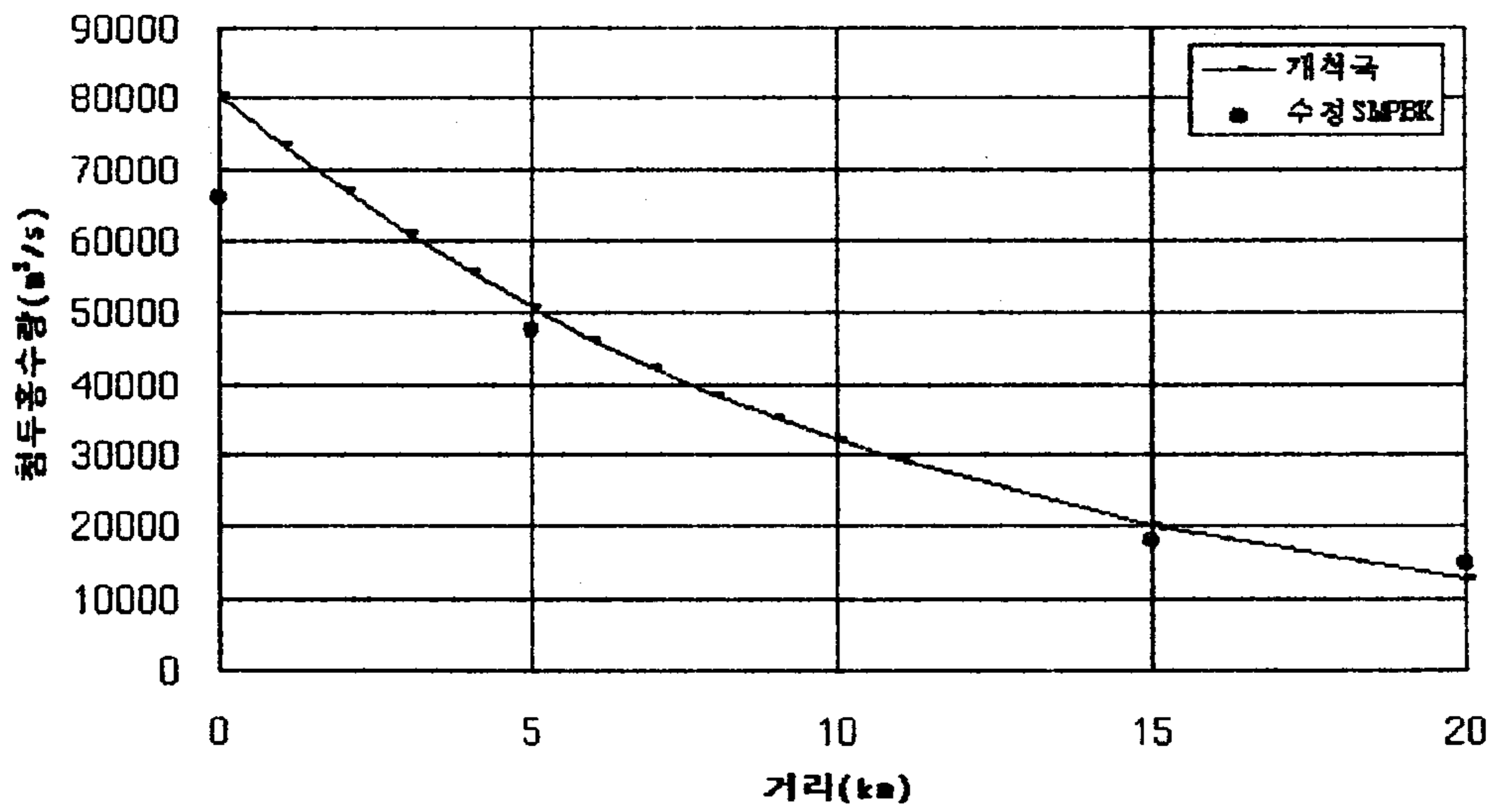
(그림 5-1) 첨두홍수량 비교 (효기리 댐)



(그림 5-2) 첨두홍수량 비교 (Teton 댐)



(그림 5-3) 하도 홍수파 전달 경험식의 검증(효기리 댐)



(그림 5-4) 하도 홍수파 전달 경험식의 검증 (Teton 댐)

라. 피해추정

항 목	세 부 내 용
피해 예상지역의 총 인구	상주인구, 저수지 상근자, 주변 유원지 또는 캠핑장의 유동인구
재산	가옥, 가구 기타
피해지역내의 가축 두수 (축산단지 유무 파악)	소, 돼지, 닭 기타
농경지 피해 (농경지 유실/침수피해)	논, 밭, 과수원, 기타
농업시설	양수장, 취수장, 도수로, 농로, 기타(축사 또는 창고)
농작물	쌀, 보리, 기타
공공시설	가옥, 공장, 공공건물, 도로/철도, 교량
기타	-

마. 하류피해에 영향을 미치는 요인

(1) 지리/지형적 조건

- (가) 제방 바로 아래 가옥의 유무
- (나) 제방 하류사면에서부터 마을이나 공공시설까지의 거리
- (나) 골짜기 및 평지의 구분
- (다) 댐 하류 지역의 경사
- (라) 하류의 조도 (장애물 유무)
- (마) 댐 하류 지역이 경지이용 상태

(2) 시기적인 조건

- (가) 농번기/농한기 여부
- (나) 유원지의 경우 휴가 시기 여부



#### 4. 상류 및 저수지 퇴사상태

##### 가. 퇴사상태의 추정

저수지의 유지관리 측면에서 빼놓을 수 없는 한가지 고려사항은 저수지의 용량을 감소시키는 퇴사량을 정확히 예측하는 일이다. 지금까지의 저수지 퇴사문제에 관한 연구는 주로 구미지역에서 많이 이루어졌으며 대부분이 유역으로부터의 토사유출량을 토사유출과정에 관련되는 유역의 특성과 상관시키는 방향으로 전개되어 왔다. 저수지내 퇴사에 영향을 미치는 주요인자는 아래와 같다.

- 식생피복
- 토양의 성질
- 강수 및 유출
- 유역의 지형상태
- 토지이용상태
- 농경방법
- 저수지의 운영조작 방법

실제로 저수지의 퇴사량은 파괴에 따른 노후화에 따른 안전도 평가에 큰 영향을 미치지 않는 않지만 식생피복 같이 인위적인 방법에 의해 변화할 수 있는 인자가 크게 변화하여 퇴사량이 크게 증가했을 경우에는 저수지의 용량 감소로 인하여 저수지의 운영에 지장을 초래하는 수도 있다. 그러므로 적합한 경험식을 이용하여 퇴사량을 추정한다.

##### 나. 저수지 퇴사 추정식

저수지내 퇴사에 영향을 미치는 인자에는 여러가지가 있으나 유역면적과 초기저수지 용량, 유역의 지형 및 지질 등이 지배적인 인자로 알려져 있다. 우리나라 관개용 저수지에 대한 몇가지 연구에서는 단위유역면적당 연평균

저수지 퇴사율  $S_y(m^3/year/km^2)$ 를 저수용량-유역면적비라든가 유역평균경사 또는 유역의 연평균 강우량과 상관시켰으며 이를 식의 형태로 표시하면 다음과 같다.

$$S_y = K_1 \times (C/A) \times n_1 \quad (\text{식5-12})$$

$$S_y = K_2 \times S \times n_2 \quad (\text{식5-13})$$

$$S_y = K_3 \times P \times n_3 \quad (\text{식5-14})$$

여기서  $C$ 는 초기 저수지용량( $ha \cdot m = 10^4 m^3$ )이며  $A$ 는 유역면적( $km^2$ ),  $S$ 는 유역평균경사,  $P$ 는 유역의 평균강우유량( $mm$ )이고,  $K_1, K_2, K_3, n_1, n_2, n_3$ 는 유역특성에 관계되는 상수이다. 그러나 자료가 미비한 관계로 좋은 결과를 얻지 못했다.

Malcolm과 Small wood는 동부미주지역에 대한 저수지 퇴사연구에서 유역의 개발과정별로 유역군을 분류하여 연퇴사율,  $Q_s(m^3/year)$ 과 유역면적,  $A(km^2)$ 간의 단순상관관계를 다음과 같이 설정하여 양호한 상관성을 얻은 바 있다. 즉,

$$Q_s = a \times A \times b \quad (a, b \text{는 상수}) \quad (\text{식5-15})$$

이상과 같은 연구결과를 토대로  $Q_s$ 와 앞에서 정의한 바 있는  $A, C, P, S$  등의 변수간의 최적상관관계를 얻기 위해 다중 선형 회귀 분석(multiple linear regression)을 실시한 결과 다음 식과 같은 형태의 함수관계가 가장 높은 상관성을 나타내었다.

$$Q_s = K \times A^\alpha \times (C/A)^\beta \quad (\text{식5-16})$$

여기서  $K, \alpha, \beta$ 는 상수이며  $C/A$ 는 초기저수지용량-유역면적비로서 저수지의 토사포착효율의 지표이다.

Brown에 의하면 저수지 토사포착효율,  $E_t(\%)$ 는  $C/A$ 와 다음과 같은 관

계를 가진다.

$$E_t = 100 \left[ 1 - \frac{1}{1 + k(C/A)} \right] \quad (\text{식5-17})$$

여기서  $k$ 는 0.046~1.0의 값을 가지는 상수이며 통상의 설계조건하에서  $k=0.1$ 이 추천되어 있다.

위의 (식5-17)에서  $C/A$ 의 단위는 acre-feet/mi<sup>2</sup>이므로 이를 ha·m/km<sup>2</sup>단위로 바꾸고  $k=0.1$ 의 값을 사용하여 이 식을 다시 쓰면 아래와 같다.

$$E_t = 100 \left[ 1 - \frac{1}{1 + 2.1(C/A)} \right] \quad (\text{식5-18})$$

이상에서 최종적으로 선택한 다중 선형회귀방정식의 형태는 다음과 같다.

$$Q_s = K \times A^a \times E_t^b \quad (\text{식5-19})$$

여기에서는 저수지의 토사포착효율(trap efficiency)에 따른 퇴사율의 변동사항 고려하여 국내 113개 관개용 저수지의 퇴사실측자료를 사용하여 저수지 퇴사량과 유역면적 및 저수지의 포착효율간의 상관관계를 맺는 다중선형회귀모형을 구한 윤(1981)의 다중 선형회귀방정식(multiple linear regression equation)을 이용하기로 하였다. 그 식은 아래와 같다.

$$Q_s = 1334.08 \times A \times 0.8 \times E_t \times 6.2668 \quad \text{상관계수}(r) = 0.9223 \quad (\text{식5-20})$$

$Q_s$  연평균저수지 퇴사량(m<sup>3</sup>/year)

$C$  초기저수지용량(ha·m)

$A$  유역면적(km<sup>2</sup>)

$E_t$  저수지 토사포착효율(소수점 숫자 사용)

이 이외의 인자인  $P$ (유역의 평균강우량),  $S$ (유역평균경사)등을 회귀분석에 포함시켜 보았으나 상관관계를 크게 높이지 못했다. 113개 저수지의  $E_t$



의 평균치는 약 95.9%이다.

이 식으로 저수지 퇴사를 평가하면 유역면적이 크면 비유사량은 감소하고, 작으면 비유사량은 증가한다.

#### 다. 저수지 내용적의 변화

(1) 퇴사추정식의 수정 (유역내의 인자(식생피복)의 차이에 따른 수정)

식의 이용에 있어 C/A(단위 유역면적당 초기 저수지 용량)에 의해서만 이를 계산하는 방식은 유역의 어떤 인자(식생피복)가 변화되었을 때 이를 수정할 수 없기 때문에 이 식에 식생피복의 영향을 고려하여 퇴사량의 변화를 추정하고자 한다.

윤(1981)에 의하면 다중 선형회귀에 의해 구한 저수지 퇴사량 추정식(식 5-20)을 적용하여 하천유로부에서의 퇴적과 저수지내 퇴적의 두 영역으로 나누어 양적으로 해석한 결과 퇴사량 추정식(식5-20)의 이용이 가능하다고 결론을 내리고 있는데 이 방법을 적용하려 한다.

만약 위의 (식5-20)에 의해 구한 저수지 퇴사량을 수정할 필요성이 생긴다면 다음과 같은 과정을 따른다.

(가) 저수지유역에 대한 1:5,000 지도를 이용하여 저수지 유역을 하천 지류에 따라서 지도상에서 소유역으로 경계를 나눈다.

(나) 각 소유역에 대한 면적( $a_i$ )과 초기저수지 용량(C)과 포착율( $E_i$ )은 그대로 사용하여 평균토사유출량을 구한다.

(다) <표5-4>와 같이 소유역의 평균토사유출량의 합( $q_r$ )을 구한다.

(라) <표5-2>에서 작부체계에 따른 토양유실량의 비를 각각 구한다.

이는 USLE(Universal Soil Loss Equation) 식에서 작부체계에 따른 토양유실량의 실측자료(1977~1982)에 의해 나온 값들을 <표5-3>로 나타냈다. 여기서는 중요한 인자인 피복에 대해 4가지 경우만 고려했다. 그러나 논에



대한 값은 나와있지 않았으므로 표에서의 비율은 나지전일때를 100%로 할 때의 값들이다.

<표 5-3> 각종 작부체계별 토양유실량

작부체계	나지전	목초, 잔디	밭벼	옥수수, 밀·콩
비율(%)	100	13	35.2	41

<자료: 농촌진흥청 농업기술연구소>

<표 5-4> 유역 토사 유출량 산정

소유역	유역면적 (km <sup>2</sup> )	평균토사유출량 (m <sup>3</sup> /yr)
1	a <sub>1</sub>	Q <sub>r1</sub>
2	a <sub>2</sub>	Q <sub>r2</sub>
3	a <sub>3</sub>	Q <sub>r3</sub>
.....	.....	.....
합계		

(마) 식생이 변한 지역에서 작부체계에 따른 유실량의 비( $\alpha$ )를 구한다.

$$\alpha = \frac{\text{변화후의 식생피복에 대한 유실량}}{\text{변화전의 식생피복에 대한 유실량}} \quad (\text{식5-21})$$

(바) 식생이 변한 지역이 하나의 소유역의 크기보다 작다면 <표5-3>에서의 작부체계별 유실량 계수는 식생변화의 면적비를 곱해서 수정해준다.

$$\alpha' = \frac{\text{식생변화 면적}}{\text{소유역의 면적}} \times \alpha \quad (\text{식5-22})$$

(바) 식생이 변한 지역이 하나의 소유역의 크기보다 커서 몇개의 소유역에 걸쳐 있다면 소유역별로 각각 계수를 수정해 준다.

(사) 전유역에 대한 퇴사량( $Q_s$ )에서 소유역의 평균 토사유출량의 합( $q_r$ )를 빼면 이의 차는 하천유로부에 저수지까지 이동하는 동안 퇴적된 토사량( $C_s$ )이다.

$$C_s = Q_s - q_r \quad (\text{식5-23})$$

(아) 이 토사량( $C_s$ )에서 인자가 변화한 소유역에서의 면적비에 대한 기여값을 구한다.

$$P(\text{기여값}) = \frac{a_i}{A} \times C_s \quad (\text{식5-24})$$

(자) 이 P 값을 소유역의 토사유출량( $q_{ri}$ )의 항에서 빼주면 저수지에서 소유역의 변화에 의한 저수지 퇴사량의 변화값( $q_{si}'$ )을 알 수 있다.

$$q_{si}' = (q_{ri} - P) \times a' \quad (\text{식5-25})$$

(차) 총 변화퇴사량( $Q_s'$ )은  $q_{si}'$ 에 나머지 소유역들만의 퇴사량을 합해서 구한다.

$$Q_s' = q_{si}' + (Q_s - q_{si}) \quad (\text{식5-26})$$

(카) 이 퇴사량은 단위가 ( $m^3/\text{year}$ )이므로 저수지축조후부터 지금까지 쌓인 퇴사량은 다음과 같이 구한다.

$$Q_s \times (\text{유역 피복상태가 변하기 전까지의 경과년수}) + Q_s' \times (\text{유역 피복상태가 변한후의 경과년수}) \quad (\text{식5-27})$$

## (2) 내용적의 변화추정

이상에서와 같이 다중 선형회귀식으로 구한 퇴사량으로부터 저수지 내용

적의 변화를 알 수 있으며 농업용 저수지의 본래의 기능인 하류지역의 논관개 능력을 비교할 수 있어 저수지 퇴사부분에 의한 저수지 용량에 대한 평가를 할 수 있게 된다.

저수지 축조 후부터의 총퇴사량을 이용하여 현재 저수지의 용량을 아래와 같이 구한다.

현재 저수지 용량 = 초기 저수지용량

- 저수지 경과기간 동안의 총퇴사량

### (3) 관개면적을 고려한 저수지 용적의 산정방법

계산방법에는 3가지가 있는데 계산식 산정법, 도식산정법, 약산법이다. 여기에서는 약산법을 이용하였다.

약산법은 연속한천일수를 기준으로 하여 개략적인 내용적을 산정하는 경우에 사용하는 방법이며, 연속한천일수로서는 기왕 10년간에 1회정도 발생 일수를 채용하는데, 여기서 5mm 이하는 무강우로 취급한다.

$$Q = M + N + L + (d \times q) - W - a \quad (\text{식5-28})$$

여기서, Q 계산된 저수지 용적

$$M(\text{못자리 용수}) = 800 \text{ mm} \times \text{관개면적} / 20$$

$$N(\text{이양 용수}) = 170.4 \text{ mm} \times \text{관개면적}$$

$$L(\text{연속한천기간 중의 저수지 손실량}) = 5 \text{ mm} \times 80 \text{ 일} (\text{못자리시기} + \text{연속한천일수}) \times \text{평균저수면적}$$

$$d(\text{연속한천기간일수}) = 40 \text{ 일}$$

$$q(\text{계획지구답의 1일 조용수량}) = \text{순용수량} \times 1.2$$

$$W(\text{같은 기간 중의 답면적 유효우량(보통은 0)})$$

$$a(\text{같은 기간 중의 저수지로의 유입량(mm)})$$

라. 장래의 준설계획

위의 경험식에 의해 구한 연간 저수지 감소량을 1년 간격의 그래프를 통해 계산된 관개면적에 대한 저수지용량과 현재 저수지 용량을 비교하여 준설해야 할 시기를 결정한다.

조사 항목	기 준	
현재저수지용량(P)과 계산된 저수지용량(C)의 비교	상	P가 C보다 10년 이상 남았을때
	중	남은 년수에서 P가 C보다 6에서 10년 정도 남았을때
	하	$P \leq C$ (준설 요함) 또는 5년 이하일때
기 타		

### 5. 여수토의 홍수처리능력

- 상의 경우 모든 설계홍수량을 배제할 수 있으므로 추가시설이 필요 없다.
- 중의 경우 설계홍수량을 모두 배제하지는 못하나 안전에 위험이 있을 경우에 추가시설이 필요하다.
- 하의 경우 물넘이가 설계홍수량을 배제할 수 없으므로 추가시설을 해야한다.



## 6. 기초암석 및 지진에 대한 평가

### 가. 기초암석 기준

제방의 기초지반, 주변지질에 대한 상태 등을 판단하기 위해 Kamoto·Yasue 방법으로 분류, 조사하였다.

花岡岩, 安山岩의 경우			凝灰角礫岩의 경우		
구분요소	구분	내용	구분요소	구분	내용
岩塊굳기	A	堅硬 <sup>1)</sup>	굳기	A	堅硬 <sup>1)</sup>
	B	일부堅硬, 일부연질, 전체적으로 약간연질 <sup>2)</sup>		B	중정도 또는 硬軟이 혼입함 <sup>2)</sup>
	C	연질 <sup>3)</sup>		C	연질 <sup>3)</sup>
틈간격	I	50cm 이상	틈간격 <sup>4)</sup>	I	50cm 이상
	II	50~15cm		II	50~15cm
	III	15cm 이하		III	15cm 이하
틈상태	a	밀착	角礫의 용적비율 <sup>5)</sup>	a	50%이상
	b	開口狀		b	50~20%
	c	점토를 낀다		c	20% 이하

- 주) 1) 해머로 불꽃이 나는 정도  
 2) 해머로 강타해서 한번에 깨지는 정도  
 3) 해머로 분쇄할 수 있는 정도  
 4) 여기서의 수치는 일레이며 현장조건에 따라 다르다  
 5) 開散 1m중의 면적비율

### 나. 기초암석의 평가

평가구분		평가	조합
A	上	양호	A Ia, A II b, A II a
B	中	약간양호	A Ic, A II b, A III c, B Ia, B II a, B Ib, B II b
C		약간불량	A III c, B Ic, B II c, B III a, B III b
D	下	불량	B III c, c I II III abc

### 다. 지진의 영향예상

해당지역에 대한 지진발생 기록을 조사하고 향후 지진에 대한 영향을 판단한다.

#### 제4절 요약 및 결론

본 장에서는 저수지 노후화 판단 기준을 정립하였으며 현장조사 결과와의 유의성을 검토하였다.

1. 각 조사사항 중요도에 따라 저수지 전체의 노후도를 평가하는 것은 대단히 어려운 일이며 현장 조사자의 기술적 경험적 판단에 좌우된다.
2. 노후화를 평가하기 위하여 조사 대상을 분류하였다.
3. 각각의 세부 분야에 대해서 상, 중, 하로 평가하고 결과도 하나의 조사 항목에 대하여 평가할 수 있도록 기준을 작성하였다.
4. 저수지 하류지역 피해 조사는 저수지 결괴시 발생할 피해를 최소화할 수 있도록 대책을 세우는 데 필요한 자료로 사용할 수 있다.
5. 퇴사상태의 조사는 저수지 안전에는 관계가 적으나, 유지 관리상에 중요도가 크며, 저수지 기능 유지를 위해 조사되어야 한다.

## **제6장 현장조사의 개요 및 결과**

## 제6장 현장조사의 개요 및 결과

### 제1절 현장조사의 목적과 범위

#### 1. 현장조사의 목적

저수지와 유역을 동시에 고려할 때 그 면적은 대단히 넓고 또 흙과 돌 등 자연적 물질로 이루어져 하나의 자연으로 간주되기 쉬우므로 적절한 유지 관리를 하기 어렵고 또 저수지를 관리하는 사람들의 기술 수준이 제체와 저수지에 관련된 복잡한 기술 내용을 모두 알기 어렵기 때문에 저수지 유지 관리 수단으로 정기적인 안전진단 및 현장조사가 필요하다.

저수지 현장조사의 목적은 좁게는 제체와 구조물이 인명과 재산에 위협한 해를 끼칠 요소가 있는지를 확인하기 위하여 저수지를 조사 평가하는 것이고, 크게 보면 안전평가와 함께 부속 시설물이 정상적으로 기능을 유지하고 있는가를 확인하는 것이다.

#### 2. 현장조사의 범위

현장조사의 범위는 저수지 설계시에 수반되는 광범위한 여러 조사는 사실상 불가능하기 때문에 저수지 안전에 위협이 되는 구조물부, 제체부에 중점을 두어 조사하였다.

또한 저수지를 실제 관리하는 현장 관리인에게 해당 저수지의 제반 문제점을 청취하여 이를 기록·정리하였으며 현장에서 채취한 흙과 콘크리트 코어를 실내 실험을 통하여 자료를 얻었다.

#### 3. 조사대상 저수지의 선정



조사대상 저수지는 경기도 내 저수지로 한정하였다. 또한 조사의 효율성을 높이기 위해 약 470개의 저수지 가운데 농조가 관할하고 있는 115개의 저수지로 더욱 한정시켜 그 중 물리면적이 크고 오래된 저수지를 각 농조별로 선별하여 32개 저수지(산정 저수지는 육안 조사)를 선정하였다.

## 제2절 현장조사 결과

### 1. 각 저수지별 현장조사 결과

조사대상 저수지에 대한 조사 결과를 저수지별로 간략하게 정리하여 보았다.

#### (1) 고모 저수지

##### (가) 제체부

제체의 식생관리가 불량하며 상주인이 없다. 정정부의 표면 균열은 없으며 측방이동이나 휨도 없다. 상류사면 방괴석의 채움은 대체로 양호하며 부분적으로 세굴이 발견되었으며 일부 방괴석이 들뜬 상태이다. 하류사면의 이동 징조는 없으며 침윤되거나 습윤한 지역도 없다.

##### (나) 구조물부

#### ① 여수토부

압축강도 측정은 일축압축시험과 슈미트 해머로 측정되었는데 바닥 부분은 콘크리트가 유실되어 강도측정이 불가능하였고, 옹벽부는 131.7~152.7kg/cm<sup>2</sup>로서 비교적 양호한 편이었다. 오지 부분의 강도는 99kg/cm<sup>2</sup>로서 비교적 컸다. 중성화 깊이는 5.93mm로서 깊은 곳까지는 진행되지 않았다.

물넘이 바닥부는 콘크리트가 심한 동해 및 세굴에 의해 완전히 분해되었는데 이는 구조물로서 가져야 할 강성을 상실했다고 볼수 있으며 계속적으

로 동해가 진행되고 밀부분이 물에 씻겨 패어나갈 경우 미관상, 기능상 뿐만 구조물의 안전상의 문제를 야기시킬수 있다고 판단된다. 특히 급류부 바닥의 경우 바닥 밑으로의 물의 흐름이 관찰되며, 와해되지 않은 급류부 바닥의 밀 부분이 공동화 되어 있는데 이에 대한 보수가 필요하다.

## ② 취수부

통관내부는 심한 동해 및 누수, 누수에 따른 코어재의 유실이 관찰되었으며 통관내에 일부 변형된 곳도 관찰되었는데 코어재의 유실량은 적어 통관 밖에서는 관찰되지 않는 상태이다. 코어재의 유실에 대한 지속적인 관찰과 함께 이에 대한 보수가 필요하다.

## (2) 고삼 저수지

### (가) 제체부

관리인이 상주하며 제체의 관리 상태는 양호하다. 정정부의 표면 균열은 없고 침하 및 측방이동, 휨이 없다. 상류사면의 보호 상태나 물가면의 침식 상태는 양호하다. 하류사면의 보호상태는 아주 불량한데, 취수탑부의 하류사면이 슬라이딩되어 있으며 세굴 또한 1개소 발견되었다. 또한 도구측의 누수로 인해 통관 주변이 세굴되어 침하와 슬라이딩이 발생되어 있는데 이에 대한 보수가 시급하다. 또한 제체와 여수토 연결 옹벽 부분이 균열되어 누수가 되고 있다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토부

여수토의 배수능력을 향상시키기 위해 최근에 문비를 새로 시공한 형태로서 노후화 평가결과는 중으로 나타났다. 전반적으로 구조물의 상태는 양호하게 유지되고 있었다. 물넘이부의 오지는 8개소에서 표면을 적실 정도의 누수가 발생되고 있었고 폭 1.5mm의 균열이 2개소 발생해 있었으며 제체와

의 연결옹벽은 심한 백화현상 및 표면누수가 발생되어 있었다. 이러한 노후화증상은 안전상, 기능상 문제를 일으킬 수준은 아니라고 판단되나 노후화현상의 확대방지를 위해서 보수가 필요하다. 문비의 경우는 최근에 시공한 것으로 양호하였으나 상당한 누수를 발생시키고 있었으며 제체반대편 옹벽은 중앙부분의 암석지대를 사이에 두고 옹벽이 재시공되어 있었으며 특별한 노후화 흔적은 보이지 않았다.

압축강도는 옹벽부가  $124.5 \sim 135.1 \text{kg/cm}^2$ 으로 강도 저하를 보이고 있었다. 중성화 깊이는  $11.17 \text{mm}$ 로서 구조물 내부의 철근부식에 대해서 안전한 수치였다.

## ② 취수부

권양장치 등 제반장치는 정상적으로 작동되었으며 철물의 상태도 전반적으로 양호하였고 뚜렷한 노후화현상은 관찰되지 않았으며 압축강도도  $212.2 \text{kg/cm}^2$ 으로 양호하였다.

## ③ 연락교량

노후화현상은 관찰되지 않았으며 압축강도  $194.8 \text{kg/cm}^2$ 으로 양호하였다.

## (3) 국화 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 불량하고 관리하는 상주인은 없다. 하류쪽 정정부가 많이 침하되어 있으며 상류측 정정부와 사면의 경계가 모호하다. 상류사면의 방괴석의 일부가 교란되어 있는 상태이며 물가면의 침식 상태는 양호하다. 식물의 생태는 1년생 잡초로 방괴석 위는 타 저수지에 비해 식생이 없는 편이며 침하는 육안으로 보아 가운데가 약간 불룩한 상태이며 상대적으로 양측이 약간 꺼져 있다. 하류측 제체의 이동 징조는 없으며 침윤상태나 습윤한 지역은 없다. 구멍은 직경  $2 \sim 3 \text{cm}$ 가 다수 존재하며 부분적으로 침하



되어 있으며 드레인 바로 윗부분이 2×2m정도, 10cm정도 밀려 내려와 있다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토부

노후화 평가 결과는 중으로 나타났다. 뚜렷하게 노후화된 구조물 부위는 없으나 에이프런이나 급류부바닥, 정수지의 관리 상태가 미관상, 위생상 불량하였다.

물넘이부는 파손이 서너군데 발생해 있었으나 골재의 상태는 단단하게 유지되고 있었고 그 외 노후화현상은 없었다. 그러나 파손부위의 확장 방지를 위해서 보수가 필요하다. 제체편 옹벽이나 제체 반대편 옹벽은 일부 동해와 백화현상 외에는 노후화현상이 없이 양호하게 관리 되고 있었다. 에이프런부와 급류부는 생활하수와 유사퇴적 및 식생 등에 의해 뒤덮혀 정확한 관찰은 불가하였다.

정수지도 상당한 유사가 퇴적되고 오물 등에 의해 오염되어 있었다. 사통과 연결된 정수지의 측벽부근의 출구에 콘크리트의 파괴 및 철근의 노출이 있었다. 유출수로의 경우 제체쪽의 방괴석의 호트러짐이나 슬라이딩은 발견되지 않았고, 반대편은 압반으로 되어 있었는데 세굴이나 슬라이딩등의 현상이 없이 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 압축강도는 물넘이 정정부가 183.4kg/cm<sup>2</sup>으로 양호하였고, 옹벽도 146~159.2kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 양호한 값을 나타내고 있었다.

중성화 깊이는 5.13mm로서 상당히 작은 값으로 내부철근의 부식에 대해 상당히 양호하다고 판단 할 수 있었다.

##### ② 취수부, 통관

통관 출구부근이 균열 폭 0.5m, 길이 2m로 사면부근이 슬라이딩의 경향을 나타내고 있고 서너 곳의 작은 백화현상이 발생해 있었으나 안전상, 기



능상 문제를 일으킬 수준은 아니라 판단된다. 그 외의 진흙 등의 유출흔적 등 노후화증상은 나타나지 않았다.

#### (4) 금광 저수지

##### (가) 제체부

관리인이 상주하여 연 2회 점검 관리하며 제체의 관리 상태는 양호하다. 통관이 지나는 상류 제정부에  $1.5 \times 1.5 \times 0.15\text{m}$ 의 부분이 침하하였다. 상류사면은 양호하며 하류사면 제체의 이동 징조는 없다. 하류사면 보호 상태는 아주 불량하다. 제체와 구조물 연결부 옹벽에서의 백화 현상이 심각하며 문비는 재시공이 요구된다.

##### (나) 구조물부

###### ① 여수토부

노후화 평가결과는 상으로 나타났다. 대체적으로 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 여수토 하류측에 문비 공사가 진행중이었다. 압축강도는 옹벽부의 경우는  $111.9 \sim 158.8\text{kg/cm}^2$ 으로 다소 심한 편차가 있으며, 비교적 강도의 저하가 컸다. 안전상 문제를 일으킬 만큼의 뚜렷한 노후화증상은 발견되지 않았다.

중성화 깊이는  $15.33\text{mm}$ 로서 피복두께에 비하면 아직 철근부식이 시작할 정도의 깊이는 아니라고 판단된다.

###### ② 연락교량

연락교량의 경우 취수탑과 연결되는 상판이  $10\text{cm}$  정도 어긋나 있었다. 이는 상대적인 침하가 아니고 양쪽 상판의 어긋남이므로 안전상, 기능상 큰 문제를 발생 할 소지는 없는 것으로 판단된다. 압축강도는  $92.1\text{kg/cm}^2$ 으로 강도의 저하가 컸다. 상판의 어긋남에 대해서는 정확한 원인을 파악함과 동시에 보수여부를 결정하기 위해 추후 이에 대한 관찰이 필요하다.

## (5) 금주 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호하며 낚시터 관리인과 출장 관리인이 수시로 감시하고 있다. 상류쪽 부분에 평균 0.2m 정도 전체적으로 침하되어 있다. 여수토쪽 제체 좌우 10m, 상하 1m가 침하되어 있다. 하류측 제체의 이동 징조는 없으며 침윤상태나 습윤한 지역은 없다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토, 방수로부

전반적으로는 구조물이 깨끗한 상태로 유지, 관리되고 있으나 부분적으로 파손이 심하게 발생한 곳이 있으므로 그에 대한 보수가 필요하다. 물넘이 오지 부분은 세굴에 의해 파손된 부분(파손부위 넓이  $2 \times 15\text{m}$ )이 4군데로서 전체적으로 분포하여 있었고 파손부위의 철근은 노출된 후 녹이 슬어 철근단면의 감소가 발생되어 있는 상태였다. 표면 마무리재는 곳곳에 유실되어 있었다. 제체 반대쪽 물넘이 정정부와의 연결 옹벽부에는 약간의 백화현상과 함께 심한 누수가 일어나고 있었으며 누수부분은 지속적인 동해 및 세굴에 의해 깊숙한 부분까지 구멍이 나 있었다. 제체쪽 연결부에는 세굴 및 동해, 백화현상과 함께 폭 0.2cm, 깊이 4m의 균열이 종방향으로 발달되어 있음이 관찰되었다. 물넘이 바닥부분 중 에이프런의 윗부분은 7cm의 침하와 함께 파손되어 철근이 노출되어 있었으며, 슈트부분 또한 심하게 세굴되어 상당한 크기의 파손부위가 여러곳에 발생되어 있었다. 정수지 사면은 슬라이딩에 의해 일부분의 사면이 파괴되어 있었다. 유출수로의 바닥은 암반사면이었으며 사면보호공의 상태는 양호하였다.

압축강도의 조사결과는 산쪽 옹벽이  $160\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 비교적 양호하였으며, 제체쪽 옹벽은  $239.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로서 상당히 양호하게 유지되고 있었다. 중

성화 시험결과 증성화 깊이는 4.53mm로서 양호한 상태였다. 이는 시공한지 14년밖에 경과하지 않았기 때문에 상대적으로 작은값이나 그 시간에 대한 증성화 속도는 0.323mm/년으로서 다른 저수지 구조물의 증성화 속도에 비한다면 빠른 편이라고 할 수 있다.

여수토, 방수로부에 있어서 물넘이부와 제체쪽 연결부위의 옹벽과 물넘이 바닥부분이 상당히 노후화 되어 있으므로, 이상현상의 진행상황에 대해 계속적인 관찰이 필요하다고 판단되며, 현 상태로도 안전상의 문제를 발생시킬수 있다고 판단되므로 시급한 보수가 필요하다.

## ② 취수탑 및 복통

관리상태가 양호한 편이고, 복통의 균열 또한 양호한 편이고 압축강도도 274.1kg/cm<sup>2</sup>로서 비교적 양호하였다.

## (6) 기산(파주) 저수지

### (가) 제체부

관리인이 상주하며 제체의 관리 상태는 양호하다. 상류사면의 보호 상태는 양호하지만 일부 파손된 곳이 존재한다. 하류측 제체의 이동 징조는 없다. 여수토 만수부 하단 좌측에 누수가 되고 있으며 조인트부 10~15cm 상단부에 측방이동이 되어 있으며 우측 교대 부분의 이동 징조가 보인다. 하류사면 우측 소단부이하에 9cc/sec, 여수토 방수로 산측사면에 26cc/sec의 누수되고 있다.

### (나) 제체부

#### ① 여수토, 물넘이부

규모가 작은 저수지로서 전반적으로 노후화가 진행되어 구조물의 상태는 하로 판정되며 심하게 이상현상을 보이는 물넘이부, 물넘이와 제체연결부위의 옹벽부, 급류부 옹벽부, 급류부 바닥등에 대해서는 보수가 필요하다고 판



단된다.

물넘이부의 오지부분에 파손부위가 많고, 철근이 노출되었으며 녹물이 흘러내린 것이 관찰되었다. 내부가 공동화된 곳도 있었으며 손으로 쉽게 콘크리트가 떨어져 나갈 정도로 열화된 곳이 많았는데 이는 심한 동해에 의한 것이다. 압축강도도  $93.5\text{kg/cm}^2$ 으로 보수가 필요하다.

물넘이와 제체연결부위의 용벽은 폭 0.7cm, 길이 7m의 종균열 등 균열이 많이 발생해 있었는데 용벽 바로 위에 설치된 교량으로 인한 하중증가에 의해 발생된 것으로 판단되며 균열 발달에 대한 지속적인 관찰과 이에 대한 보수가 필요하다. 급류부 용벽부는 세굴에 의한 심한 패임이 발견되었고 대부분의 용벽블럭에 측방이동이 발생되어 있었다. 측방이동의 크기가 10cm를 상회하는 곳도 2곳이 있었으며, 용벽 뒷면에서 심하게 함몰된 곳도 발견되었다. 또한 각 용벽들이 3cm이내의 침하현상도 보였다. 급류부 용벽과 정수지 연결부위에 누수가 발생하고 있었으며, 압축강도 또한  $106.3\sim 117.3\text{kg/cm}^2$ 으로 낮은 상태로 나타났다. 급류부 바닥 전체에 걸쳐서 균열이 발생되어 있고 하부 부근에 심한 패임이 발생되어 있었으며 부분적으로 바닥 밑이 공동화되어 있었다. 압축강도는  $62.5\text{kg/cm}^2$ 으로 나타났는데 공동화 등의 영향으로 낮게 평가된 면도 있으나 상당한 강도의 저하로 볼 수 있다. 감쇄공이 설치되어 있었는데 부분적으로 파손되어 있었으나 심각할 정도는 아니었다. 중성화 깊이는 10.75mm로 우려할 정도는 아니라 판단된다.

## ② 연락교량

여수토부를 횡단하는 교량으로 물넘이 용벽부가 교대의 역할을 겸하고 있었다. 제체 반대쪽 교대부분이 폭 0.3cm의 균열과 15cm의 이동이 발생되어 있었고 그 외의 뚜렷한 이상현상은 발견되지 않았다.

## (7) 기산(포천) 저수지



#### (가) 제체부

관리인이 상주하지 않지만 제체의 관리상태는 양호하다. 하류사면의 좌안지역이 다소 융기되어 보이며 좌안연결부에서는 누수가 되고 있다. 그리고 중앙부가 다소 블록해 있다. 제체와 구조물의 연결부위는 양호한 상태이다. 하지만 좌안부분에 풍화암이 노출되어 있으며 좌안하부에서는 평균 100cc/sec의 양이 누수되는 구멍이 4~5공 존재한다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토, 방수로부

전반적으로 관리상태가 양호하였다. 물넘이부와 구조물부에 대한 보강공사가 4년 전에 이루어졌기 때문에 큰 이상현상은 없었다. 물넘이의 오지부분이 세굴로 인해 여러곳이 패여 있었으나 그 규모가 미미하였으며, 제체반대 방향 옹벽에 약간의 백화현상이 있었고 물넘이 바닥부에 세굴된 흔적이 있었으나 크기가 미미하여 안전에 위협이 될 만한 징후는 없었다.

강도조사의 결과도  $200.6\text{kg}/\text{cm}^2$  이상으로 나타나 상당히 양호하다고 판단된다. 중성화 시험 결과 중성화 깊이는 10.75mm으로 우려 할 수준은 아니나 중성화 속도가 0.67mm/년로서 상당히 큰 편에 속한다.

##### ② 취수부

콘크리트의 표면상태는 양호하였고 이상현상은 없었으며 콘크리트 강도 조사 결과도  $250\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 양호하게 나타났다.

#### (8) 기흥 저수지

##### (가) 제체부

관리인이 상주하며 연 2회 점검 관찰로 제체의 관리상태는 양호하다. 상류 방괴석이 일부 유실되었으며 상류측 중간부분이 20cm 가량 침하되어 있다. 제체와 여수토의 연결부의 옹벽이 균열 누수되고 있다.

## (나) 구조물부

### ① 여수토부

노후화 평가결과는 중으로 나타났다. 전반적으로 뚜렷하게 노후화증상을 보이는 부위는 없었다. 하류측에 문비 공사가 진행중에 있었다.

도수로 부근에 관목류가 자라고 있었고, 에이프런부분이 일부 파손되어 철근이 노출된 부분도 있으나 국부적이었으며 옹벽부에는 약간의 백화현상이 있었다. 압축강도의 경우 옹벽부는  $143.9 \sim 158.2 \text{kg/cm}^2$ 으로 비교적 양호하게 유지되고 있었다. 중성화 깊이는 42.0 mm로서 상당한 깊이를 나타내고 있는데 이는 중성화에 의한 철근의 부식을 고려해야 하는 값으로 구조물의 내구성에 문제가 있을 것으로 판단되며, 저수지가 시공된 후 전혀 개보수를 하지 않은 부분과 구조부재에 대한 점검이 필요하다.

### ② 취수부, 통관

취수탑의 경우 권양장치등의 조작이 정상상태이며 뚜렷한 노후화현상은 발견되지 않으며 콘크리트의 압축강도도  $151.4 \text{kg/cm}^2$ 로 양호하게 유지되고 있었다. 통관의 경우도 노후화증상을 발견할 수 없었으나 중성화된 깊이가 42.0 mm로 크게 나타나 상당한 구조물의 내구성 저하가 있을 것으로 판단된다.

### ③ 연락교량

취수탑과 연결부의 교량 기둥에 철근이 노출된 파손부위가 발생되어 있었다. 구조적으로 불안정한 요인을 발생시킬 수 있고, 또한 지속적인 골재의 박리 및 철근의 부식이 진행되기 때문에 이에 대한 보수가 필요하다.

## (9) 길정 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호하고 상주하는 관리인은 없다. 상류사면의 상태는 양호하며 하류사면의 이동 징조는 없다. 소단 아래 슬라이딩이 발생되어

있으며 그 크기는 좌우 20m, 상하 4m, 깊이 60cm이다.

(나) 구조물부

① 여수토부

길정저수지의 경우 뚜렷한 노후화증상을 나타내는 부위는 없었다. 노후화 판단결과가 상으로 나타났다. 즉 구조물의 상태는 양호하게 관리, 유지되고 있는 것으로 판단된다.

물넘이부의 정정부, 오지, 에이프런, 제체편 옹벽, 제체반대편 옹벽등의 상태는 아주 양호하며 구조물에 대한 이상현상은 발견되지 않았다. 급류부의 경우는 끝부분에 누수가 있으나 그 양은 적었다. 급류부 바닥의 경우는 모르타르가 이탈되고 있는 곳이 많았고, 전반적인 부분이 용기되어 바닥 밑 부분이 용기되어 있었다. 현재로서는 그 정도가 심하지 않으나 전체로 확장될 것으로 보이며 그 진행상황에 대한 지속적인 관찰이 요구된다. 정수지의 시작부에 2.5×1.5m 넓이에 심한 동해가 발생되어 표면이 부풀어 있었다.

② 취수부, 통관

압축강도가 저하되어 있는 것을 제외하고는 뚜렷한 노후화현상은 발견되지 않았다. 표면 마무리용으로 사용된 모르타르가 파손되고 있었으나 내부의 골재의 양호하였다. 권양장치 및 수문의 상태도 양호하게 작동하고 있었다.

③ 연락교량

구조적인 상태나 슬래브의 표면상태 등 모두 양호하게 유지, 관리되고 있었다.

(10) 낙생 저수지

(가) 제체부

제체의 관리상태는 양호하며 관리인이 상주하지 않는다. 정정부 상태는 양호하며 제체의 변형 징조는 없다. 상류사면 일부(2×3m)가 유실되어 있다



하류사면의 보호상태는 양호하나 하류사면에 누수가 되고 있다. 제당 여수토 시작점 10m지점 및 하류사면 전체에서 누수가 되며 추정 누수량은 각각 28cc/sec, 139cc/sec으로 보수가 시급하다.

(나) 구조물부

① 여수토, 방수로부

전체적으로 구조물의 상태가 양호하지 못한 편으로 국부적으로 심하게 이상현상을 보이고 있다. 따라서 이에 따른 보수가 필요하다. 물넘이 정정부 는 동해 및 세굴에 의해 약간의 표면 파손이 있는 정도였으며, 오지부분은 모르타르가 유실된 상태로 대략 20여군데서 누수의 흔적 및 누수가 발견되었으나 그 양은 미미하였다. 제체쪽 옹벽부의 옹벽은 20cm 정도 밀려났고 조인트부위는 5cm 벌어져 있었으며 윗부분의 일부는 조인트 부분이 밀려나 오며 파괴가 진행되고 있었고 백화현상 및 누수도 3곳에서 이루어지고 있었다. 이는 시공 또는 설계상의 문제에 기인한다고 판단되며 보수가 필요하다. 제체 반대쪽 옹벽은 두 군데에서 옹벽 블럭이 6~7cm 측방 이동되어 물넘이 쪽으로 돌출되어 있었다. 물넘이 바닥부분(슈트, 에이프런)은 깊이 20~25cm, 넓이 6×4m 크기 정도로 파손되어 있는 곳이 여러 곳 있었는데 심한 동해와 세굴에 의한 것으로 판단되며 보수가 필요하다. 물넘이 정정부와 제체 연결지점의 옹벽에 폭 0.7cm, 길이 2m의 균열과 약간의 측방이동이 있었다.

옹벽부의 압축강도는  $200 \sim 252 \text{kg/cm}^2$  로 상당히 높은 값으로 양호하였으나, 여수토 오지부분, 정정부 부분은  $104.9 \sim 123.4 \text{kg/cm}^2$ 의 강도로 비교적 낮은 값을 나타냈으며, 에이프런 부분이나 슈트 부분 등 물넘이 바닥부분은  $78.5 \sim 96.0 \text{kg/cm}^2$  로 큰 강도저하를 나타냈으며 동해, 중성화, 큰 파손 부위를 고려하면 심하게 노후화되었다고 판단된다..

중성화 깊이는 평균적으로 15.57mm로서 큰 값은 아니나 유의할 필요가



있는 수치로 피복두께가 얇은 구조물인 경우는 철근의 부식에 대한 조사가 필요하다.

낙생저수지에서 물넘이부와 제체 연결옹벽 및 물넘이 바닥부는 대대적인 보수가 필요하다고 판단된다.

## ② 연락교량

표면상태는 특이한 이상 흔적은 없었다. 압축강도는  $160\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서 비교적 양호하며 2번과 3번경간 사이에 침하로 인해 3cm 가량의 벌어짐이 있으나 안전상에 큰 영향은 없는 것으로 판단된다.

## ③ 취수탑 상판

취수탑의 관리상태는 양호한 편이며 문비의 작동도 양호한 상태였다. 압축강도도  $172.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서 양호한 편이나 상판이 공동에 의해 부식되어 있으므로 교체가 필요하다.

## (11) 덕계 저수지

### (가) 제체부

관리인이 상주하며 연 2회 육안 관찰하고 있다. 상류측 사면이 전체적으로 침하되어 있으며 여수토 근처 하류사면이 파괴된 흔적이 있으며 35cm가 침하되어 있다(폭 110m, 길이 7m). 하류 복통부 코어가 일부 유실(깊이 30cm, 너비 1m 함몰)되어 있고 하류측 흩이 불량하다. 여수토 방수로와 슈트 중간에 25cc/sec 정도 누수되고 있다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토부

노후화 평가는 '중'으로 나타났지만 전부분에 걸쳐 백화현상이 발달되어 있고, 전반적으로 압축강도가  $65\sim 106.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 낮게 나타나고 있는 등 비교적 최근(1979)에 시공된 것에 비해서는 노후화 정도가 빠르다고 볼 수

있다. 채취한 코어에 대한 일축압축강도의 경우  $40.6 \sim 49.3\text{kg/cm}^2$ 으로 아주 적은 값을 나타냈고, 슈미트 해머 결과도 비슷하게 전반적인 구조물의 강도 저하를 나타내고 있었다.

오지부분의 경우, 조인트부위에 약간의 파손이 있고, 그 외 백화현상 및 마무리재의 유실이 발생하고 있었다. 급류부 옹벽의 경우 심한 백화의 발생 외에 누수 및 급류부 밑부분의 세굴과 동해에 의한 파손이 진행되고 있었다. 급류부 바닥 밑부분의 경우 모르타르가 완전히 유실되어 골재가 드러나 골재와 모래가 분리되어 있는 상태로 주변에서의 지속적인 누수 등으로 인해 그 진행 정도는 빠를 것으로 판단된다. 중성화 깊이는 12mm로서 현재로서 선 철근의 부식을 우려 할 정도는 아니다. 노후화현상의 확대를 방지하기 위해서 이러한 누수나 파손부위 등에 대한 보수가 필요하다.

## (12) 덕우 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호한 편이며 관리인이 상주하지 않고 있다. 상류 사면의 보호 상태는 양호한 편이지만 4~5년 전에 많은 누수로 인해 그라우팅을 실시하였고 이때 제당고를 2~3m 승상한 후 배수갑문을 설치하였다. 하류사면 전체적으로 슬라이딩 흔적이 보인다(10×15m).

### (나) 구조물부

#### ① 여수토

구조물부는 재시공한지 5년밖에 경과하지 않은 관계로 전반적으로 양호한 상태로 유지, 관리되고 있는 상태였다. 그러나 급류부 바닥 부분은 상당히 심하게 노후화되어 있으므로 보수가 요구된다.

방수로부는 수문형태로서 레이다얼 게이트가 설치되어 있으며, 게이트의

피복상태, 작동상태, 그 외 부속물의 상태가 모두 양호한 상태였다. 수문구조물이나 문비기둥, 좌우측 옹벽 등도 이상현상이 발견되지 않았으나 압축강도는  $91.7 \sim 127.3 \text{kg/cm}^2$ 으로 시공년한에 비해 강도의 저하가 컸다. 수문과 물넘이부의 접합부에서 누수가 발생하고 있었다. 급류부 옹벽부의 끝부분에 2cm 정도의 측방이동과 균열 및 일부 파손부위가 있었지만 끝부분에 한정되어 있었으며 그 정도도 심하지 않았다. 급류부 바닥은 심한 동해 및 세굴에 의해서 큰 부분은 넓이  $4 \times 4 \text{m}$ 로 철근이 노출되고 녹슬어있으며 약 10cm 높이로 패여 있었는데 급류부 바닥 전반에 걸쳐 비슷한 양상으로 노후화되어 있었다. 이는 수문에서의 계속적인 누수로 인해 발생한 것으로 판단되며 이에 대한 보수가 필요하다. 정수지의 상태와 유출수로의 상태는 양호하였다.

중성화 깊이는 17.93mm로서 절대치로는 아직 크기 않은 상태이나 재시공한 후의 경과시간에 비한다면 큰 편으로 해석할 수 있다.

## ② 연락교량

물넘이 구조물을 횡단하는 교량으로 2차선 도로로 사용되고 있었으며, 교대의 상태는 양호하고 압축강도도  $143.5 \text{kg/cm}^2$ 로 양호하였다.

### (13) 도척 저수지

#### (가) 제체부

외관은 양호하며 관리인은 상주하지 않는다. 상류사면의 보호 상태는 양호하며 물가면의 침식 상태는 방피석 일부가 교란되어 있다. 제체와 구조물의 연결부위 곳곳에 균열이 있으며 균열발생으로 콘크리트로 덧씌우기를 했다. 슬라이딩은 없으나 이동의 징조로 평균 30~40cm 침하되어 있고 토압으로 인한 벽 균열이 발견되었다.

#### (나) 구조물부



### ① 여수토, 물넘이부

여수토부의 옹벽의 높이가 큰 저수지로 전반적으로 양호한 상태로 유지, 관리되고 있었으나 물넘이와 제체 연결부의 옹벽부분과 제체쪽 옹벽은 노후화 정도가 크므로 보수가 필요하다.

물넘이 정점부와 제체 연결부의 옹벽 형식이 4각형의 박스 형식이었는데 정점부의 측벽면에 균열(0.7cm×7m)이 발달되어 있는 외에 폭 0.5~1cm의 균열과 5cm의 측방이동이 물넘이 수로쪽의 옹벽에 발생해 있었다. 측방이동된 옹벽부분의 4각형 내부의 흠이 0.5~1.0m 침하되어 있었다. 균열이나 이동의 형태 등을 보아 파손의 위험이 있으므로 보수가 필요하다. 물넘이의 정점부는 3cm 두께의 모르타르가 폭 30cm로 정점부 전 길이에 걸쳐 파손되어 있었으며 내부가 공동화되어 있었다. 오지 부분은 10여군데의 백화현상과 6×0.5×0.25m 크기의 파손과 1×0.5×0.1m 크기의 파손이 있었다. 이는 안전상 보수가 필요하다고 판단된다. 제체 방향의 옹벽이 상당한 범위에 걸쳐 골재가 노출되어 있으며 옹벽 밑 부분은 군데군데 소규모로 파손되어 있고, 파손의 부위의 골재는 손으로도 쉽게 골재가 분리될 정도로 상당히 연약했다. 슈미트 해머 타격시 표면이 꺼져 들어가는 곳이 많았는데 이는 시공시 타설불량으로 추정되며 압축강도는 158.9kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 양호한 값을 나타냈다. 제체반대 방향의 옹벽은 백화현상이 소규모로 25군데 발생되었고 옹벽 밑부분의 마무리재 부분의 파손이 있었으나 기능상, 안전상 문제는 없을 것으로 판단된다. 급류부 옹벽은 기존의 옹벽을 보강해 새로운 옹벽이 덧씌워 시공되어 있었고 1.5cm 정도의 측방이동 외에는 노후화증상은 없었다. 정수지의 측면이 일부 파손되어 철근이 노출된 부분이 있었고 유출수로의 방파석이 일부 교란되어 있었다. 저수지 구조물의 파손된 부분에 대해서는 동해 및 세굴에 의한 추가적인 파손이 발생을 막기 위한 빠른 보수가 필요하다고 판단된다.



강도조사결과 웅벽부는  $158.9 \sim 216.4 \text{kg/cm}^2$ 으로 비교적 양호하였고 물넘이 정정부부는  $182.3 \text{kg/cm}^2$ 으로 양호하였다.

중성화 깊이는 14.37mm로 철근의 부식에 대한 영향은 없을 것으로 판단되었다.

#### (14) 동방 저수지

##### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호하며 관리인이 상주하지 않는다. 정정부 연결 도로에 표면 균열이 있으며 상류사면의 보호상태는 불량하다. 그라우팅 후 상부사면이 파손되어 전면적인 보수를 요한다. 일부 지역에서 부분적인 침하가 눈에 띈다.

##### (나) 구조물부

###### ① 여수토, 방수로부

규모가 작은 저수지로 여수토 또한 소규모에 속한다. 전반적으로 관리상태가 부실하였으며, 부분적으로 이상현상을 나타내고 있는데 이에 대해서는 보수가 필요하다. 물의 취수부가 물넘이부와 인접해 있고, 제체 반대쪽 물넘이 웅벽 위에 도로로 쓰이는 콘크리트 슬래브가 올려져 있었으며, 물넘이 제체 반대쪽에 가옥이 있었다. 이러한 주변환경은 구조물의 사용과 안전성에 부정적 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

물넘이 정정부의 표면은 세굴에 의해 골재가 노출되어 있었으나 큰 파손부위는 없었으며 물넘이 연결웅벽에 폭 0.2mm 균열 및 파손(0.5×1.5×0.1m)이 있었다. 물넘이 바닥부분의 에이프런부는 7cm 가량의 깊이로 바닥재가 벗겨 나갔으며 여러 군데에 패인 흔적이 있었다. 제체반대쪽 웅벽위에 도로가 시공되어 있었는데 웅벽윗면과 도로의 콘크리트 슬래브 사이의 흠의 유실이 상당히 심하게 일어나 물넘이 부에 쌓이는 동시에 슬래브와 웅벽 윗

면사이에 공동이 발생되고 있었다. 용벽 폭 0.2~0.3cm의 균열이 종방향으로 용벽길이에 걸쳐 두군데 발생되어 있었으며 용벽 표면상태는 양호하였다. 제체쪽 용벽은 약간의 백화와 이끼가 발생되어 있었으며 정수지와 연결되는 부분에서 상당히 심한 누수가 발생하고 있었다. 정수지에는 심한 퇴적이 발생되어 정수지 좌우측 용벽의 3/4높이까지 쌓여 있었으며 갈대가 무성하게 자라 있었다. 물넘이의 슈트부를 횡단하는 교량은 기존의 것과 함께 새로 시공한 것이 연결되어 있었는데 기존의 교각은 파손과 함께 심한 백화현상 및 식생이 분포하고 있어 상당히 노후화되어 있었다.

강도조사 결과 용벽부는 149.7~160.4kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 양호하였으나 물넘이 바닥부는 93.6~109.0kg/cm<sup>2</sup>의 응력으로 비교적 큰 강도저하를 나타냈다.

제체반대쪽 용벽 윗부분에 설치된 도로의 경우, 용벽에 추가적인 하중으로 작용할 뿐만 아니라 슬래브와 용벽사이의 흠의 유실로 인해 물넘이부에 쌓이므로서 미관적, 기능적 손상이 있으며, 슬래브와 용벽사이의 공동에 의해 슬래브의 구조적인 위험도 증가되므로 이에 대한 보수와 흠의 유실에 대한 방지대책이 있어야 한다고 판단된다.

유출수로의 통수단면이 흠의 퇴적과 1.5~2m 크기로 뺨뺨히 자란 식생의 영향으로 크게 감소되었고, 유출수로 좌측지대가 유출수로의 바닥보다 낮은 점 등을 고려할 때 좌측지대로의 물의 월류 가능성이 있다고 판단되므로 유출수로의 보수와 정비가 필요하다고 판단된다.

#### (15) 마둔 저수지

##### (가) 제체부

제체의 관리는 양호하며 관리인이 상주하여 연 2회 정도의 풀 깎기 및 제체의 개략적인 육안 관찰을 보고하고 있다. 제당의 축조시 당초 사면의

계획고보다 약 0.8~1.0m 정도 여성된 것으로 나타났다. 상류사면 중앙부에 전체적으로 15×5.0×0.2m 정도 침하된 것으로 나타났다. 소단부가 당초 보다 약 0.8m 정도 침하되었으며, 제당의 여성으로 인하여 0.5~1.0m 정도 측방으로 단면이 확대되었다. 취수탑 토구에서는 코어재로 보이는 붉은 점토가 매년 50cm 정도씩 퇴적되며, 이로 인해 토구측 사면에 슬라이딩이 발생하고 있어(10.0×10.0×0.5m) 이에 대한 보수가 시급한 실정이다. 여수토나 여수토 옹벽은 심한 백화현상, 누수현상, 균열, 연결조인트 이동 등 보수가 시급하며 제체의 안전에도 문제가 제기된다. 특히 종방향의 균열은 3.0~5.0mm 정도의 폭으로 심각한 것으로 나타나고 있다. 여수토와 제체의 연결부분에서 약 0.06cc/sec 정도의 누수가 있었다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토, 방수로부

여수토 방수로부는 축조 후 지속적인 관리에도 불구하고 노후에 따른 파손, 백화현상, 누수 등의 심각한 노후화증상을 보이고 있으며, 이에 따른 보수가 시급한 것으로 나타나고 있다. 본 저수지의 구조물 부분은 대체로 아주 노후화된 것으로 나타나고 있다. 특히, 여수토 부분의 누수(0.2 ℓ/hr)는 지속적인 침식을 발생시켜 제체와의 연결부위에는 골재가 노출, 또는 동상에 의한 파손(2.0m×1.0m×0.3cm)이 심각하였다. 방수로의 슈트 부분의 바닥은 급류에 의한 침식으로 인하여 바닥 콘크리트가 파손(4.0m×10cm)된 상태이며, 또한 측면 산쪽의 연결부위는 슬래브 바닥 흠이 세굴되어 있는 실정으로 전반적인 보수가 시급한 실정이다.

강도의 측정결과, 코어에 의한 강도는 115~126kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 낮게 나타나고 있으며 증성화 시험의 결과는 시멘트 성분의 유실과 골재의 과다로 인하여 정확한 값을 측정할 수 없었다. 여수토부의 슈미트 해머의 결과는 코어에 의한 압축강도를 보정하여 계산한 결과, 약 56~386kg/cm<sup>2</sup>의 심



한 편차를 보이고 있는데, 이는 중성화 또는 동상, 골재분리 등의 원인에 의하여 강도가 저하된 부분은 안정에 심각한 정도를 나타내고 있다.

따라서 본 저수지의 여수토부는 시급한 보수 내지는 재시공을 통한 대대적인 보수가 필요한 것으로 나타났다.

### ② 취수탑 및 복통

취수탑의 관리상태는 비교적 양호한 상태이며, 문비의 작동도 양호한 편이었다. 다만 문비를 고정하는 스프링 축의 연결부위에 지지상태가 부실하며 스프링들에 부분적으로 녹이 흔 정도였으나 작동 및 안전에는 별다른 이상 징후를 발견할 수 없었다. 그러나, 취수탑의 토구측에 코어재로 보이는 점토의 유실이 심한 것을 볼 수 있으며, 이에 대해서 보수가 시급한 것으로 보였다.

### ③ 연락교량

연락교량의 상판에 균열(3.0mm)이 발생하고 있으며, 각 슬래브는 약 10cm 정도의 침하를 보이고 있으나 안전에는 별다른 이상이 없는 것으로 나타났다.

## (16) 백운 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호하며 관리인이 상주하고 있다. 내측사면이 침하되어 있으며 제당은 0.3~0.4m 정도 여성되어 있다. 여수토 옹벽 양쪽에 누수가 되고 있으며 그 양은 약 150cc/sec, 70cc/sec로서 비교적 미미한 정도이나 지속적인 관찰이 요망된다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토부

노후화 평가결과 노후화 정도가 중으로 평가되었는데, 이는 부분적인 노



후화에 대한 보수흔적이 많기 때문인 것으로 판단된다. 다른 저수지와는 달리 제체반대편 옹벽 위에 2층 건물이 세워져 있었는데 이 건물 밑의 옹벽은 3단으로 된 옹벽으로 새로이 시공되어 있었다.

제체편 옹벽은 측방이동이 3~5cm 이루어져 있고 조인트부의 벌어짐도 6cm 발생해 있었다. 압축강도의 경우  $134.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 강도의 저하가 있었다. 급류부 옹벽의 경우는 새로 보강옹벽위에 설치한 슬래브가 3cm측방이동 되어 있었고 폭 0.2~0.5cm의 균열이 여러 군데에 발생했고, 반대편의 경우 9cm 정도의 측방이동이 발생해 있었다. 이러한 노후화증상에 대한 보수가 계속하여 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## ② 취수탑, 통관

취수탑의 경우 뚜렷한 노후화현상은 나타나지 않았으며, 통관의 경우 일부 진흙의 유실흔적을 제외하고는 양호한 상태를 유지하고 있었다.

## ③ 연락교량

H-beam으로 연락교량의 보를 대체한 상태로 중앙부에 5cm 처짐이 발생해 있었고 시작부근에 약간의 단면결손 및 철근 노출이 있으나 우려할 정도의 사항은 아니다.

## (17) 백학 저수지

### (가) 제체부

외관은 전체적으로 불량하지만 상주인은 존재하고 점점은 수시로 이루어지고 있다. 정정부 하류쪽 경계가 모호하며 많이 내려앉아 있다. 하류측 제체의 이동 징조는 보이지 않는다. 하지만 제체 밑에 물이 많이 고여 있으며 양안부에 1년생 풀이 분포하고 있고 도로 쪽에는 다년생 식물이 자라고 있다. 제체와 구조물의 연결부위 좌안부분에 풍화암이 노출되어 있으며 좌안 하부에는 누수가 되고 있다.

## (나) 구조물부

### ① 여수토부

전반적으로 동해 및 세굴에 의한 파손으로 노후화증상이 심한 것으로 나타났다. 다른 저수지와는 달리 겨울철 월류가 한 두번 일어나는 관계로 동파방지를 위한 석축(찰쌓기)으로 물넘이부 안쪽을 보강한 특색이 있었고, 제체 반대방향 옹벽위의 가옥에서 배출하는 오수에 의한 오염과 악취가 심했으며, 물넘이 바닥부에는 초생식물이 뺨뺨히 서식하고 있는 특징이 있었다. 물넘이 오지부분과 옹벽부의 노후화현상에 대한 보수가 필요하다.

석축에 의해 보강을 하였으나 물넘이 오지부분이 심하게 동파되어 있으며 골재가 노출된 곳의 골재 상태도 칼 등에 의해 쉽게 이탈되는 정도이고 이끼류가 서식하고 있었으며 전반적으로 심한 백화현상을 나타내고 있었다. 오지부분의 압축강도는  $68.9\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 상당히 낮은 것으로 나타났다. 제체편의 옹벽은 콘크리트의 상태는 양호하나 1cm의 측방이동과 폭 0.2cm의 균열이 위에서 밑부분까지 발달해 있었고, 누수가 3군데에서 발생하고 있었다. 특히 누수의 양이 많았으며 누수지점에서 나오는 소리로 보아 누수되는 옹벽내부가 공동화되어 있을 것으로 추측되었다. 제체 반대편의 옹벽도 심한 누수와 백화현상 등 노후화증상이 뚜렷하고 압축강도도  $124.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 매우 강도가 낮았다. 에이프런 부분의 상태도 모르타르의 유실 및 누수 등이 발달해 있었다. 누수나 파손부위, 균열 등의 구조물 노후화증상은 그 진행의 가속화와 구조물에 끼치는 악영향을 막기 위해 빠른 시일 내의 보수가 필요하다. 퇴적물이나 식생 등도 미관상, 구조물 본래의 기능상 방해가 되므로 제거할 필요가 있다.

## (18) 봉암 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호하며 부근에 출장소가 있으며 점검은 수시로 하고 있다. 상류사면의 보호 상태는 대체로 불량한데, 물가면의 침식 상태는 방괴석 아래 세립토가 유실되어 침하(10m×1.5m×10cm)가 발생하였다. 식생은 1년생 식물이 분포하고 있으며 방괴석과 제체 연결 부위에서 깊이 20cm, 너비 1m, 길이 2m가 침하되었다. 하류측 제체의 이동 징조는 없으며 toe 일대에 물이 고여 있다. 상류의 경우, 사석공의 불량 및 침하 그리고 하류사면은 toe 일대에 물이 배어 나오고 있어 적절한 조치가 시급히 필요하다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토부

시공된 후 16년 경과한 저수지로 노후화평가 결과 상으로서 유지, 관리가 양호한 것으로 나타났다. 그러나 물넘이 바닥부와 정수지에 상당한 양의 유사가 퇴적되어 있는데 계속적으로 쌓인 것이 아니라 사태 등에 의해 쌓인 것으로 보인다. 정수지의 유사퇴적량은 정수지의 1/3을 차지할 정도로 많은 양이었다. 물넘이 정정부와 오지의 상태는 양호하였다. 물넘이와 제체 연결 부위의 옹벽이 폭 1.0cm의 심한 균열이 발생해 있었고 압축강도도 94.4 kg/cm<sup>2</sup>으로 강도의 저하가 컸다. 따라서 이에 대한 보수가 필요하다. 제체 반대편 옹벽이나 급류부 옹벽은 노후화현상이 없었고 압축강도도 190.3~195.6kg/cm<sup>2</sup>으로 양호하였다. 급류부 옹벽과 정수지와의 연결부위에 2cm의 측방이동과 누수가 발생하고 있었는데 누수는 저수지 물이 아닌 산쪽에서 흘러나오는 물로 여겨진다. 급류부 바닥은 중간부위에 3×3m 크기의 세굴에 의한 파손과 철근이 노출되어 있었는데 우려할 만한 상태는 아니다. 파손 부위는 지속적인 세굴과 동해 및 기타의 영향을 받아 가속적으로 파손될 우려가 있으므로 빠른 시일 내의 보수가 필요하다.

##### ② 통관부



양호한 상태이나 흘러나오는 물에 진흙이 섞인 것이 관찰되었는데 제체의 코어 유실로 판단되나 그 양은 적었다. 코어재의 유실은 제체 내부의 공동화를 유발할 가능성이 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

#### (19) 성호 저수지

##### (가) 제체부

외관은 불량하며 관리인이 상주하지 않는다. 상류사면의 보호 상태는 50m 정도 방괴석 상태가 불량하다. 또한 3군데 가량 방괴석이 없는 곳도 있으며 세굴이 약간 있다. 방괴석 사이의 흙이 세굴된 상태이며 식생은 1년생 잡초 및 고사리, 다년생 식물이 다수 분포하고 있다.

본 저수지는 관리 및 상류사면이 불량하다. 특히 상류사면에는 방괴석이 없거나 이탈된 곳이 많아 이의 시급한 보수가 요망된다.

##### (나) 구조물부

###### ① 여수토, 물넘이부

구조물부의 규모는 작은 저수지로서 전반적으로 관리상태는 양호하였다. 물넘이부 등을 보수한 지 얼마되지 않은 관계로 뚜렷한 노후화증상은 없었다. 다만 물넘이 바닥부 중 에이프런 부분이 상당히 노후화되어 있었는데 이에 대해서는 보수가 필요하다.

물넘이 정정부나 오지부분의 상태는 양호했으며 제체측의 연결 옹벽에는 폭 0.7cm, 길이 1.5m의 균열이 있었고, 제체 반대편의 옹벽에도 균열이 발생되어 있었다. 물넘이 정정부의 중간부분에 1.5m정도 밑부분이 에이프런부의 함몰 및 세굴로 인하여 떠 있는 상태로 계속적 세굴방지에 대한 보수가 필요하다. 에이프런 부분은 전부분에 걸쳐 폭 0.8cm정도의 균열이 발달되어 있고, 중앙 좌측부분은 동해 및 세굴로 인해 15~20cm 깊이로 파손되어 골재가 노출되어 있었다. 파손된 부위의 골재는 손으로 떨어져 나갈 정도로



열화되어 있었다. 압축강도 또한  $61.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 강도가 아주 작았다. 따라서 보수가 필요하다. 제체쪽의 옹벽은 양호하였다. 급류부 옹벽은 옹벽 밑부분이 세굴에 의해 군데군데 파손되어 있으나 미미한 수준이고, 중앙부 위에 3cm의 측방이동이 있었다. 급류부 바닥은 폭 1.0cm의 균열이 전면적에 종으로 발달해 있었고, 끝부근에 2~3군데에서 누수가 있었다. 정수지의 상태는 양호하였으며 유출수로의 시작부분에 파손과 함몰 부분이 있었다.

압축강도 조사결과는 옹벽부가  $152.3\sim 183.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 비교적 양호하였으며 물넘이 정정부도  $158.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 비교적 양호하였다.

## ② 취수부

권양장치의 작동상태는 정상적이었고, 구조물도 뚜렷한 이상현상없이 유지, 관리되고 있었다. 압축강도는  $104.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 설계치보다 많이 저하되어 있었다. 통관부의 상태는 양호하였다. 그러나 유출수로의 한쪽 사면은 찰쌓기의 모르타르가 유실되어 돌만 남은 상태이고 다른 한 사면의 옹벽부는 밑부분이  $4\times 0.25\text{m}$  정도가 떨어져 나온 상태였다. 이에 대한 보수가 필요하다.

## ③ 연락교량

취수탑과 제체를 잇는 다리로서 한군데 파손부위가 있으나 미미한 상태고, 교량의 교대 부분을 지지하는 기초 아래 부분의 흙이 유실되었는데 더욱 깊숙히 유실되는 것을 막기 위한 보수가 필요하다.

## (20) 산암 저수지

### (가) 제체부

제정으로 차량이 통행하고 있으며 상주 관리인은 없으며 인근에 출장소가 있다. 상류사면의 보호 상태는 사석공이며 물가면의 침식 상태는 양호하고 식생은 1년생 식물이 다수 분포하고 있다. 그 외 침하, 물가면의 찌꺼기,

동물의 굴은 보이지 않는다. 제체의 이동 징조는 없으며 침윤 및 습윤상태는 없다. 식생은 소단 밑부분에 녁쿨이 아주 많이 존재하고 있으며 사면 보호 상태는 양호하다.

(나) 구조물부

① 여수토부

산지에 위치하여 제체나 구조물의 기울기가 가파른 저수지로서 평가 결과 양호하다고 판정되었다. 그러나 급류부를 제외한 부분만의 평가이기 때문에 차후에 재조사가 필요하다. 많은 노후화증상을 보일 것으로 예상된 급류부 조사가 급경사와 월류로 인해 접근이 불가능하여 조사가 되지 못했다. 조사 부분중 제체편 옹벽부는 보수가 필요하다고 판단된다

물넘이 정정부부는 일부 소규모 파손된 부분(30×20×20cm)이 있으나 안전상의 영향은 없을 것으로 판단되며 에이프런 부분과 제체반대편 옹벽의 상태는 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 제체편 옹벽에 폭 0.5~1cm의 횡균열과 종균열이 발생되어 있었고, 종균열 부분은 약 1cm의 측방이동과 백화현상 및 적시는 정도의 누수가 발생하고 있었다. 균열의 상태는 심각하다고 판단되며 보수가 요구되어 진다. 급류부 부분은 접근이 불가능하여 가능한 부분만 육안조사를 실시하였다. 에이프런과의 연결부위가 약 5cm의 수준차이가 발생했으며 옹벽의 밑부분에 세굴에 의한 파괴가 발달했고 철근이 노출된 부위와 옹벽블럭의 측방이동도 관찰되었다. 급류부에 대한 자세한 조사가 필요하다. 지반이 암반지대라 정수지가 따로 없었고 유출수로의 형태도 계곡의 형태를 띠고 있었다.

압축강도의 조사결과 오지부분이 108.2kg/cm<sup>2</sup>로서 설계치에 크게 미흡했으나 옹벽부는 190.0~221.8kg/cm<sup>2</sup>으로 양호한 상태였다. 중성화 깊이도 14.57mm로서 철근의 부식에 영향을 줄 정도의 깊이는 아니었다.

② 연락교량

물넘이부를 횡단하는 교량으로서 특별한 교대나 교각의 지지없이 좌우  
옹벽을 교대로 삼은 것으로 교량의 상태는 양호하였으나 제체쪽 옹벽에 횡  
균열과 함께 옹벽 1/3지점부가 약간 튀어 나와있고, 조인트 주변에 골재가  
노출된 부분은 상당히 열화되어 있었다. 과하중에 의한 균열과 누수에 의한  
동해의 영향으로 판단되며 이에 대한 보수가 필요하다.

## (21) 오남 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호하고 관리는 낚시터 관리인이 담당하고 있으며  
연 2회 육안관찰 보고하고 있다. 상류사면 중앙부의 방괴석이 침하되어 있  
으며 방괴석 중앙의 채움 돌이 세굴되어 있다. 또한 방괴석 하단의 채움도  
불량하다. 물가면의 침식 상태는 좌단연결부의 사면 붕괴가 우려되며 식물  
의 상태는 불량하다. 통관부의 방괴석이 함몰되어 있으며 방괴석의 강도가  
불량하고 입도 또한 불량하다. 소단 하부에 슬라이딩(2×20×0.8m)이 존재한  
다. 폐불임은 불량한 상태이다. 하류쪽 사면 바로 아래에 마을이 존재하며  
소단측구가 매몰되어 강우시 제당의 세굴이 우려된다. 또한 소단부가 5cm  
정도 침하되어 있으며 여수토 옹벽과 제체부의 되메움 상태가 불량하다. 여  
수토 맞은편 옹벽 상부쪽에 측방이동이 60cm 발생되어 있다. 따라서, 본 저  
수지의 제체부는 상,하류사면의 상태가 좋지 않은 편이다. 또한 제체와의 연  
결부에는 측방이동이 발생되어 이의 개선이 요망된다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토부

노후화평가 결과는 중으로 나타났지만 전부분에 걸쳐 백화현상이 발달되  
어 있고, 전반적으로 압축강도가 65~106.5kg/cm<sup>2</sup>으로 낮게 나타나고 있는  
등 비교적 최근(1979)에 시공된 것에 비해서는 노후화 정도가 빠르다고 볼



수 있다.

채취한 코어에 대한 일축압축강도의 경우  $40.6 \sim 49.3 \text{kg/cm}^2$ 으로 아주 적은 값을 나타냈고, 슈미트 해머 결과도 비슷하게 나타나는 등 전반적으로 구조물부위의 상당한 강도저하를 나타내고 있었다.

오지 부분의 경우 조인트부위에 약간의 파손이 있고, 그 외 백화현상 및 마무리재의 유실이 발생하고 있었다. 급류부 옹벽의 경우 심한 백화의 발생 외에 누수가 발생하고 있었고, 급류부 밑부분은 세굴과 동해에 의한 파손이 진행되고 있었다. 급류부 바닥 밑부분의 경우 모르타르가 완전히 유실되어 골재가 드러나 골재와 모래가 분리되어 있는 상태로서 주변에서의 지속적인 누수 등으로 인해 그 진행 정도가 빠를 것으로 판단된다.

중성화 깊이는 12mm로서 현재로서 철근의 부식을 우려할 정도는 아니다. 전반적으로 노후화현상의 확대를 방지하기 위해서는 전술된 부위의 누수나, 파손 등에 대한 보수가 필요하다.

## (22) 왕송 저수지

### (가) 제체부

관리인이 상주하고 있지는 않지만 제체의 관리 상태는 양호하다. 상류측 사면이 전체적으로 침하되어 있다. 그 외 측방이동이나 휨의 징후는 없다. 상류사면의 보호 상태는 불량한 편으로 낚시꾼들이 방괴석을 빼놓아 상당량이 이탈되어 있는 상태이다. 또한 물가면의 침식 상태도 불량하며 상류사면이 전체적으로 침하되어 있다. 제체의 이동 징조는 없으며 여수토에서 36m 지점에 물이 고여 있는 것이 관찰되었다. 곳곳에 구멍이 발견되며 사면 보호는 식생으로 1년생 풀이 많이 자라 있다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토, 구조물부



왕송 저수지는 완공된지 47년이 된 저수지로 전체적으로는 관리가 양호한 것으로 나타났으나 일부분은 안전상 문제를 일으킬 가능성이 있는 것으로 판단되었다.

물넘이 정정부는 모르타르가 일부 떠있는 상태였으며, 물넘이부와 제체 연결부위 옹벽은 균열, 측방이동 및 동해와 세굴 등에 의한 파손이 관찰되었다. 제체 반대편 옹벽은 찰쌓기(wet masonry)로 시공되어 있었는데 약간의 돌과 모르타르의 분리가 있었지만 심한 상태는 아니며, 방수로 바닥부분에 약간의 침식이 존재하였다. 다리 앞부분의 제체쪽 옹벽에 다수의 균열이 발달되어 있었으며 방수로 끝부분 옹벽이 2cm정도의 측방이동되어 있었고 약간의 누수흔적이 있었다. 정수지 측벽은 1.5×2×0.2m 크기의 파손이 있었으며 골재가 노출되어 있었고 약간의 누수도 관찰되었다. 전반적으로는 옹벽과 방수로 바닥에 큰 파손부위는 없었으며, 대체적으로 양호하였으나 물넘이부와 제체 연결옹벽은 현재의 이상현상의 상태로 보아 안전상 문제가 발생될 수 있으므로 보수가 필요하다고 판단된다.

강도조사 결과는 옹벽 130~151.5kg/cm<sup>2</sup>으로서 설계치와 비교하여 심한 강도의 저하는 발생하지 않은 것으로 나타났으며 물넘이 바닥부분은 60~70 kg/cm<sup>2</sup>으로서 심한 강도의 저하를 보이고 있다. 그러나 바닥부분은 표면상태가 고르지 않아 슈미트 해머의 값에 대한 오차가 있었으리라 추정되며, 표면상태가 양호해서 안전상의 문제는 없으리라 판단된다.

중성화 시험결과 중성화 깊이가 평균 39.08mm로서 상당히 깊게 중성화가 진행되어 있었으며 중성화 깊이에 근거하여 이론상 추정된 구조물 사용년한은 약 30년으로서 상당히 노후화되어 있음을 알 수 있다. 사용기간 중 한번도 보수가 안된 구조물의 경우는 그 이상현상의 진행상황을 파악해 보수를 해야 할 것이다.

## ② 물넘이부와 제체연결 옹벽

가장 취약하다고 판단되는 부분으로서 육안관찰로서는 상당히 노후화되어 있음을 판단할 수 있고, 균열이 폭 0.3cm, 길이3m로 발달해 있고, 2cm정도 바깥으로 밀려나 있으며, 보강한 부분도 균열이 폭 0.3cm로 발달되어 있었다. 또한 계속적인 물의 흐름으로 인해 동해 및 세굴의 작용으로 8cm×1m×15cm의 크기로 파손되어 있었다. 이 부분은 파괴가 진행 중인 것으로 판단되며 이상현상의 진행정도를 파악하여 보수를 해야 할 것으로 판단된다.

### ③ 연락교량

물넘이부를 횡단하는 교량으로 옹벽부를 교대로서 사용하는 구조로서 이상현상은 발견되지 않았으며 콘크리트의 압축강도도 186.3kg/cm<sup>2</sup>로서 비교적 양호한 것으로 판단된다.

## (23) 용풍 저수지

### (가) 제체부

외관은 양호하며 관리인이 상주하고 있다. 상류 쪽에 평균 0.2m 정도 전체적으로 침하되어 있으며 그 외 측방이동, 휨은 관찰되지 않는다. 제체의 이동 징조는 보이지 않는다. 또한 침윤 상태나 습윤한 지역은 보이지 않으며 식물은 1년생 및 다년생 잡초가 존재한다. 동물의 구멍은 아주 많이 존재하며 사면의 떼붙임 상태는 양호하고 비정상적인 조건은 없다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토, 물넘이부

규모가 적은 소규모 저수지로 관리, 보수가 양호하다. 시공한지 36년이 경과하는 동안 일부를 제외하고는 모두 보수가 이루어진 상태이기 때문에 전반적으로 양호하였다. 그러나 물넘이 접근수로 부분의 제체 반대쪽 옹벽이 보수가 안된 상태로 유지되어 노후화현상이 심하므로 보수가 필요하다.

물넘이 접근수로의 옹벽에는 일부(1×1×0.2m)의 침하 및 폭 2.5cm의 균열, 3cm의 측방이동 등 이상현상이 심각하여 거의 파괴에 이르고 있었다. 압축강도도 58.7~115.0kg/cm<sup>2</sup>으로 크게 저하된 것으로 나타났다.

물넘이부의 정정부는 소규모의 백화현상과 모르타르로 덧씌운 부분의 균열이 관찰되나 기능상, 안전상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 압축강도는 130.2kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 양호하였으며, 바닥부분의 상태는 콘크리트 표면이 약간 거칠은 정도로서 파손부위는 없었다. 바닥의 정수지 연결부분에 폭 0.2mm, 길이 5m정도의 횡방향 균열이 있었다. 옹벽부는 높이가 낮았으며 찰쌓기 형식으로 시공되어 있었으며 밑부분은 높이 50cm, 폭 30cm의 작은 옹벽으로 보강되어 있었고 상태는 양호하였다. 압축강도도 187.5kg/cm<sup>2</sup>으로 양호하였다. 그러나 유출수로의 보호사면 높이가 낮은 반면 유출수로에 갈대류의 초본식물이 1.5m 크기로 뻗뻗하여 통수단면의 감소가 예상되므로 제거는 필요하다.

중성화 실험은 접근수로 옹벽에 대해서 실시하였는데 39.53mm로 이론적으로 추정된 구조물 사용년한이 21년으로 계산되었다. 이러한 중성화 깊이는 부분적으로 철근의 부식이 되었을 가능성이 큰 것으로 판단되므로 접근수로 옹벽에 대한 보수가 필요하다.

#### (24) 원당 저수지

##### (가) 제체부

제체의 관리상태는 양호하며 상주인은 없다. 상류사면의 보호 상태는 방괴석의 물가면이 곡선을 이루고 있으며 사석공의 시공상 제체 가운데 부분이 불룩한 상태이다. 물가면의 침식상태는 양호하며 식생은 1년생 식물이 다수 분포하고 있다. 침하는 중앙 부분에서 방괴석 윗부분에 발생되어 있으며 그 외 물가면의 찌꺼기, 동물의 굴은 보이지 않는다. 비정상적인 조건으



로 중앙에 가두리 양식장이 있으며 인근에는 군부대가 주둔하고 있고, 통관 속 물이 코어의 흔적으로 적색계통의 색을 띠고 있다.

(나) 구조물부

① 여수토부

원암저수지는 노후화평가 결과는 중으로 나타났으나 뚜렷한 증상을 보이는 부분은 없었다. 비교적 최근에 시공된 저수지로서 현재까지는 양호하게 유지되고 있었다.

물넘이부와 에이프런부, 제체반대편 옹벽 등은 약간의 백화 및 미미한 누수 이외에는 노후화증상이 없었으나 제체편 옹벽에는 폭 0.8cm의 종균열이 발달해 있었고 약 2cm정도 측방이동되어 있었다. 그 밖의 노후화증상은 없었다. 급류부의 경우는 3곳에서 누수가 이루어지고 있었는데 그 양은 표면을 적서 흐르는 정도였고 각기 7cm와 2cm정도 측방이동된 블럭이 있었다. 이러한 현상은 국부적으로 일어나 있고 그 외의 부분이 양호하게 유지되고 있어 현재로선 문제를 일으킬 수준은 아니라고 판단된다. 정수지 및 유출수로도 양호하게 유지되고 있었다. 강도의 경우, 옹벽은 244~300.8kg/cm<sup>2</sup>으로 아주 우수하였으나 급류부 바닥의 경우는 118.7kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 심한 강도의 저하를 나타내고 있었다.

② 통관, 취수부

통관의 경우는 거의 접근이 어려울 정도로 인적의 접근이 없었으나 수문이나 기타 구조물의 상태등은 양호하였다. 코어 등의 흙의 유실의 흔적도 없었고 압축강도도 195.3kg/cm<sup>2</sup>으로 양호하게 유지되고 있었다.

(25) 원천 저수지

(가) 제체부

제체의 관리 상태는 양호한 편이며 관리인이 상주하고 있으며 매일매일



관리일지를 기록하고 있다. 상류측 여성토에 표면 균열이 있는 것을 제외하고는 대체로 정정부 상태는 양호하다. 최근 사석보호부를 재시공하였고 일부는 여성하였다.

(나) 구조물부

① 여수토, 물넘이부

원천저수지의 노후화평가의 결과는 중으로 나타났다. 최근에 옹벽이나, 물넘이 바닥, 여수토 횡단교량 부분을 새로이 보수하여 양호한 상태로 유지 관리되고 있었다.

옹벽부, 물넘이 바닥부 등의 상태는 약간의 백화현상만 있을 뿐 그 외 노후화증상이 없이 상당히 양호한 상태였다. 급류부 바닥의 끝부분이 동해에 의해 표면의 골재가 드러나고 1×0.5m 넓이로 철근이 노출된 지점이 있었으나 큰 문제를 일으킬 수준은 아니라 판단된다. 정수지의 관리상태는 비교적 불량하였는데 측벽부분에 철근의 노출 및 파손과 동해에 의한 피해부위가 발견되었다. 일축압축강도의 경우 급류부, 에이프런부는 112.8kg/cm<sup>2</sup>으로 강도가 저하가 큰 편이나 급류부 바닥의 경우는 유원지인 관계로 암반위에다 미관상 설치한 것이라는 설명을 참조하면 노후화증상으로 볼 수는 없다. 옹벽의 경우는 191.1kg/cm<sup>2</sup>으로 상당히 양호하게 유지되고 있었다.

파손부위나 골재가 노출된 부위가 심한 것은 아니나 관광지라는 점을 볼 때, 미관상 보수를 고려할 필요는 있다.

중성화 깊이는 18.80mm로서 아직은 철근을 부식시킬 정도의 깊이는 아니므로 콘크리트의 열화정도가 상대적으로 낮다고 볼 수 있다.

② 취수부, 통관

취수탑의 경우는 표면의 열화만 일부 일어난 상태로 우려할 만한 파손부위 등은 발견되지 않았다. 압축강도도 147.5kg/cm<sup>2</sup>으로 비교적 양호하게 유지, 관리되고 있었다.

### ③ 연락교량

최근에 시공한 것으로 구조적인 상태나 압축강도, 표면상태 등은 양호하게 유지되고 있었다. 그러나 월류가 심하게 될 경우, 교량 밑의 통관의 통수능력이 모자라서 교량위까지 물이 넘친 적이 있는 것을 감안하여 통수능력에 대한 점검이 필요하다.

#### (26) 이동 저수지

##### (가) 제체부

관리인이 상주하여 연 2회 정도의 풀깎기 및 제체의 개략적인 육안 관찰을 보고하고 있다. 당초 도면에 있는 하류사면의 도로는 없으며, 제체의 시점부는 안성~진천 간의 지방도의 확장으로 당초 계획보다는 상당히 도로부분에 포함된 것으로 보였다. 제당의 축조시 당초 사면의 계획고보다 약 0.8~1.0m 정도 여성된 것으로 나타났다. 사면 중앙부가 전체적으로 15×5.0×0.2m 정도 침하된 것으로 나타났다. 소단부가 당초 보다 약 0.8m 정도 침하된 것으로 나타나고 있다. 취수탑 토구에서는 코어재로 보이는 붉은 점토가 매년 50cm 퇴적되고 있으며 토구측 사면에는 코어재의 유실로 인한 침하로 예상되는 부분에 슬라이딩이 발생하고 있어(10.0×10.0×0.5m) 보수가 시급한 실정이다. 여수토나 여수토 옹벽은 심한 백화 현상, 누수현상, 균열, 연결조인트 이동 등 보수가 시급하며 제체의 안전에도 문제가 심각한 것으로 나타나고 있다. 특히, 종방향으로 발달된 균열은 크기가 3.0~5.0mm 정도로 아주 심각한 것으로 나타나고 있다. 여수토와 제체의 연결부분에서 약 0.2~0.06cc/sec 정도의 누수가 있었다.

##### (나) 구조물부

###### ① 여수토부

일반 소규모 저수지의 측수로식 여수토와는 달리 수문형식의 구조물이었

다. 평가결과는 중으로 평가되었지만 문비기둥 및 오지 등의 노후화가 심각해 이에 대한 보수가 시급하다고 판단된다. 주요 구조물은 문비구조물로서 교량과 붙여서 시공되어 있는 형식으로 문비 산쪽의 양안 부분과 제체와의 연결부위도 누수 등의 이상증상은 보이지 않았다. 압축강도도  $166.9\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 비교적 양호한 값을 유지하고 있었다. 물넘이의 오지부분의 노후화는 심한 상태로 전체적으로 파손되어 패여 있는 부위가 많았고, 골재가 노출되어 있었다. 또한 패인 부분으로부터의 누수 또한 심각하게 발생하고 있었다. 수문을 지탱하는 문비의 기둥은 대부분의 기둥에서  $2 \times 1\text{m}$  넓이 등을 비롯해 파손부위가 크고 심각해 시급한 보수가 필요하다고 판단된다. 이러한 파손은 수문에서 계속적으로 발생하는 누수에 의한 동해의 영향으로 분석되며 그 진행정도가 빠르므로 이에 대한 주의도 또한 필요하다. 정수지의 경우는 일부 파손된 부위를 제외하고는 최근에 시공한 관계로 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 연락교량의 경우, 산쪽 연결지점에 부분적 파괴 및 약 10cm의 침하와 함께 폭 0.5cm, 길이 3m의 균열이 횡방향으로 발생되어 있었다. 침하는 교대 전체의 침하로 보기는 힘들며, 일부분의 국부적인 침하로서, 문제를 일으킬 소지는 없는 것으로 판단된다.

중성화 깊이는 11.17mm로서 구조물의 내구성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 현재까지는 중성화에 의한 철근부식의 가능성은 없는 것으로 보인다.

## ② 취수부

취수탑의 경우 앞부분의 극히 일부분에 푸석거릴 정도로 골재의 연약화가 진행되어 있지만 그 외의 뚜렷한 이상현상은 없으며, 수문의 작동상태도 양호하게 유지되고 있었다. 압축강도도  $168.3\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로서 비교적 양호한 값을 나타내고 있으며, 통관의 출구부분도 밸브 형식으로 정상작동되고 있었고, 유출수로의 경우도 양호하게 유지되고 있었다.



### ③ 연락교량

문비 구조물의 바로 측면에 시공되어 있으며 양호하게 유지, 관리되고 있었다.

#### (27) 인산 저수지

##### (가) 제체부

제체의 관리상태는 양호하며 상주인은 없다. 하류측 제체의 상태는 육안으로 보아 다소 불룩한 상태이며 침윤상태나 습윤한 지역은 없다. 식물의 생태는 식생 정돈이 잘 되어 있으며 1년생 및 다년생 초본이 분포되어 있고 가운데는 억센 풀이 자라 있다. 구멍은 많이 분포하고 있으며 떼붙임 상태는 양호하다.

##### (나) 구조물부

###### ① 여수토부

저수지 노후화평가의 결과는 중으로 나타났다. 제체반대편 옹벽과 급류부 바닥이 노후화증상을 보이고 있는데 노후화 부분의 확장방지 및 기능상, 안전상 보수가 필요하다.

물넘이 정정부는 마무리재에 균열과 밑부분의 모르타르가 3m정도 세굴되어 있으나 전반적인 상태는 양호하게 유지되고 있었다. 제체반대편 옹벽의 경우는 10×3m의 넓이에 미세한 균열과 함께 백화현상이 발달해 있는 등 여러 군데에 백화현상이 발생되어 있었다. 급류부 옹벽부의 경우 시작지점에 약 10cm 정도의 측방이동과 전반적인 백화현상이 발생되어 있었다. 급류부 바닥의 경우 시작부에 약간의 침하가 있었고, 폭 0.3m의 균열이 바닥 전반에 횡으로 발달되어 있었으며 전반적인 세굴에 의한 파손부위가 많았다. 콘크리트의 상태도 상당히 연약화되어 있었는데 이는 지속적인 동해의 영향으로 판단되며 압축강도도 98.4kg/cm<sup>2</sup>으로 저하되어 있는 등 노후화증



상이 뚜렷하므로 이에 대한 보수가 필요하다. 정수지는 시작부에  $1.5 \times 0.15 \times 0.15\text{m}$ 의 세굴부위와 약간의 백화현상이 있는 수준이었다. 콘크리트의 강도는 급류부 바닥을 제외하고는  $154.7 \sim 221.1\text{kg/cm}^2$ 으로 양호하게 유지되고 있었다.

## ② 통관

통관출수 측면에 누수에 의해 흙의 유실이 발생하고 있었으나 심한 상태는 아니었고, 구조물의 일반적인 상태도 양호하게 유지되고 있었다.

### (28) 장계 저수지

#### (가) 제체부

제체의 관리상태는 양호하며 관리인이 상주하고 있다. 정정부를 설계보다  $0.4 \sim 0.5\text{m}$  여성하였고 취수탑부로 갈수록 단면이 높아진다. 상류사면의 보호상태, 물가면의 침식상태는 양호하며 1년생 식물이 분포하고 있다. 사면 보호상태는 아주 불량한데 길이  $1\text{m}$ , 폭  $30 \sim 40\text{cm}$ , 깊이  $10\text{cm}$ 인 구멍이 최소 5곳 이상 발견된다. 비정상적인 조건으로는 여수토 측면에 있는 하류사면에 돌붙임 시공이 되어 있다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토부

노후화평가의 결과는 증으로 나타났으나 비교적 최근에 시공했다는 점을 고려한다면 노후화 속도는 큰 편으로 판단된다. 전반적인 면에서 뚜렷하게 노후화 증상을 보여 안전상 위험하다고 판단된 부분은 없으나 일부의 노후화 부분에 대해서는 보수가 필요하다.

물넘이부의 경우 백화현상과 일부 표면재의 박리와 함께 경미한 골재노출과 누수가 발생해 있었으나 국부적인 것이었으며 그 외 부분의 상태는 양호하였다. 압축강도는 오지 부분의 경우  $83.5\text{kg/cm}^2$ 으로 크게 저하되어 있

었다. 노후화현상의 확대를 방지하기 위한 보수는 필요하다. 제체쪽 옹벽의 경우 마무리재의 이탈 및 백화현상이 발생하고 있었고, 골재의 열화가 진행되고 있었다. 그 외의 급류부 옹벽이나 급류부 바닥등의 상태는 양호하며 압축강도도 187~133.3kg/cm<sup>2</sup>으로 양호한 값을 나타냈다.

### ② 취수탑

일반적인 구조적 상태나 표면상태는 양호하였고, 압축강도도 160.8 kg/cm<sup>2</sup>로 비교적 양호하게 유지되고 있었다. 권양장치의 작동상태 등도 정상적이었다.

### ③ 연락교량

난간으로 사용되는 철물의 상태가 약간 녹이 슬어 있었고, 압축강도가 106.9kg/cm<sup>2</sup>으로 저하되어 있었으나 일반적인 구조적인 상태나 그 외의 노후화 증상이 발견되지 않는 점을 고려하면 안전상, 기능상의 문제점은 없을 것으로 판단된다.

## (29) 장흥 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리상태는 양호하고 상주 관리인이 수시로 점검하고 있다. 상류 사면 방괴석의 일부가 교란되어 있는 상태이며 물가면의 침식상태는 양호하다. 제체의 이동징조는 없으며 소단 아래 부분이 습윤하다(약 50m정도). 식물의 생태는 1년생 및 다년생 식물이 분포하며 구멍은 직경 2~4cm 정도가 5~6개 분포하고 있다.

### (나) 구조물부

#### ① 여수토부

장흥저수지는 비교적 최근에 시공한 저수지로 전반적으로 양호하게 유지, 관리되고 있는 상태로서 두드러진 노후화현상은 발견되지 않았다. 그러

나 지속적인 사용과 노후화현상의 확대를 방지하기 위해서 유출수로 부분의 슬라이딩 등 일부 관찰된 노후화현상에 대한 보수는 필요하다고 본다.

물넘이 오지 부분, 에이프런 부분, 제체편 옹벽이나 제체 반대편 옹벽 등에는 작은 크기의 백화현상과 파손 등이 있으나 문제를 일으킬 정도는 아니며 급류부 바닥은 폭 0.2m, 길이 10m의 종균열 등 비슷한 크기의 균열이 4개 발생해 있었다. 유출수로 시작부의 양쪽 사면이 4m구간에 40cm의 침하를 이루며 슬라이딩되어 있었다. 이는 방류되는 물의 와류에 의한 것으로 판단되며 진행여부에 따라 보수가 필요하다.

중성화 깊이가 15.13mm로서 철근의 부식을 염려할 정도는 아니나 중성화 속도가 2.5mm/년으로서 상당히 크므로 중성화의 진행 여부에 주의할 필요가 있다.

## ② 교량

여수토 횡단교량과 취수탑 연락교량이 있었다. 연락교량의 경우 양호한 상태로 유지되고 있었으나, 여수토 횡단교량의 경우는 교대의 좌우측부분이 침하(6~8cm) 및 측방이동(1~5cm) 등의 현상을 보이며 도로의 흙의 유실과 침하를 발생시키고 있었는데 구조물에 대한 직접적인 영향은 없으리라 판단되나 지속적인 도로의 토사유실과 침하를 유발시킬 가능성이 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

## ③ 취수부

양호하게 유지, 관리되고 있었다. 1개의 권양장치가 작동불량 상태였다. 이에 대한 보수가 필요하다.

## (30) 청용 저수지

### (가) 제체부

제체의 관리상태는 양호하며 관리인이 상주하고 있다. 차량 통행으로 제



당의 내측사면이 침하되어 있으며 제당은 0.3~0.4m 정도 여성되어 있다. 상류사면의 보호상태는 대체로 양호하다. 또한 물가면의 침식상태는 양호하고 1년생 식물이 분포하고 있으며 침하, 물가면의 찌꺼기, 동물의 굴 및 비정상적인 조건은 보이지 않는다. 제체의 이동 징조는 없으며 침윤상태나 습윤한 지역 또한 없다. 여수토 옹벽 양쪽에 누수가 되고 있으며, 그 양은 약 150cc/sec, 70cc/sec이다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토부

산지에 위치하여 제체의 높이가 높은 관계로 급류부의 경사가 급한 저수지로 일부분의 노후화현상을 제외하고는 비교적 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 기존의 월류식 여수토를 최근에 수문형식으로 개조하여, 개조한 부분의 상태는 양호하였으나 급류부 바닥과 제체반대편 옹벽이 비교적 심한 노후화현상을 나타내고 있었다.

제체 반대편 옹벽은 문비의 기둥 및 다리의 교대 역할을 하는 구조로 심한 누수와 함께 철근노출, 표면상태의 연약화가 비교적 심하게 발생되어 있는 상태로 압축강도도  $56.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로의 저하를 보이고 있다. 이는 계속적인 누수에 의해 동해의 영향이 컸을 것으로 판단된다. 누수는 제체에서의 누수가 아닌 주변 지하수위의 영향이라고 판단되나 이에 대한 보수는 필요하다. 제체편 옹벽도 누수에 의해 흠이 유실되고 있는 것이 관찰되었다. 급류부 바닥의 경우는 부분파괴와 철근노출, 그 외에 바닥용기, 압축강도의 저하, 균열 등 뚜렷한 노후화현상을 나타내고 있었다. 이는 급경사에 의한 심한 부압에 의한 영향으로 판단되며 이에 대한 보수가 필요하다.

중성화 깊이는 실험결과 13.93mm로서 철근의 부식을 통한 우려할 만한 구조물의 내구성 저하를 일으키는 수치는 아니라고 판단된다.

##### ② 통관



전반적으로 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 부분적으로 백화현상이 존재하는 것을 제외하고는 파손부위나 콘트리트 열화 등의 진행은 없었으며, 압축강도도  $175\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 양호하였다.

### (31) 홍중 저수지

#### (가) 제체부

외관은 불량하며 상주관리인은 없다. 상류사면쪽에 평균 0.2m정도 전체적으로 침하되어 있으며 그 외의 측방이동, 휨은 관찰되지 않는다. 흙과 접촉하고 있는 부분의 방괴석이 상당히 교란되어 있으며 전체 방괴석 중 30% 정도가 이탈되어 있다. 식물은 1년생 및 다년생이 분포되어 있으며 상류부 통관부위가 부분침하(길이 4m, 깊이 0.5m)되어 있다. 하류사면의 가운데 부분이 약간 블록해 보인다. 식물은 1년생 및 다년생 잡초가 존재하며 동물의 구멍은 보이지 않는다.

전반적으로 본 저수지는 관리상태가 아주 불량하다. 그리고 상류부의 방괴석 이탈이 심하며 육안으로 하류부가 블록한 상태이다. 그 외의 부분은 대체로 양호한 상태이다.

#### (나) 구조물부

##### ① 여수토, 물넘이부

규모가 적은 저수지로 대부분이 새로이 보수를 한 상태라 전반적인 구조물 관리상태는 비교적 양호하게 유지, 관리되고 있었다. 제체 반대편 옹벽이 일부분 찰쌓기 형식으로 시공되어 있는 특징이 있었다.

물넘이부 접근수로 주변사면에 인공돌붙임의 유실흔적과 소규모의 슬라이딩이 일어났으나 기능 및 안전상의 큰 문제는 없으리라 판단된다. 물넘이 정정부와 제체쪽 연결부위 옹벽은 조인트 부분에서 3cm 정도의 측방이동이 발생해 있었으며 일부가 세굴로 인해 파손되어 있었으나 심한 상태는 아니

었다. 그러나 측방이동의 진행여부에 따라 보수가 필요하다고 판단된다. 물  
넘이 정정부나 오지 부분의 상태는 양호하였으나 물넘이 바닥부는 전반적으  
로 골재가 노출되어 모래나 자갈이 쉽게 떨어져 나가는 부분이 있었으며 조  
인트부 주변에 약간의 파손이 있었다. 급류부 옹벽은 밑부분에 바닥과 접하  
는 부분이 파손되어 골재가 노출되어 있는 부분이 있었으나 미미한 수준으  
로 판단된다. 급류부 바닥은 폭 0.5cm, 길이 3m의 균열이 있었으나 문제를  
일으킬 수준은 아니라 생각된다.

압축강도는 옹벽부가  $174\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 비교적 양호하였으며 물넘이 정정  
부나 바닥은 설계강도 이상으로 측정되었다.

중성화 깊이는 11.23mm로 구조물의 피복두께에 비한다면 양호한 것으로  
판단된다.

## ② 연락교량

여수도를 횡단하는 소규모의 교량으로 사람의 횡단용으로 시공된 것으로  
콘크리트의 상태나 철물의 상태 등이 양호하게 유지되고 있었다.

## 2. 현장조사 결과 분석

31개 저수지 조사 결과(산정 저수지는 육안 관찰로 제외) <표6-1>에서  
와 같이 제체누수가 발생하고 있는 저수지는 12개소로 39%, 제체 침하가 발  
생한 저수지는 11개소로 36%를 나타내고 있다.

구조물부의 경우 누수가 발생되고 있는 저수지는 21개소로 전체 조사된  
저수지의 68%에 해당되며, 백화현상은 18개소인 58%, 세굴 및 동해에 의해  
철근이 노출된 곳은 22개소로 71%, 그리고 코어재의 유실이 일어난 곳은 3  
군데로 10%이다.

31개 저수지 현장조사 결과 종합하면 <표6-2>와 같다.

<표6-1> 저수지 제체조사 결과

저수지명	제체부		구조물부			
	누수	침하	누수	백화 현상	세굴 및 동해	코어재 유실
고모	×	×	○	×	○	○
고삼	○	○	○	○	×	×
국화	×	×	×	○	○	×
금광	×	×	×	×	×	×
금주	×	×	○	○	○	×
기산(파주)	○	×	○	×	○	×
기산(포천)	○	×	×	○	○	×
기흥	○	×	×	○	×	×
길정	×	○	○	×	×	×
낙생	○	×	○	○	○	×
덕계	○	○	○	○	○	○
덕우	×	○	○	×	○	×
도척	×	×	○	○	○	×
동방	×	○	○	○	○	×
마둔	○	○	○	×	○	×
백운	○	○	○	×	×	×
백화	○	×	○	○	○	×
봉암	○	×	○	×	○	○
성호	×	×	×	×	○	×
신암	×	×	○	○	○	×
오남	×	○	○	○	○	×
왕송	×	○	○	×	○	×
용풍	×	×	×	○	×	×
원당	×	×	○	×	×	×
원천	×	×	×	○	○	×
이동	○	○	○	×	○	×
인산	×	×	×	○	○	×
장계	×	×	○	○	×	×
장흥	×	×	×	○	×	×
청용	○	×	○	○	○	×
홍중	×	○	×	×	○	×



<표6-2> 현장조사 결과 총괄표

동 조	저수지명	제 체 부						구조물		여 토 능력	하류피해				기초암석평가	지진의영향	
		정정부	상류사면	하류사면	연결부위	침윤배수	관리상태	여수토부	취수부		총저수량 $m^3$	높이 m	침투홍수량 $m^3/s$	피해범위 km			준필년 설요도
수화	왕송	중	중	중	상	상	중	중	중	상	1,977,000	4.8	2174.66	6.5	2021	상	상
	원천	상	상	상	상	상	상	상	중	상	2,028,000	11.2	2574.09	4	2075	상	상
	덕우	중	상	중	상	상	상	중	상	상	1,980,000	11.4	2566.05	4	2113	상	상
	동방	중	하	상	상	상	상	중	중	하	1,080,000	5.7	1339.46	3.5	2048	상	상
	낙생	상	중	하	상	하	상	중	중	상	1,490,000	17.2	2734.25	5	2112	상	상
기호	금광	중	상	중	하	상	상	상	상	상	10,590,000	21	5342.98	4	2172	상	상
	고삼	상	상	하	중	상	상	중	상	상	15,224,000	17	3614.17	9	2161	상	상
	이동	상	상	하	하	상	상	중	상	-	17,290,000	18	4017.28	18	2247	상	상
	장계	상	상	중	상	상	상	중	중	상	896,000	23	2451.88	6	2226	상	상
	기홍	상	중	상	중	상	상	중	상	상	10,728,000	14	2523.57	18	2095	상	상
	청용	중	상	상	상	중	상	중	중	상	1,599,000	25	3414.88	6	2126	상	상
	마둔	상	상	하	하	상	상	하	하	중	3,507,000	24	4955.13	11	2121	상	상
홍안	백운	중	상	상	상	중	상	중	중	상	1,629,000	14	2579.32	6	2145	상	상
과주	기산	상	상	중	하	하	상	하	하	상	910,000	22	2116.65	5	2149	상	상
	봉암	상	하	하	상	상	상	상	중	상	931,000	18	2211.02	6.5	2090	상	상
	원당	상	하	하	상	상	상	중	상	상	1,114,000	25	2850.32	8	2077	상	상
	신암	상	상	중	상	상	중	중	상	상	389,000	24	1650.29	7	2141	상	상
	덕계	상	하	중	상	중	상	중	중	상	677,000	26	2266.04	3	2210	상	상
광주	도척	상	상	상	중	상	상	중	상	상	789,000	17	1978.08	3	2111	상	상
	홍중	상	하	중	상	상	하	상	상	중	517,000	9	1165.06	3	2059	상	상
	용풍	상	상	상	상	상	상	중	중	상	732,000	8	1307.02	4	2018	상	상
연천	백화	중	상	중	중	상	하	중	상	1,677,000	13	2521.85	5.5	2207	상	상	
포천	산정	육안조사															
	기산	상	상	하	중	중	상	상	상	상	1,074,000	26	2854.08	4.5	2159	상	상
	금주	중	상	상	상	상	상	중	상	상	748,000	21	2140.63	4.5	2123	상	상
	고모	상	중	중	상	상	하	하	하	상	1,379,000	20	2836.47	4	2320	상	상
양평	오남	상	하	하	중	상	상	중	상	상	3,550,000	30	5573.86	4	2322	상	상
강화	인산	상	상	중	상	상	상	중	중	상	560,000	13	1457.29	3.5	2230	상	상
	국화	중	상	중	중	상	중	상	상	상	1,138,000	16	2304.69	5.3	2279	상	상
	길정	상	상	하	상	상	상	상	상	하	4,689,000	21	5342.98	5.8	2425	상	상
여주	장홍	상	중	하	상	상	상	상	중	상	2,980,000	37	5617.40	5	2449	상	상
이천	성호	상	하	상	상	상	하	상	중	하	926,000	9	1559.22	3	2018	상	상



### 제3절 요약 및 결론

본 장에서는 현장조사의 목적과 범위 그리고 경기도 지역 31개 저수지를 선정하여 현장조사를 실시한 결과를 정리하였으며 그 내용은 다음과 같다.

1. 저수지 현장조사의 목적은 좁게는 제체와 구조물이 인명과 재산에 위협한 해를 끼칠 요소가 있는지를 확인하기 위하여 저수지를 조사 평가하는 것이고, 크게는 안전평가와 함께 부속 시설물이 정상적으로 기능을 유지하고 있는가를 확인하는 것이다.

2. 현장조사의 범위는 저수지 안전에 위협이 되는 구조물부, 제체부에 중점을 두어 조사하였다.

3. 31개 저수지 조사 결과(산정 저수지는 육안 관찰로 제외), 제체누수가 발생하고 있는 저수지는 39%, 제체 침하가 발생한 저수지는 36%를 나타내었고, 구조물부의 경우 누수가 발생되고 있는 저수지는 68%, 백화현상은 58%, 세굴 및 동해에 의해 철근이 노출된 곳은 71%, 그리고 코어재의 유실이 일어난 곳은 10%이다.

## **제3편 노후저수지의 평가시스템의 개발**

### **제7장 농업용 저수지의 데이터베이스 구축**

## 제3편 노후저수지의 평가시스템의 개발

### 제7장 농업용 저수지의 데이터베이스 구축

#### 제1절 서론

데이터 베이스(Database, DB)에 의한 자료관리체계는 종래의 단순한 파일구조에 의한 자료관리개념에서 문제시 되었던 사항을 해결하고자 여러 가지 기능을 공통적으로 활용할 수 있도록 각종자료를 통합·저장하여 다수의 사용자가 각각의 목적에 따라 자료를 효율적으로 이용하는데 목적이 있다.

일반적으로 데이터베이스 구조는 자료의 중복을 최소화하고 자료를 공유하며 자료의 일관성을 유지할 수 있으며, 자료의 표준화 및 자료보안에 의한 자료통제가 가능하고 중앙통제로 자료의 무결성을 유지하여 각종 상층자료의 처리를 전조직 차원에서 조종할 수 있는 장점이 있다.

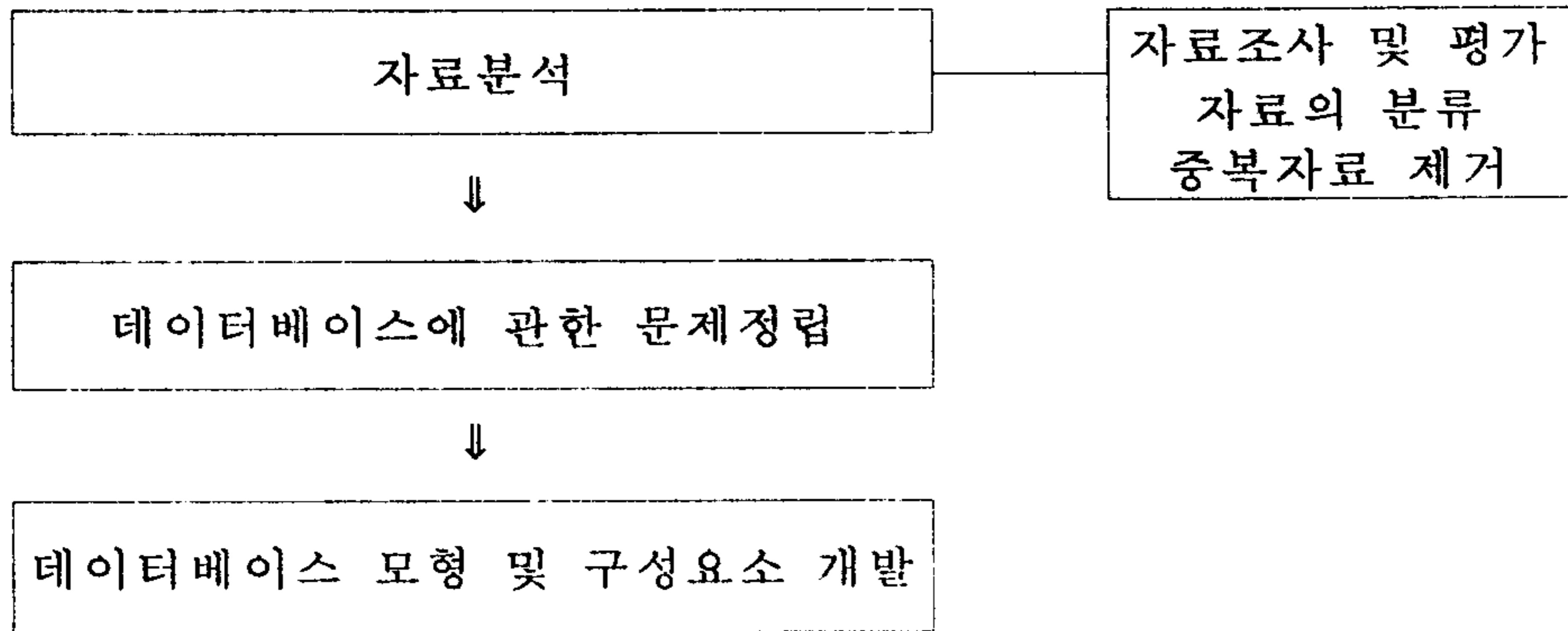
그러나, 데이터베이스에 의한 자료관리 체계는 데이터베이스 구축에 많은 비용 및 기간이 소요되며 부수적인 컴퓨터 시스템 및 기존자료, 그리고 추가되는 자료의 양이 많을 경우엔 방대한 기억용량이 필요하고 처리과정이 복잡하여 손실된 자료의 복구에 많은 노력이 필요하다.

따라서 본 장에서는 저수지 노후화 평가 시스템의 데이터베이스 모델에 대한 기본구상을 살펴보고 그 구성 및 주요부분에 대해 살펴보고자 한다.

#### 제2절 데이터베이스의 기본구상

본 연구의 데이터베이스의 기본구상 과정에서는 저수지 관리분야의 업무 현황분석에서 파악된 사용자의 요구사항을 바탕으로 저수지 관리업무에 이용되는 자료의 분석과 데이터베이스에 관한 문제를 정립하여 저수지 관리분

야의 모든 부서에서 이용할 수 있는 데이터베이스 모델 및 주요 요소를 결정하였다. 본 연구에서 수행한 저수지 노후화 평가 시스템의 데이터베이스 개념설계과정은 (그림 7-1)과 같다.



(그림 7-1) 데이터베이스 개념설계과정

### 제3절 데이터베이스의 구성

#### 1. 기본대장

저수지 기본대장은 해당저수지의 일반현황 및 시설현황으로 구성된다. 기본대장에 포함되는 데이터베이스 항목은 다음 <표 7-1>과 같다.

<표 7-1> 기본대장 데이터베이스 항목

자료그룹	데이터베이스 항목
일반현황	용도, 설치년도, 시행주체, 관리주체, 소유권, 수세, 물리상황, 마을입지, 유역면적, 만수면적, 평균수심, 저수량
시설현황	제당, 여수토폭, 방수로, 통관경, 내제돌붙임, 용수로, 배수로, 보, 도수로

#### 2. 조사대장



조사대장은 저수지의 각 부분에 대한 일상적인 그리고 정기적인 조사항목을 담은 대장으로 저수지 안전에 관련된 부분을 사전에 조사하여 저수지의 안전을 도모하는 것이 목적이다. 조사대장에 포함되는 데이터베이스 항목은 다음 <표 7-2>와 같다.

### 3. 보수대장

보수대장은 저수지를 유지하고 보수하는데 필요한 대장이다. 언제, 어떻게 그리고 어떤 문제점이 해당 저수지에 일어났는지에 대한 상세한 내력을 기록하는 것으로 저수지 관리상 필수적인 내용이다.

보수대장에 포함되는 데이터베이스 항목은 다음 <표 7-3>과 같다.

<표 7-3> 보수대장 데이터베이스 항목

데이터베이스 항목
구조물명, 위치, 작성일자, 보수일자, 보수위치, 보수내용, 평가의견

<표 7-2> 조사대장 데이터베이스 항목

자료그룹	데이터베이스 항목
댐제체부	상류사면
	하류사면
	교대부분
	정정부
	침윤 및 배수상태
	관리상태
이수토부	도수로 및 접근수로 상태
	구조물 통제·조절상태
	급류부
	정수지
취수부	취수부분
	비상통제조절기구
	통관부
	유지관리기구
	정수지
지질	댐 위치
	침출수
	물리적인 특징
	지진
	사면 슬라이드
상류퇴사	퇴사량
	흙의 종류
	부유물
콘크리트 구조물	구조물명, 위치, 작성일자, 작성자, 조사의 종류, 외관 조사, 중성화 시험, 코어 시험, 평가의견

## 제4절 자료의 입력 및 처리

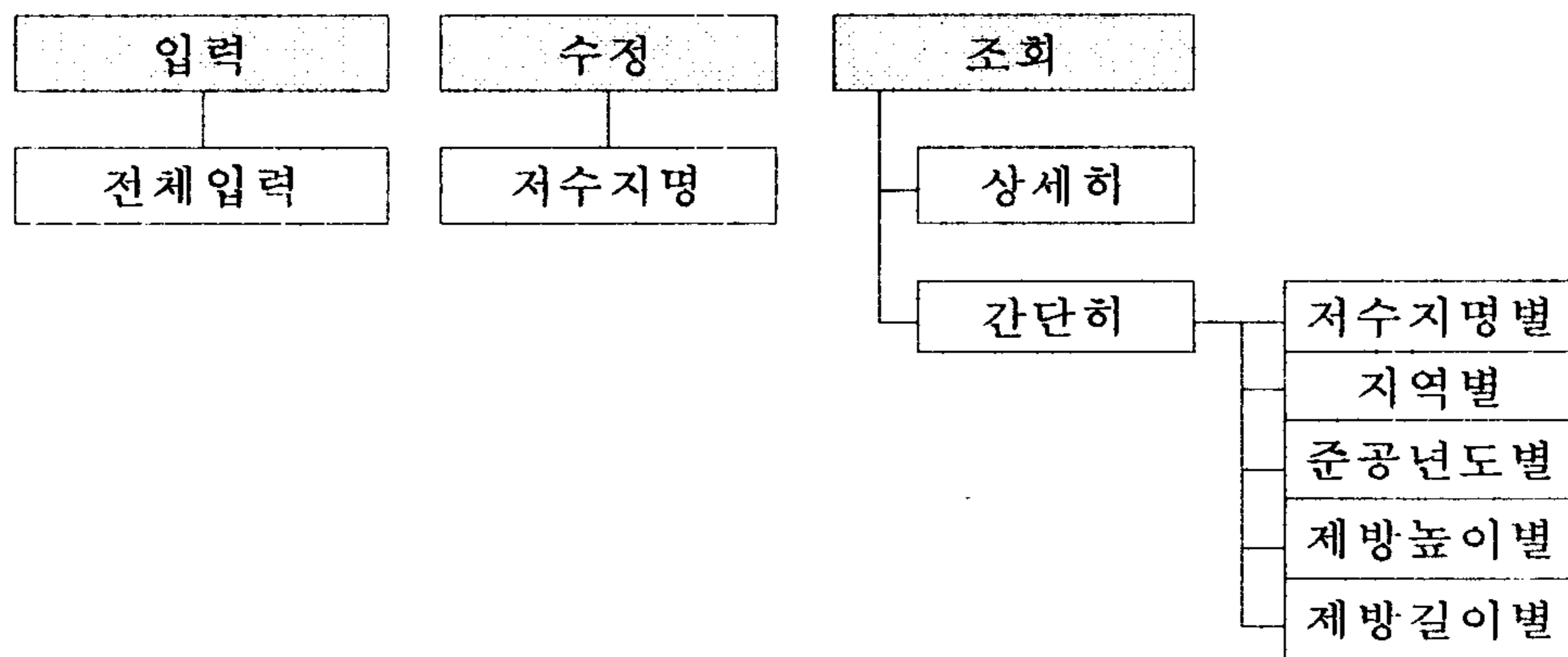
### 1. 입력자료

평가 시스템의 입력자료는 <표 7-4>에 나타난 여러가지 항목들과 해당

기관에서 보관하고 있는 관리대장에 수록된 항목 그리고 기존에 정립된 기준항목 등을 참고로 하여 결정하였다.

## 2. 자료처리시스템

자료처리시스템은 광범위한 자료수집 및 문헌고찰을 통해 정립된 평가 기준을 바탕으로 직접 현장조사된 경기도 지역 31개 저수지(산정저수지는 육안관찰뿐이므로 제외)의 입력자료부분, 수정부분, 조회부분, 인쇄부분에 해당된다. (그림 7-2)에서 알 수 있듯이 입력자료부분은 전체적인 데이터입력으로 필요시 해당 저수지의 주요사진 파일 등을 등록시킬 수 있다. 수정부분은 기 입력된 자료의 수정 및 보완이 필요할 경우 해당 저수지를 불러 자료를 수정할 수 있으며, (그림 7-3)의 조회부분은 저수지명, 지역 및 제방제원별로 각각 해당 저수지의 조사된 부분을 상세히 또는 간단히 조회하는 것이 가능하다. 그리고 인쇄부분은 (그림 7-4)에서와 같이 필요시 저수지 유지관리 지침이나 노후화 평가 기준 등을 인쇄할 수 있으며 해당 항목에 대한 개별 인쇄 또한 가능하다.

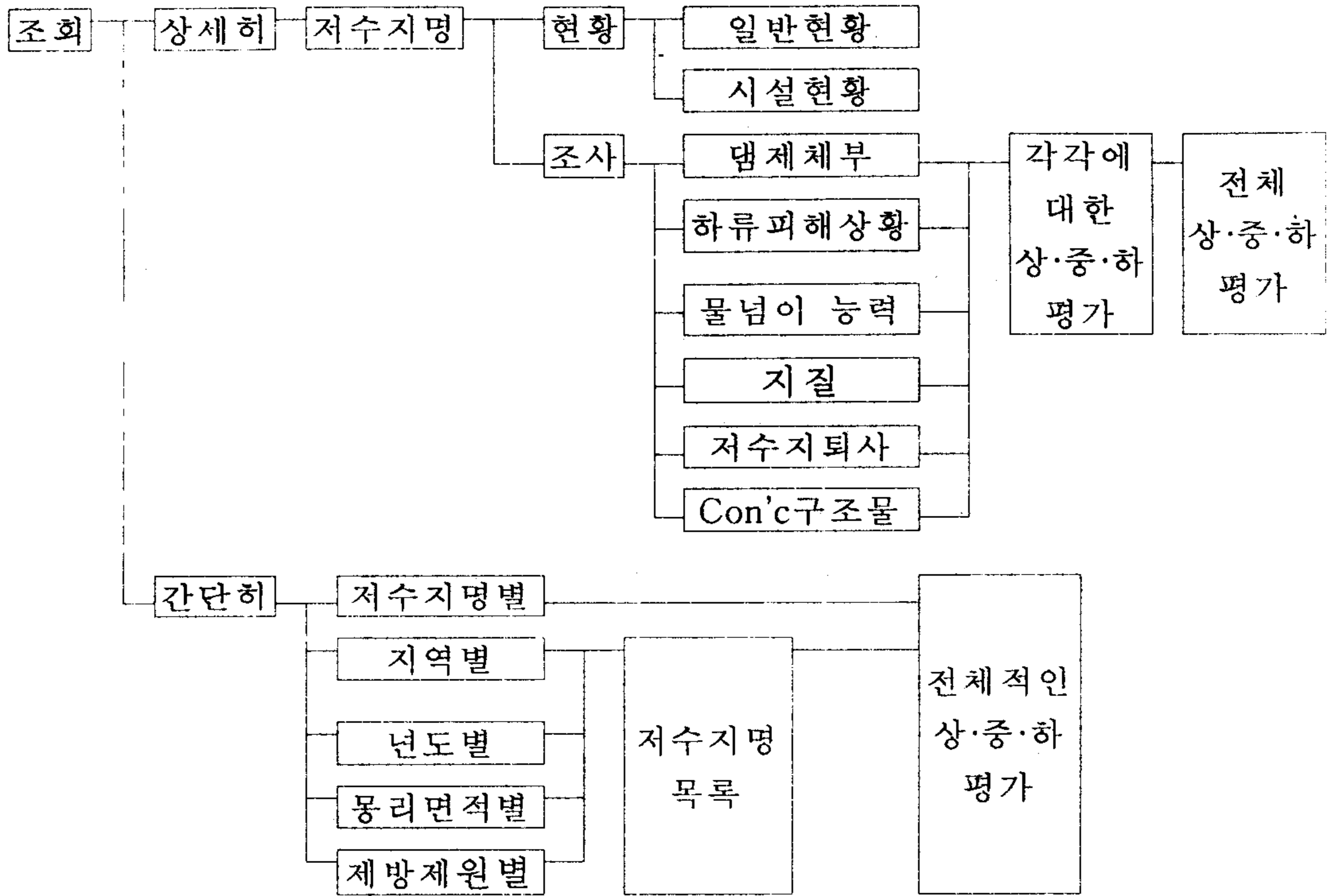


(그림7-2) 자료처리 시스템의 주메뉴 및 부메뉴

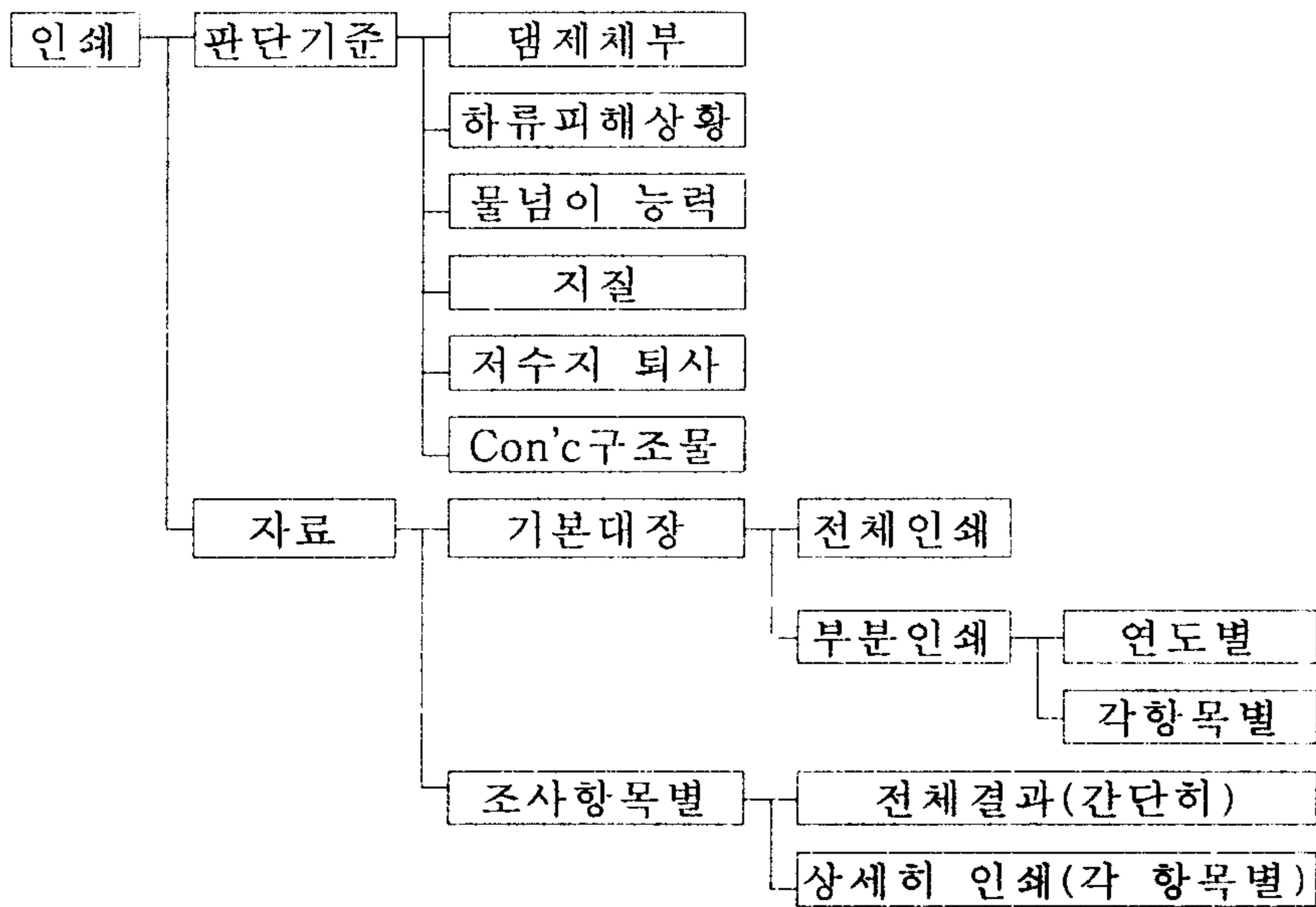
<표 7-4> 프로그램 입력시 고려항목

자료그룹		항목1	항목2
저수지		저수지명, 위치	
기본 대장	일반 현황	용도, 설치년도, 시행주체, 관리주체, 소유권, 수세, 물리상황, 마을입지, 유역면적, 만수면적, 평균수심, 저수량	
	시설 현황	제당, 여수토폭, 방수로, 통관경, 내제돌붙임, 용수로, 배수로, 보, 도수로	
조사 및 관리 대장	댐 체 부	상류사면	사면보호상태, 물가면의 침식상태, 식물생태, 침하, 찌꺼기, 동물의 굴, 비정상적인 조건
		하류사면	제체이동징조, 침윤상태나 습윤지역, 식물생태, 터널화된 굴, 사면보호상태, 동물류의 굴, 비정상적인 조건
		교대부분	침윤상태, 균열·조인트·바닥부분, 터널화, 슬라이딩, 식생, 이동의 징조
		정정부	표면균열, 내구성, 침하, 측방이동, 뿔(움기) 위치, 추정된 누수량, 외관이나 변색된 부분, 유출구의 침식, 상부드레인과 배수정
		침윤 및 배수상태	방법, 양, 흐름의 변화, 흐름의 명료도
		관리상태	식생, 찌꺼기, 수로부근 슬라이딩, 수로주변 사면안정, 사면보호상태
	여수 토부	도수로 및 접근수로 상태	에이프런, 정정부, 벽체, 수문, 연락교량
		구조물 통제·조절상태	측면벽의 찌꺼지, 바닥, 배수측구
		급류부	측벽, 바닥, 유출수로
		정수지	폐기물이나콘크리트폐기 흡수구의 칸막이, 유입부·유입도수로·취수로
	취 수 부	취수부분	취수문, Control, 부속품, 문비
		비상통제조절기구	철제문, 콘크리트, 황기통풍장치, 조명장치
통관부		밸브, 문비, 문비나 밸브 작동시스템	
유지관리기구		벽체, 바닥, 유출수로	
정수지		댐, 여수토, 방수공, 양안, 조인트	
지 질	댐 위치	댐 위치, 하류 수로, 기타	
	침투	Faulting, Clay Seam, Depression, Sink Holes, Dedding Planes, Shear Seam, Solutioning	
	물리적인 특징	표면균열, 지반 경사, 액상화 가능성, 침하, Seiches	
	지진	저수지, 댐위치, 하류 수로, 기타	
산사태(Land slide)	퇴사량		
	흙의 종류		
	부유물		
콘크 리트 구조 물	구보물명, 위치, 작성일자, 작성자, 조사의 종류, 외관조사, 중성화시험, 코어 시험, 평가의견		
	구보물명, 위치, 작성일자, 작성자, 보수일자, 보수위치, 보수내용, 평가의견		
보수대장			





(그림 7-3) 조회 메뉴구성



(그림 7-4) 인쇄 메뉴구성

## 제5절 요약 및 결론

본 장에서는 노후저수지의 평가 시스템 개발을 위한 데이터베이스 구축에 대해 알아보았다. 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 본 연구의 데이터베이스 구상과정은 저수지 관리분야의 업무현황분석에서 파악된 사용자의 요구사항을 바탕으로 저수지 관리업무에 이용되는 자료의 분석, 데이터베이스에 관한 문제를 정립하여 데이터베이스 모델과 주요 요소를 결정하였다.
2. 데이터베이스의 구성은 기본대장, 조사대장, 보수대장 자료로 나뉘어진다.
3. 데이터베이스 구축은 정립된 평가기준을 바탕으로 직접 현장조사된 31개 저수지의 자료를 입력하는 입력부분을 통해 이루어지며 구축된 자료는 평가시스템의 수정 및 조회, 인쇄부분으로 구성되는 자료처리 시스템에 의해 이용된다.

## **제8장 농업용 저수지의 노후화 평가 시스템의 개발**

## 제8장 농업용 저수지의 노후화 평가 시스템의 개발

### 제1절 서론

저수지의 노후화를 효율적으로 평가하기 위해서는 각 저수지 부분들에 대한 상황, 용수상황, 지구포장상황 등 여러 가지 현황에 대한 조사자료가 필요하며 그 결과로부터 효율적인 운영방안이 시행되어야 한다.

이와같은 목적을 위해서는 합리적인 유지관리 및 노후화 기준, 실제 저수지 현장자료의 수집 및 분석, 그리고 이를 바탕으로 한 지원시스템 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 이를 위하여 경기도 지역 31개 저수지를 대상으로 실측조사자료와 기본자료를 바탕으로 저수지의 노후화를 효율적으로 판단하고 관리하기 위해 저수지 노후화 평가 시스템을 개발하였다.

본 장에서는 노후화 평가 시스템의 전체적인 구성과 그 주요 부분에 대해 살펴보고 저수지 노후화에 대한 평가 및 판단에 대해 살펴보고자 한다.

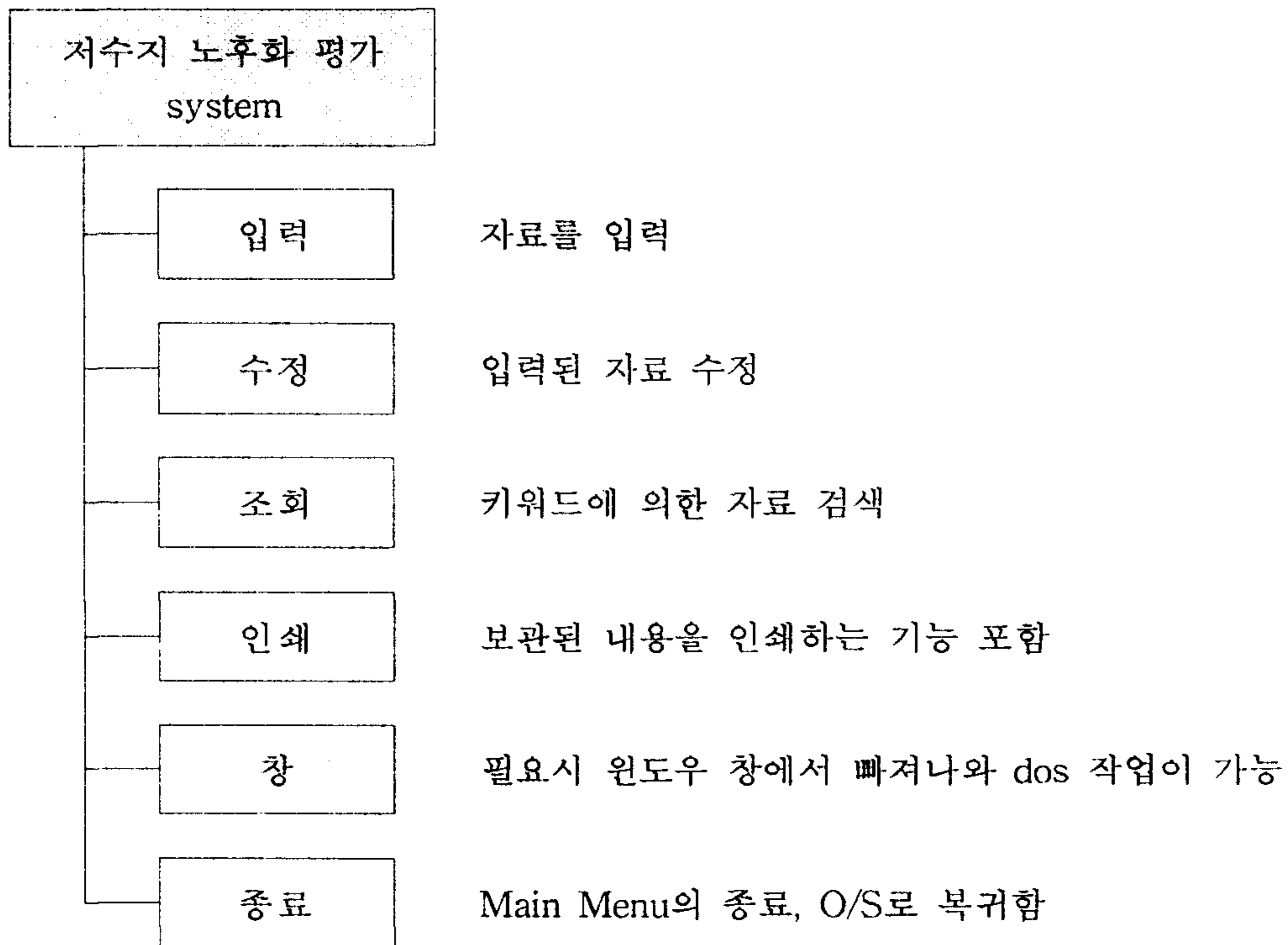
### 제2절 시스템의 전체구성

농업용 저수지의 노후화를 효율적으로 평가하기 위하여 개발된 저수지 노후화 평가 시스템은 윈도우에서 구동되는 시스템으로 사용자의 수준을 고려하여 비전문가라 할지라도 본 시스템을 이용할 수 있도록 메뉴시스템을 활용하고 메뉴를 한글화 하였으며 결과처리는 그래픽을 이용하여 편리하게 활용할 수 있도록 개발하였다. 본 시스템은 386이상의 주메모리 4M이상, 한글윈도우 3.1 이상이 설치되어 있는 IBM PC 및 호환기종이면 실행 가능하다. 개발에 사용된 언어는 비주얼 베이직이며 비주얼 베이직 3.0을 이용하여 컴파일하였다.

본 연구에서 개발된 저수지 노후화 평가 시스템은 (그림 8-1)에서 보는 바와 같이 6개의 주메뉴를 가지고 있으며 해당 주메뉴당 여러개의 부메뉴가 계층적으로 연



결되어 있어 사용자가 시스템의 전체적인 구성을 쉽게 파악할 수 있으며 컴퓨터 프로그램에 익숙하지 않더라도 손쉽게 시스템의 운용이 가능한 사용자 편의시스템이다.



(그림 8-1) 저수지 노후화 평가 시스템의 주메뉴

본 연구에서 개발된 시스템은 (그림 8-1)에서 보는 바와 같이 입력, 수정, 조회의 3가지 요소가 주요 내용이며 그 밖의 것은 보조적인 기능을 갖는다. 저수지 노후화 평가 시스템의 초기화면 구성은 (그림 8-2)와 같다.

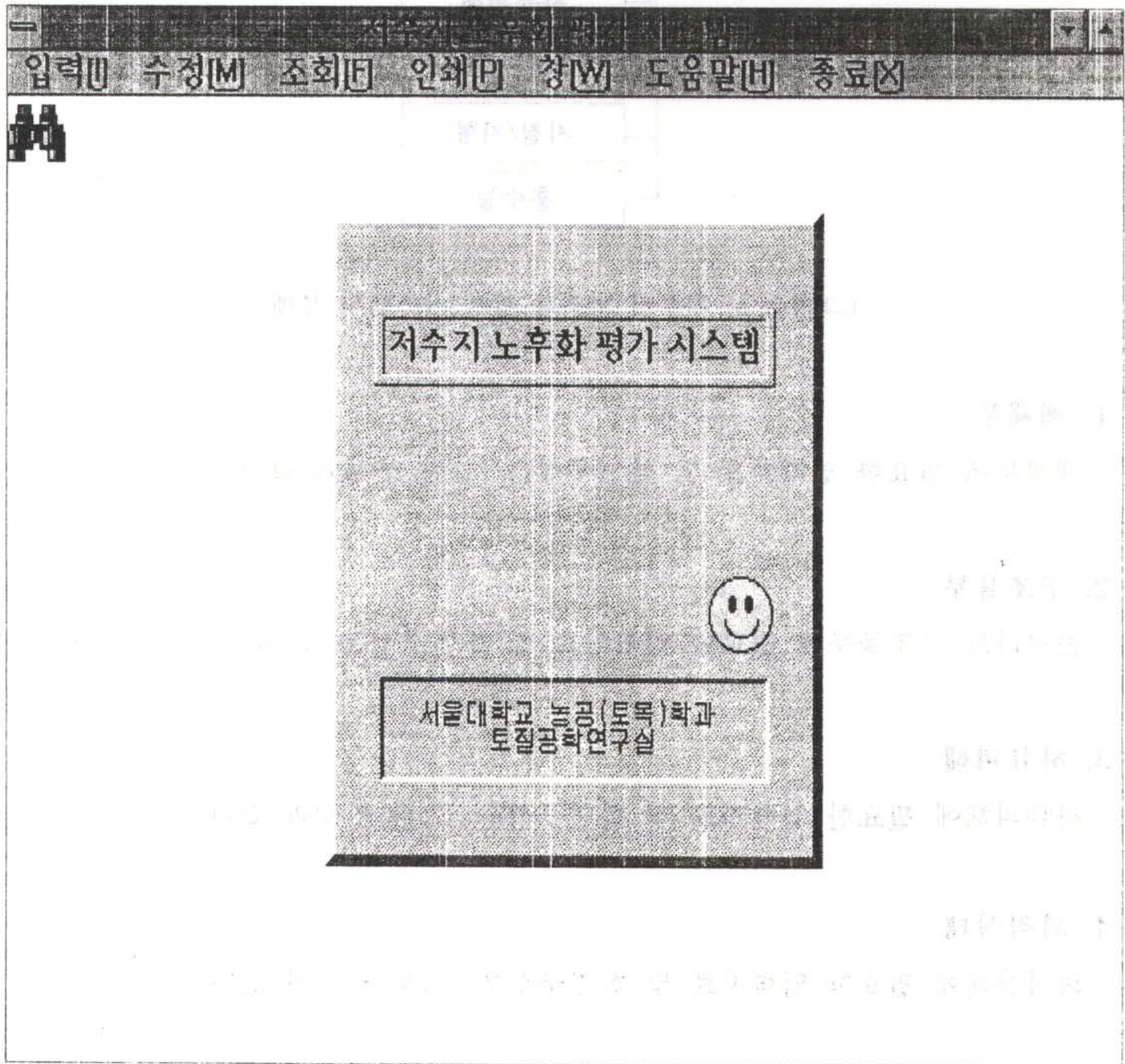
각각의 메뉴는 2~6개의 부메뉴로 구성되어 있는데 부메뉴는 주 메뉴의 기능을 항목별로 세분하여 기능을 수행한다. 노후화 평가 시스템의 부메뉴는 (그림 8-3)와 같이 구성되어 있다.

각 메뉴 단계에서 제시된 선택사항을 입력하면 평가시스템, 그래픽모듈 등이 연



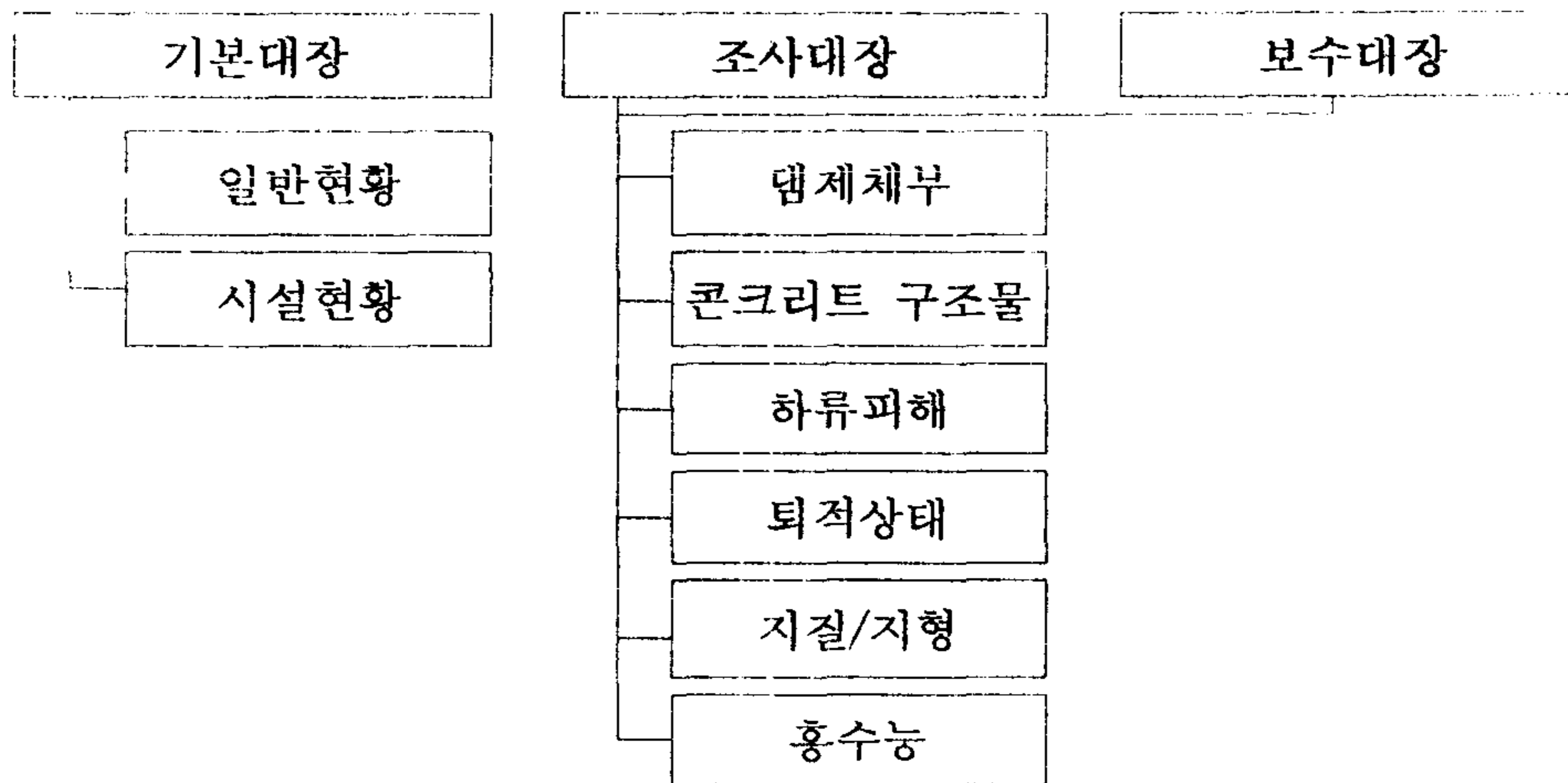
결되어 결과가 제시되도록 구성하였다.

메뉴의 각 단계별 전후 메뉴로의 전환은 메뉴에 주어진 선택을 마침으로서 가능하도록 하였으며 메뉴로부터 시스템 O/S(Operating System)으로의 복귀는 주메뉴에서의 “종료” 혹은 조절메뉴상자를 더블클릭함으로써 가능하도록 하였다.



(그림 8-2) 저수지 노후화 평가 시스템 프로그램 초기화면





(그림 8-3) 저수지 노후화 평가 시스템의 부메뉴

### 1. 제체부

제체부에 필요한 입력자료 및 화면구성은 (그림 8-4)와 같다.

### 2. 구조물부

콘크리트 구조물부에 필요한 입력자료 및 화면구성은 (그림 8-5)와 같다

### 3. 하류피해

하류피해에 필요한 입력자료 및 화면구성은 (그림 8-6)과 같다.

### 4. 퇴적상태

퇴적상태에 필요한 입력자료 및 화면구성은 (그림 8-7)과 같다.

### 5. 지질 및 지형

지질 및 지형에 필요한 입력자료 및 화면구성은 (그림 8-8)과 같다.

### 6. 홍수능

홍수능에 필요한 입력자료 및 화면구성은 (그림 8-9)와 같다.



○ 제체의 단면변화		
1. 표면균열	[상] 균열길이 0.0-1.0m/제점의 10%이하	[상]
2. 내구성	[상] 다짐율 70%이하	[상]
3. 침하(정부침하량)	[상] 정부침하량 10cm이하	[상]
4. 측방이동(상부침하)	[상] 상부침하량 10cm이하	[상]
5. 뒸(용기)	[상] 1%이하	[상]
○ 상하류사면의 사면상태		
1. 사면보호상태	[상] 사면전체의 0-10% 무실	[상]
2. 물가면의 침식상태	[상] 침식고가 0.0-0.5m	[상]
3. 식물상태	[상] 일년생초	[상]
4. 침하(부분전제)	[상] 침하깊이 0-10cm/제체변형 0-10%	[상]
5. 찌꺼기(부유물 두께)	[상] 부유물 두께 10cm이하	[상]
6. 동물의 굴	[상] 구멍직경 0-1cm/구멍갯수 0-1개	[상]

Input

○ 누수 및 배수상태		
1. 위치	[중] 소단저부	[중]
2. 추정된 누수량	[상] 0.1l/m이하	[상]
3. 외관/변색부분	[중] 변색부분 소단저부/변색면적 5-15m <sup>2</sup>	[중]
4. 유출구의 침식	[상] 침식범위 10cm <sup>2</sup> 이하	[상]
5. Toe Drain과 배수정	[상] 토사유입깊이 전제길이의 10%이하/기능상태 양호	[상]
○ 제체와 구조물의 연결부위		
1. 침윤상태	[상] 침윤상태의 면적 5m <sup>2</sup> 이하	[상]
2. 균열/조인트/바닥부분	[중] 균열길이 10-30cm/균열면적 100-600cm <sup>2</sup>	[중]
3. 슬라이딩(위지)	[상] 길이 1m이하	[상]
4. 식생	[중] 다년생초	[중]
5. 이동장조(측방이동, 용기)	[상] 없음	[상]

Input

(그림 8-4) 제체부 입력자료 및 화면구성



도수로 접근수로 및 유출수로

1. 식생 접근수로 장애물 상태 [상] 다년생, 일년생 초본식물
2. 수로부근의 슬라이딩 [상] 위치 여수로 5m 이내 / 길이 0.5m 이내
3. 접근수로 주변 사면안정(세굴) [중] 세굴범위 0
4. 사면보호상태 [상] 인공 돌붙임

여수로 철근콘크리트 구조물

1. 균열 [상] 길이 1m 이하 / 폭 0.5mm 이하
2. 표면의 골재노출 [상] 국부적으로 분포 / 골재상태 양호
3. 백화현상 [중] 면적 2.5m<sup>2</sup>/약간의 강도저하 판단
4. 단면결손 [상] 구조부재에 대한 영
5. 동해여부 [상] 없음
6. 침하 [중] 침하량 0-10cm
7. 이동 [상] 없음
8. 슈미트 헤머에 의한 강도 [상] 실측치 > (설계치+포준편차)
9. 일축압축강도에 의한 강도 [상] 실측치 > (설계치+포준편차)
10. 누수 [중] 누수량 0-1.0 l/h
11. 중성화 [상] 100년 이상

Input

취수부, 연락교량, 문비

1. 균열 [상] 수축 균열폭 2mm 이하 소수
2. 표면의 골재노출 [상] 국부적으로 분포 / 골재상태는 양호
3. 외부도장 상태 [중] 도장상태 불량
4. 슬라브와 보의 구조적 상태 [상] 구조부재에 대한 영향 없음
5. 동해여부 [상] 없음
6. 슬라브와 보의 구조적 상태 [중] 침하량 0-10cm
7. 교량의 지지력(변형성분 고려) [상] 보부재각 < (1/500)
8. 문비의 권양장치 [상] 상태 양호
9. 콘크리트 강도 [상] 실측치 > (설계치+포준편차)
10. 취수부의 권양장치 [중] 일부 상태 불량
11. 문비에서의 누수 [중] 0-2.0 l/h

Input

(그림 8-5) 콘크리트 구조물부 입력자료 및 화면구성



1) 개요

2) 예상피해지역

군	읍/면	리
<input type="text" value="안성"/>	<input type="text" value="서온면"/>	<input type="text" value="산평리"/>

3. 인명피해(명)

4. 가축피해두수

한우	육우	돼지	닭	기타
<input type="text" value="651"/>	<input type="text" value="449"/>	<input type="text" value="1768"/>	<input type="text" value="99504"/>	<input type="text"/>

5. 경지면적피해

논	밭	과수원	기타
<input type="text" value="594.9"/>	<input type="text" value="212.5"/>	<input type="text" value="8.7"/>	<input type="text"/>

6. 기타시설피해

(그림 8-6) 하류피해상황 입력자료 및 화면구성

저수지명	<input type="text" value="청용"/>
축조 경과년수 (년)	<input type="text" value="152"/>
추정연 퇴사량 (m <sup>3</sup> /yr)	<input type="text" value="5718.82"/>
추정 현저수지용량 (m <sup>3</sup> )	<input type="text" value="1478905"/>
관개면적 (ha)	<input type="text" value="317"/>
필요저수지용량 (m <sup>3</sup> )	<input type="text" value="725556"/>
준설 시작년도 (년)	<input type="text" value="2126"/>

(그림 8-7) 저수지 퇴적상태 입력자료 및 화면구성



1. 암석의 경도

2. 균열크기

3. 틈상태

4. 지진

(그림 8-8) 지질 및 지형 입력자료 및 화면구성

해당측주소  빈도선택

저수지일반제원

1) 면적(km<sup>2</sup>)    2) 홍수위    3) 만수위

여수토의 제원 (m)

1) 물넘이폭

2) 물넘이 높이

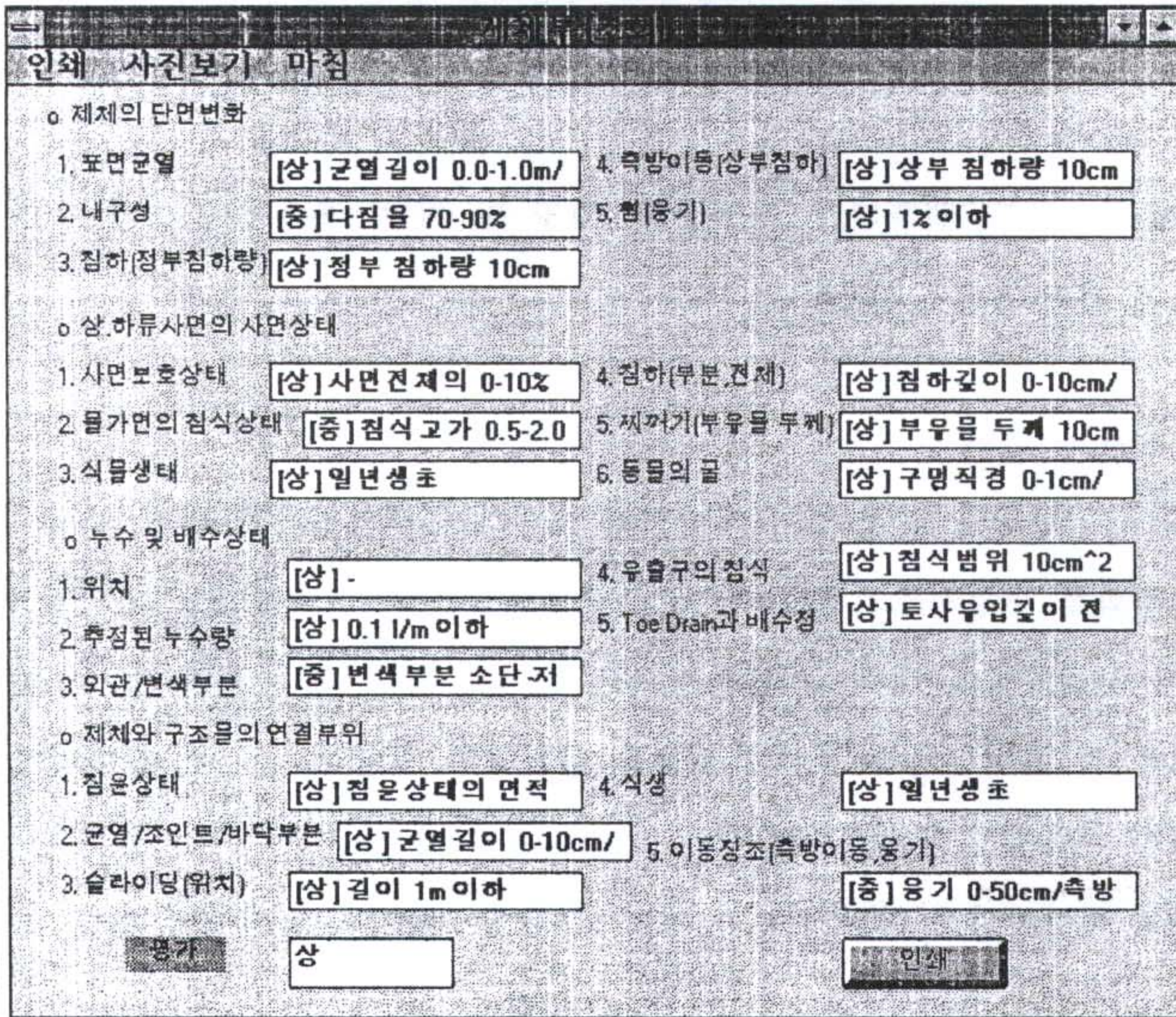
(그림 8-9) 홍수능 입력자료 및 화면구성



### 제3절 저수지의 노후화 평가

#### 1. 자료의 출력

저수지 노후 평가 시스템의 노후화 평가 자료의 출력은 조회부분에 화면출력이 되도록 하였다. 다음은 임의의 해당항목에 대한 저수지 노후화 평가 결과 화면이다.



(그림 8-10) 저수지 노후화 평가결과 화면

#### 2. 노후화의 평가

저수지 노후화에 대한 평가는 해당항목에 대한 상·중·하 평가를 통해 이루어진다. <표 8-1>은 저수지 제체부의 등급 예이다.



<표 8-1> 저수지 제체부의 등급예

등 급	내 용
상	해당항목의 등급에 가중치를 곱한 후 전체적으로 합산한 결과 80/100 이상인 경우
중	해당항목의 등급에 가중치를 곱한 후 전체적으로 합산한 결과 50/100 이상인 경우
하	해당항목의 등급에 가중치를 곱한 후 전체적으로 합산한 결과 50/100 미만인 경우

그외 구조물부, 하류피해, 퇴적상태, 지질 및 지형, 홍수능에 대한 평가는 각각의 기준에 의거하여 산정하였다.

### 3. 노후화의 판단

앞절에서 설명한 바와 같이 저수지의 노후화는 해당항목에 대해 상·중·하 3등급으로 노후화를 구별하였기 때문에 이에 준하여 저수지 노후상태를 판단할 수 있다. 저수지의 해당항목에 대한 등급이 상으로 판단될 경우 현재 해당항목에 대한 저수지의 이용 및 관리상태에 이상이 없음을 나타내며, 등급이 중으로 판단되면 해당항목에 대한 지속적인 관찰, 주의 그리고 필요에 따라서는 보수가 필요하며, 하로 판단될 경우 해당사항에 대한 신속한 보수 및 정밀조사가 시행되어야 한다.

## 제4절 요약 및 결론

본 장은 농업용 저수지의 노후화 평가 시스템 개발을 위한 시스템의 전체구성 및 각 부분에 대한 입력내용, 그리고 노후화 판단 및 평가에 관한 것으로 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 저수지의 노후화를 효율적으로 평가하기 위해서는 각 저수지 부분들에 대한 상황, 용수상황, 지구포장상황 등 여러 가지 현황들에 대한 조사자료가 필요하며 그 결과로 효율적인 운영방안이 시행되어야 한다.
2. 평가시스템은 IBM 및 호환기종 386이상의 주메모리 4M 이상, 한글윈도우 3.1이 설치되어 있으면 실행가능하며, 여기에 개발된 언어는 비주얼 베이직이고 비주얼 베이직 3.0을 사용하여 컴파일 하였다.
3. 평가시스템의 구성요소는 입력, 수정, 조회의 3가지 주요소와 인쇄, 창, 종료 등과 같은 부요소를 갖는다. 각각의 메뉴는 2~6개의 부메뉴로 이루어진다.
4. 노후화 평가는 해당항목에 대한 상·중·하 등급으로 이루어진다.

## **제4편 농업용 저수지의 유지관리 실태와 지침의 정립**

### **제9장 농업용 저수지의 유지관리 실태조사 및 분석**

## 제4편 농업용 저수지의 유지관리 실태와 지침의 정립

### 제9장 농업용 저수지의 유지관리 실태조사 및 분석

#### 제1절 서론

관개배수사업을 포함한 농업개발사업의 제 시설의 유지관리는 첫째 그 시설이 설계대로의 기능을 발휘하여 사업목적을 달성할 수 있게 하고, 둘째로 시설의 수명이 오래동안 연장되어 사업의 효율을 높이며, 셋째로는 시설의 파손에 의해 근처나 다른 부분에 피해를 주지 않도록 하는데 목적이 있다고 할 수 있다.

흙담에 있어서 적정 기능 발휘를 위해서는 심한 누수가 없어야 하고 부속시설인 통관, 취수탑, 사통 등이 정상상태를 유지하여 취수에 지장이 없어야 한다. 관개용 댐의 기능이 물을 저수하고 필요시에 취수하여 이용하는 것이므로 저수와 취수에 문제가 생기지 않도록 하는 것이 흙담 유지관리의 기본이다. 흙담의 수명을 연장하는 데는 유사나 침전물이 저수지내에 퇴적하여 저수용량이 줄지 않도록 해야 하는데 이것은 수질의 악화에 의한 저수지 폐기의 경우를 제외하면 흙담 수명 단축의 가장 큰 원인이 된다. 퇴적에 의한 수명 단축은 서서히 발생하기 때문에 그 중요성을 인식하지 못할 경우가 많다. 퇴적에 의한 용량 감소는 유역이 황폐하여 침식이 심할 때 급속히 일어나므로 유역관리가 잘 되어 유역의 지표면이 손상을 입지 않도록 하여야 한다. 최근에는 우리나라의 산림이 무성하고 산지관리가 잘 되어 저수지 관리면에서 대단히 유리하다.



흙 댐의 유지관리에 있어 가장 큰 관심의 대상이 되는 것은 취수시설과 물넘이 부분인데 이는 그 사용빈도가 많기 때문이며 침전물의 퇴적, 제당의 월류 및 파손, 유역관리 등은 발생빈도가 적든가 서서히 생기며 또 그 시설 규모가 크기 때문에 파악하기도 어렵고 유지관리의 부재 상태에 있는 경우가 많고 완전히 자연에 맡기고 있는 실정이 많다.

## 제2절 저수지의 관리 현황조사

저수지의 유지관리 현황조사는 경기도 지역의 각각의 농지개량조합에서 관리하는 저수지를 그 대상으로 하였으며 그 중 31개 저수지를 선정하여 그 유지관리 실태를 조사하였다. 조사항목은 제체부, 콘크리트부, 전기 및 기계장치부 등이다.

다음 장의 <표 9-1>은 조사저수지에 대한 관리 평가를 보여준다.

## 제3절 유지관리 실태분석

### 1. 현장조건

각종 문헌자료 및 지도를 바탕으로 각 저수지의 현장조건을 미리 파악하는 것이 중요하다. 따라서 조사 저수지에 대한 선정이 끝나면 해당 저수지에 대한 자료입수가 중요한데 자료는 해당 저수지를 관리하는 기관에 요청하여 입수토록 한다. 자료는 저수지 설계시의 각종 도면과 관리 및 보수대장 등이다.

지도는 해당 저수지가 위치한 지형도, 지질도, 토성도, 地史, 토목공사 기록 등이며 필요시 항공도까지 포함한다.

<표9-1> 조사 저수지에 대한 관리상태 평가

농 조	저수지명	관리인 상주여부	관리상태
수화	왕송	×	중
	원천	○	상
	덕우	×	상
	동방	×	상
	낙생	×	상
기호	금광	○	상
	고삼	○	상
	이동	○	상
	장계	○	상
	기홍	○	상
	청용	○	상
	마둔	○	상
홍안	백운	○	상
파주	기산	○	상
	봉암	○	상
	원당	○	상
	신암	×	중
	덕계	○	상
광주	도척	×	상
	홍중	×	하
	용풍	○	상
연천	백화	○	하
	기산	×	상
	금주	○	상
	고모	×	하
양평	오남	○	상
강화	인산	×	상
	국화	×	중
	길정	×	상
여주	장홍	○	상
이천	성호	×	하

조사 시행한 저수지는 농업용 저수지이므로 모두 넓은 지역에 관개하기 위해 비교적 높은 지역에 위치하며 제체높이는 최저 5.7m(동방 저수지)에서 최고 37m(장흥 저수지)에 이른다. 대부분 제체의 높이가 높으면 높을수록 현장조건이 열악한 상태를 보인다.

또한 조사 대상이 된 저수지의 대부분이 상류부에 낚시터가 위치하고 있으며 일부는 낚시터 관리인이 상주 관리자로서 저수지 관리를 책임지고 있다. 그외 상류부에 가두리 양식장을 하는 곳도 여러 군데 존재한다.

## 2. 제체

제체부의 현장조사는 제체의 변형 및 이동을 조사하기 위한 제체측량(종횡단 측량), 누수조사, 육안관찰, 코어채취 등으로 이루어진다.

조사항목은 ① 외관 관찰과 상주 관리인 존재여부 ② 정정부 상태와 제체의 변형 ③ 상류사면의 상태 ④ 하류사면의 상태 ⑤ 제체와 구조물의 연결부위 ⑥ 침윤과 배수상태 등으로, 조사결과 관리인이 상주하고 있는 저수지가 18개소로 58%, 관리상태가 양호한 저수지는 26개소로 84%, 제체누수가 발생하고 있는 저수지는 12개소로 39%, 제체침하가 발생한 저수지는 11개소로 36%를 나타내고 있다.

조사대상 저수지의 제체부분은 조사시기가 대부분 여름인 점을 감안할 때 제체 정정부, 상·하류사면이 1년생의 수많은 식생들에 의해 뒤덮혀 있었다. 또한 일부 저수지는 정정부에 도로가 있어 차량통행이 허용되고 있었다.

## 3. 콘크리트부

콘크리트부에는 도수로, 오지(Ogee), 에이프런, 제체방향 및 반대방향 옹벽, 급류부의 옹벽, 급류부의 바닥, 정수지, 유출수로, 문비, 취수탑, 연락교량, 통관 등을 포함한다.

콘크리트부의 현장조사는 슈미트 해머에 의한 비파괴 검사, 직접 현장에서 콘크리트 코어를 채취한 후 실내에서의 일축압축강도 시험과 중성화 시험을 실시하는 파괴검사 등으로 나뉘어진다,

현장 조사된 대부분의 저수지는 20년 이상된 저수지이므로 콘크리트 표면이 아주 심하게 열화되어 있으며 누수, 백화현상, 토압에 의한 제체부 및 방수로 옹벽파괴, 철근노출 등 유지관리상의 문제가 심각한 실정이다.

#### 4. 전기 및 기계장치

전기 및 기계장치는 수문조작에 요구되는 여러 전기적, 기계적 제반 장치로 사용목적에 적합해야 하며, 안전하게 확실히 작동해야 한다. 또한 경제적, 유지관리가 용이해야 한다.

조사된 저수지 중 수문이 설치되어 있는 저수지는 이동, 덕우, 고삼 저수지로 이들은 수문조작 상태는 양호한 편이다.



## 제4절 요약 및 결론

본 장에서는 농업용 저수지의 유지관리 실태조사 및 분석에 대해 알아보았다. 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 저수지 유지관리 실태조사는 경기도내 농지개량조합에서 관리하는 31개 저수지를 대상으로 하였다.
2. 조사항목은 제체부, 콘크리트부, 전기 및 기계장치부 등이다.
3. 제체부의 현장조사는 제체측량(종횡단 측량), 누수조사, 육안관찰, 코어채취 등으로 이루어지며 식생, 누수 등 유지보수가 요구되는 저수지가 다수 존재한다.
4. 콘크리트부의 현장조사는 슈미트 해머에 의한 비파괴 검사, 일축압축강도 시험과 중성화 시험을 실시하는 파괴검사 등으로 이루어지며 대부분의 저수지가 노후화로 콘크리트 표면이 아주 심하게 열화되어 있으며 누수, 백화현상, 토압에 의한 제체부 및 방수로 용벽파괴, 철근노출 등 유지관리상의 문제가 심각한 실정이다.
5. 전기 및 기계장치는 수문조작에 요구되는 장치로 사용목적에 적합하고 안전하며 경제적이고 유지관리가 용이해야 한다.

## **제10장 농업용 저수지의 유지관리 지침의 정립**

# 제10장 농업용 저수지의 유지관리 지침의 정립

## 제1절 서론

저수지와 관련시설의 유지 및 안전관리에 관한 사항을 규정하여 시설을 체계적으로 관리하여 저수지의 기능을 보존하고 저수지 이용자의 편의와 효율을 높이기 위하여 육안 또는 장비를 사용하여 일상적으로 점검·정비하고, 필요한 경우 특별안전진단 등을 통하여 저수지의 기능을 유지보전함으로써 시설의 재해예방과 기능증진을 도모하고자 한다.

따라서 저수지와 관련 시설물에 대한 유지 및 안전관리 계획을 수립하고 수행할 수 있도록 지침을 작성한다. 유지 및 안전관리 계획은 다음과 같은 사항을 포함한다.

1. 저수지와 관련 시설물의 유지 및 안전관리를 위한 조직, 인원, 장비에 관한 사항
2. 안전과 재해예방 및 경보체계등 방재관리에 관한 사항
3. 안전점검 및 정밀안전진단 실시계획
4. 긴급사항 발생시 조치 사항
5. 저수지와 관련시설의 유지 및 안전관리 계획
6. 기타

## 제2절 유지관리 지침의 정립

### 1. 계획

가. 유지관리 계획의 내용

- (1) 현장 관리인의 보고 유지관리 및 보수가 필요한 곳에 대한 연례 보고가 예방적 차원에서 필요함



- (2) 정기적 조사 : 시, 군, 농조 등 관리 주체에 의한 공식적인 조사.
- (3) 유지관리 시스템 유지관리를 위한 조직, 규정, 계획, 예산, 보수작업 진행상황

나. 유지관리 계획의 이점

좋은 유지관리는 예방적 차원에서 다음과 같은 이점을 갖는다.

- (1) 저렴한 유지관리 비용
- (2) 비상상태 발생회수 감소
- (3) 예산 및 작업계획이 용이
- (4) 사고발생 감소와 미연방지
- (5) 전반적인 관리효율 증대
- (6) 저수지 물관리 효율 증대

2. 연례보고 및 현장조사

가. 현장조사 목적

좋은 유지관리 계획이나 예방적 유지관리 계획은 유지관리가 필요한 곳을 확인 또는 발견하는 것부터 시작한다. 이러한 곳의 발견은 연례보고나 정기점검(장비, 시설, 구조물에 따라 횡수 지정) 등으로부터 할 수 있다. 정기보고 이외에도 현장 관리인의 감시 또는 관리 과정에서 이상이 발견되면 보고하여 관리대상을 정할 수 있다.

나. 현장조사 참여자

현장조사 또는 관련 회의에의 참석범위는 저수지의 유지관리에 관련된 모든 사람으로 시·군, 농조 등 관련 감독관청과 현장 관리자이다. 이러한 회의는 상호간의 당면 문제의 이해와 예산 및 계획수립에 필요한 사항을 효과적으로 찾을 수 있다.

## 다. 현장조사 및 회의

현장조사는 모든 참석자가 저수지의 시설이나 관리조직의 유지관리 필요성을 충분히 이해할 수 있도록 시행해야 하며, 발견된 결점과 가능한 모든 해결책에 대하여 논의해야 하며 지금까지의 유지관리 및 보수상황, 장래의 보수계획에 대해서도 논의를 해야 한다. 이러한 회의는 장래의 작업계획과 예산을 작성하는데 중요하다.

## 3. 정기적 검사 및 관리

### 가. 목적

유지관리 상태의 정기적인 검사는 각 시설이나 관리상태를 정확하게 평가하기 위한 것이며, 장기간 사용에도 적절한 기능을 발휘할 수 있도록 하기 위하여 시행하는 것이다. 이러한 조사는 가능한 편견없이 이루어지는 것이 필요하다.

검사는 계획을 세워 시행하여야 하며 그 내용은 다음과 같은 것을 포함할 수 있다.

#### (1) 투자된 자원의 보호

(가) 적절한 유지관리는 저수지 시설물의 사용 내구년한을 증대시킬 수 있다.

(나) 적절히 시행된 예방적 차원의 유지관리는 불필요한 유지관리 비용을 절감할 수 있다.

(다) 유지관리상의 문제점을 개선함으로써 저수지 시설물의 파괴를 미연에 방지할 수 있으며 관개는 물론 기타의 수자원 공급을 보장할 수 있다.

#### (2) 적절한 유지관리 방법임을 확신

(가) 유지관리 팀에게 저수지 시설을 경제적이며 효과적인 방법으로 유지관리하며 적절하게 물관리를 할 수 있도록 기술을 지원한다.

(나) 저수지 시설물의 적절하게 유지 관리할 수 있는 조건을 확보하여

중으로서 불필요한 긴급 보수자금 사용을 줄일 수 있다.

(다) 물자원의 사용자에게 확실하게 물공급을 함으로서 수세 수입이 안정되어 재정계획을 수립할 수 있다

(3) 유사한 저수지 시설물의 설계, 시공, 및 유지관리의 정보 제공

(가) 문제점과 관련된 제 자료를 검토하여 차후 공사 및 유지관리에 참고할 수 있다.

(나) 유지관리 목적에 맞는 재료 및 공산품, 새로운 재료를 도입하여 사용 가능성을 평가할 수 있다.

## 나. 조사

주요 조사는 팀을 구성하여 시행하며 중앙부서와 지방부서가 각각 6년마다 시행하여 그 결과보고서를 매 3년마다 작성한다.

이러한 조사의 조사대상은 먼저 관리 규정에 의해 작성하고 가능한 한 모든 시설을 대상으로 하며 시험과 운전 조작을 포함한다.

조사자는 사용할 종합적인 조사표(check list)를 작성하여야 한다.

조사팀의 구성은 팀장 1명과 2~3명의 조사자로 구성하며 조사자는 시설물의 운전조작이나 관리능력이 있는 사람과 콘크리트 구조와 댐구조 및 기계설비의 설계에 능통한 사람이어야 한다. 이들의 임무는 현장상황에 따라 결정된다.

조사자는 경험자에게 조사방법에 대하여 사전에 교육을 받아야 한다. 이러한 교육은 정기적으로 시행하여 일관성있는 평가를 할 수 있도록 훈련되어야 한다.

그 이외의 참관자로는 중앙부서의 관련자, 농조현장 관리자 등이 있으며 이들은 저수지의 문제점을 비롯하여 저수지에 관련된 전반적인 지식을 얻을 수 있게 된다.

## 다. 관리자의 안전 수칙



저수지와 관련 시설물의 유지 및 안전 관리자는 안전 우선으로 작업하여야 한다. 모든 작업은 작업계획을 세우고 모든 작업자에게 안전수칙을 주지시켜야 한다.

#### 라. 작업계획의 중요성

저수지와 관련시설의 유지 및 안전관리를 위한 작업 계획은 가용 인원을 최대한 활용하며 기상상태를 고려하여 작업계획을 수립하여야 한다. 유지관리 계획은 연중 고르게 분산시켜 작업하도록 하는 것이 좋다.

#### 마. 조사 및 유지관리 조사표 작성

저수지와 관련 시설물은 정기 검사와 보수를 하여야 한다. 저수지와 관련시설의 유지 및 안전관리를 효과적이며 간단한 방법에 의해 실시할 수 있어야 한다. 조사표 작성시 조사할 사항, 조사빈도, 조치 사항, 특이 사항 등을 조사표에 기록한다.

#### 바. 조사 및 유지관리 기록 카드의 사용

저수지와 관련시설물의 검사 및 유지관리 자료를 기록 보관하기 위하여 개별 카드를 작성한다. 이 카드에는 점검자, 점검일시, 점검내용, 차기 점검시기, 수리내용 등을 기록한다.

### 제3절 저수지 유지관리 지침

농업기반시설관리 규정(농림수산부 1995.4.)에 준한다.

#### 1. 일반

저수지와 관련시설의 유지 및 안전관리에 관한 사항을 규정하여 시설을 체계적으로 관리하여 저수지의 기능을 보존하고 저수지 이용자의 편의와 효

용을 높이기 위하여 일상적으로 점검하고 정비하는 등 저수지의 기능을 유지보전하는 것과 육안 또는 장비를 사용하여 안전점검 등을 강화하여 시설의 재해 예방과 기능 증진을 도모하고자 한다.

## 2. 목적

저수지와 관련시설물에 대한 유지 및 안전관리 계획을 수립하고 수행할 수 있도록 지침을 작성한다. 유지 및 안전관리 계획은 다음과 같은 사항을 포함한다.

- 가. 저수지와 관련시설물의 유지 및 안전관리를 위한 조직, 인원, 장비에 관한 사항
- 나. 안전과 재해예방 및 경보체계 등 방재관리에 관한 사항
- 다. 안전 점검 및 정밀 안전진단 실시 계획
- 라. 긴급사항 발생시 조치 사항
- 마. 저수지와 관련시설의 유지 및 안전관리 계획
- 바. 기타

## 3. 용어의 정의

- 가. 1종시설 관개 면적 500ha 이상 또는 제당높이 20m 이상인 저수지
- 나. 2종시설 1종 이외의 시설
- 다. 시설관리자 농림수산부 장관으로부터 당해 시설물의 관리를 지정받아 관리하고 있는 시장, 군수, 구청장, 농어촌진흥공사, 사장, 농지개발조합장을 말한다.

## 4. 관리자의 임무

저수지와 관련 시설물의 관리자는 저수지의 기능을 보전하고 시설이용자의 편의를 위하여 항상 저수지의 시설을 점검하고 정비하여야 한다. 관리자

가 관리하여야 할 사항은 다음과 같다.

- 가. 제당에서의 가축방목, 퇴비적치, 토석채취 및 낚시 행위 금지
- 나. 제당사면통행 통제, 사면 보호용 호안공의 유실 방지
- 다. 여수토 균열 및 누수방지 조치
- 라. 유역내 형질 변경 금지
- 마. 저수지 내용적 측정 및 매몰 토사 준설
- 바. 저수위 변동사항 및 내용적의 변동사항
- 사. 취수장치의 권양기 조작상의 이상 유무 확인 및 정비
- 아. 저수지 부지와 호수면 관리에 따르는 금지행위, 사용료 징수 등 계약 부대 조건 이행
- 자. 폭우 홍수시 철저한 관측과 피해 예방 조치
- 차. 수문 조작에 필요한 기계, 기구 등 점검 정비
- 카. 홍수량 방류시 관계기관 및 하류 주민에게 사전 통보
- 타. 급수계획에 따른 적절한 용수 배분

## 5. 안전점검

관리자는 시설물의 기능 및 안전관리를 위하여 일상점검, 정기점검 및 긴급점검 등 안전점검을 실시하여야 한다.

일상점검은 운전조작 및 정비, 재해 및 위험여부 확인, 장애물제거 등을 실시하는 것을 말한다.

정기점검은 시설의 기능 보전과 재해를 예방하기 위하여 매년 영농기 전에 실시하는 것을 말한다.

긴급점검은 관리자가 공공의 안전이나 긴급보수 또는 보강이 필요한 때에 실시하는 것을 말한다.

따라서 일상점검은 월 1회 이상, 정기점검은 년 1회 이상, 긴급점검은 관리자가 필요하다고 판단되는 때 실시한다.

안전점검은 해당분야 기술자로 하여금 실시하게 하여야 한다. 관리자는



안전점검을 실시하고 그 결과표를 작성하여 비치하여야 하고 시설의 기능유지 및 안전상 재해 위험등이 있는 경우에는 즉시 필요한 응급조치를 취하여야 하며 정밀 안전점검이 요구되는 시설물에 대하여는 상부기관에 보고하여야 한다.

관리자는 안전점검을 실시한 결과, 시설의 기능유지 및 안전상 재해 발생이 우려되어 긴급보수 또는 보강이 필요한 시설에 대하여는 우선적으로 대책을 수립하고 상부기관에 보고하여야 한다.

## 6. 정밀 안전진단

정밀 안전진단 대상은 1종시설 및 시설관리자가 요청한 시설을 대상으로 한다. 또 1종시설 중 10년 이상된 시설은 3년마다 1회 이상 정기적으로 정밀 안전진단을 실시한다. 정밀 안전진단은 지정받은 전문기관으로 하여금 실시하게 한다.

## 제4절 외국의 유지관리 상태

### 1. 미국

#### 가. 댐의 안전관리법의 발달

West Virginia주의 Buffalo Creek Coal Waste Dam과 South Dakota주의 Canyon Lake Dam의 붕괴를 계기로 1972년 8월 미국 연방정부의회에서 연방정부 댐 안전법규(댐안전법)를 제정하였다.

1976년~1977년에 걸쳐 COE(Corps Of Engineers)가 전국 댐 조사를 시행하고 보고서를 제출하였으며 1977년 대통령령에 의해 내무부에서는 국회조사위원회로 하여금 개척국의 댐 안전관련 계획을 검토하고 추천서를 작성하게 하였다.

1977년 12월 Carter 대통령에 의해 연방정부에서 관할하지 않는 민간 댐에도 댐 안전도 조사를 위한 재정지원이 가능케 되었으며 1978년 11월

Reclamation Safety of Dams Act가 제정 공포되었다. 이 법은 댐의 안전을 위한 건설, 보수, 유지 및 관리에 관한 사항을 정하고 있다.

전문기관으로는 USCOLD(United States Committee On Large Dams)과 ICOLD (International Commission On Large Dams)에서 미국내의 댐의 설계 및 시공에 대한 규칙, 댐의 파괴와 기초문제에 대한 연구를 하여 피해를 최소화하는 방안을 발표하였다. 미국토목학회(American Society of Civil Engineers, ASCE)는 1973부터 1975까지 매년 댐의 파괴와 원인 및 조사, 유지, 개보수에 관한 학회를 개최하였다.

미국내 댐의 약 50% 정도를 개척국에서 관할하고 있기 때문에 기존 댐의 안전과 조사 및 개보수에 대한 책임을 개척국에서 갖고 있으며 개척국의 여러 가지 프로그램 아래 댐의 유지, 관리 및 안전조사를 위한 계획이 작성되었다. 개척국에서 작성한 SEED(Safety Evaluation of Existing Dams) Manual은 기존 흙댐과 콘크리트 댐과 관련시설물의 검사 및 안전도 평가의 지침으로 사용되고 있다. SEED 계획의 목적은 모든 개척국 관할 댐에 대하여 댐의 설계, 시공 및 유지관리 기록을 검토하고 댐의 구조적 결함, 수리적인 문제, 개보수의 필요성 등을 평가하는 것이다. 즉 모든 댐의 계획, 설계, 시공, 유지관리 및 보수를 일괄하도록 계획된 프로그램이다.

#### 나. 유지관리 실태

미국에서는 지난 100년동안에 180여개소의 댐 파괴가 있었는데 40개는 크게 파손되어 폐기되었고 40개는 크게 파손되었지만 보수하였고 100개는 약간 보수하거나 저수위를 낮추어 사용하고 있다. 옛날에 만든 댐일수록 안전성이 적는데 미국 大댐위원회에서 조사한 바에 의하면 13.5m(45ft) 이상의 높은 댐 4,918개소 중 7%인 349개소가 불안전하였고 여기에는 파괴된 댐이 74개소(1.5%)나 포함되어 있다. 1850년~1930년 기간에 축조된 댐의 16%가 불안전한데 비해서 1930년 이후에 만든 댐은 4.5%만이 불안전하여 기술의

발전과 댐 안전과의 관계를 알 수 있다.

1930년대의 토질역학의 발달로 1940년 이후로 만든 댐의 파괴는 전에 비해 75%가 줄어들었다. 미국의 13.5m 이상 높은 댐 5,000여개소 중 3,000여개소는 1940년 이후에 만들어졌다. South fork 댐은 흙댐인데 월류에 대하여 3시간 이상을 견디다가 유실되어 2,000여명의 인명피해를 냈고 Teton 댐에서는 1976년에 11명의 피해를 냈는데, 6시간전부터 하류지역에 대해 경고를 하고 대피를 시키지 않았으면 더 큰 인명피해가 있었을 것이다.

그리고 1971년에는 캘리포니아에서 지진이 발생한 후 댐이 파괴될 것을 우려하여 40,000명이 대피를 한 일이 있는데 지진, 이상홍수 등에 의한 댐의 파괴는 하류지역이 개발될수록 더 큰 피해를 준다.

공병단에서 연방기관 관할이 아니고 인명과 재산에 위협을 줄 가능성이 있는 댐 9,000여개소 중 “댐안전법”에 의하여 1980년 3월까지 조사한 4,906개소의 32%인 1,563개소가 상당히 불안전하고 그 중 70개소는 즉시 보수를 요할 만큼 위험한 상태였다. 안전검사가 진행될수록 불안전한 댐의 비율이 커져서 1978년에 20%이던 것이 1979년에는 29%로 증가하였다.

앞으로 공병단이 9,000여개소의 댐을 모두 검사하면 2,600여개소의 불안전한 댐이 발견될 것으로 보이며 이 기준을 전 미국의 연방 관할이 아닌 50,000여개소의 댐에 적용하면 14,500개소 정도의 불안전 댐이 나타날 것이며 이의 5%정도는 파손이나 재난을 막기 위하여 수위 저하나 부분적인 인위적 파손이 필요할 것으로 추정된다.

댐 안전검사에 의하여 발견된 문제들을 해결하고 보수하는데 필요한 비용은 14,500개소의 불안전한 댐에서 15억불~75억불이 소요될 것으로 생각되고 있다.

1930년 이후에 만든 댐의 사고원인을 찾아보면 많이 발생하는 순서로 다음과 같다.



- ① 누수
- ② 취수시설의 파손
- ③ 사면의 불안정
- ④ 부적당한 사면 보호
- ⑤ 월류
- ⑥ 노후화
- ⑦ 제당의 변형
- ⑧ 기타

미국에서의 댐 안전검사는 법에 의하여 그 시행이 보장되고 있으며 또 댐의 건설에 풍부한 경험이 있는 공병단이 담당하고 있어 효과적인 검사가 이루어질 것으로 보이나 검사에 의해 찾아낸 개선사항을 해결하는데 막대한 예산이 요구되는 것이 큰 문제이다.

## 2. 일본

### 가. 노후저수지 정비사업

일본에서는 현재 저수지를 포함한 농업용시설 정비를 토지개량사업의 일환으로서 실시하고 있다. 노후저수지정비사업은 종전후의 황폐한 국토에 연속한 수해 등에 대처하기 위해 노후화한 여수토의 보강을 목적으로 해서 1954년도부터 국가의 보조사업으로서 발족하여 그 후의 채택 기준이나 사업내용의 개정을 거쳐서 노후저수지 정비사업으로 종합되었다. 또한 정비사업에는 제도 창설의 취지부터 재해를 미연에 방지하는 것을 목적으로 하고, 같은 저수지의 개수에 있어서 수리용의 합리화를 목적으로 한 관개배수사업과는 구분되고 있다.

## 나. 유지관리의 실태

### (1) 유지관리작업의 내용

일본에서의 저수지의 유지관리작업의 내용을 집약하면 <표 10-1>과 같다. 이 표에서와 같이 유지관리는 저수지의 각부위의 관리에만 그치는 것이 아니고 유역 전체 상태를 숙지하고 있는 것이 중요하다. 특히 홍수시에 있어서는 신속한 조치를 취해야만 한다.

이들의 작업은 계측기기에 의한 감시와는 다르고, 경험의 축적과 인력의 투입이 필요하다. 그러나, 부락이나 수리조합이 공동적으로 행하여 왔고 유지관리의 영역을 넘는 넓은 범위의 개수공사 또한 구성원이 공동으로 같은 경험지식과 인력을 투입해 왔다. 이를 위해 이러한 관리주체의 변질, 약체화는 유지관리의 조방화에 직접 연결된다. 유감스럽게도 근년에 있어서는 병업화나 혼주화로 인해 유지관리가 올바르게 행해지고 있다고 하기 어려운 상황으로 되어 오고 있다.

### (2) 행정적 대응

瀬戸内지방을 중심으로 한 각 현에 있어서는 저수지의 관리를 현정상의 중요과제로 위치시켜서 보전·관리·지도에 노력하고 있다. 각 현의 체제는 각기 다르지만, 구체적인 방안을 집약하면 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(가) 저수지 보전에 관한 조례의 제정

(나) 방재상 조치가 필요한 저수지의 결정

(다) 저수지의 점검 및 지도

(라) 홍보활동, 호가 보급 활동

(마) 우량 관리자의 표창

(바) 연차 정비계획의 수립

여기서 특기한 것은 저수지 보전에 관한 관리 조례의 제정이다. 이 조례는 3현 1시에 있어서 시행되고 저수지의 재해방지를 목적으로 하고 있다

내용은 일정 규모 이상의 저수지에 대해서 그 관리자에 설치나 관리에 관한 필요한 최소의 규제를 행하는 것으로서 금지행위, 매립검사, 필요한 조치의 명령 혹은 권고, 기술적 협조 및 벌칙 등의 규정을 갖고 있다. 금지행위에는 제체에서의 식재나 공작물의 설치, 여수토의 효용저해 행위 등을 들 수 있고 <표 10-1>에 언급한 유지관리의 기본을 이루고 있다. 또한 주변의 매립이나 저수지의 폐지를 규제하고 있는 것도 있다.

<표 10-1> 유지관리작업의 내용

부 위	작업내용	
	평상시	이상시(특히, 홍수시)
전반	감시인의 결정 수량 수질의 파악 소규모의 보수 수난사고예방 잡석토사의 제거	강우량의 파악 수위상승, 부유물, 물의 색 감시 전반적인 변화상태의 감시 감시인과 수방체제와의 연락강화 응급자재의 준비
제체	년1회 이상의 제초 및 소각 누수의 감시, 경사면이용 경작금지	침윤선의 감시 절개(결과의 우려가 있는 경우)
여수토	토양등 장애물의 제거 하부 세굴감시	월류수심의 감시, 유목등 장애물 제거 주변산지붕괴의 감독
취수 시설	누수의 감시, 벨브등의 조작확인 방수로의 제체세굴감시	통관의 개방(방수) 방수에 의한 제체세굴감시
주변	주변임지의 벌채금지 유역의 사면붕괴현황의 파악	상류저수지의 상황감시 (중요저수지의 경우)

### (3) 일본에서의 유지관리의 새로운 문제

유지관리체제의 문제 이외에 도시근교를 중심으로 새로운 농업형태 요인에 의한 관리 문제가 발생된다. 이들은 본래 지역사회 전체의 문제로서 저수지의 관리자에만 부담시키는 성격의 것은 아니다.

(가) 안전관리 저수지는 예로부터 어린이의 놀이 장소로 되어 왔지



만, 놀이 방법을 모르는 어린이의 물놀이 사고가 신흥주택지에서 종종 일어난다. 이에 대응하기 위하여 새롭게 방호책의 설치나 순찰의 강화, 자위수단으로서 보험가입 등이 필요하게 된다.

(나) 환경관리 하수도의 미정비한 지역에서는 신규개발지에서의 배수 유입에 의한 수질오염이 진행된다. 또 폐유기물질이 집적하고 영양염류의 용출이 촉진된다. 게다가 찌꺼기의 투기와 함께 악취의 발생원인이 되고 나아가서는 저수지를 지역의 골치거리로 여기는 풍조가 발생할 것이다. 이 때문에 수질의 감시나 발생원 규제 등이 필요하게 되고 유기물질 준설도 의무화된다.

(다) 재물관리 도시적 토지이용 중에는, 저수지는 토지로서의 자본적 의미를 지닌다. 따라서 소유자가 이용자와 다른 경우에는 저수지의 운용을 둘러싼 갈등이 발생한다. 또, 농업적 역할이 약해진 저수지에서는 저수지의 형태대로 보유하는 것이 유리하므로 완전방치 되어 있다. 안전 및 재해상의 문제가 된다.

## 제5절 요약 및 결론

본 장은 농업용 저수지의 유지 및 안전관리에 관한 사항을 규정하고 미국과 일본의 유지관리 실태를 예로 들었다.

이 장에서 상술한 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 저수지의 기능을 유지·보전하고 재해예방과 기능증진을 위해 유지관리 지침을 작성하였다.
2. 미국에서는 1972년 제정된 댐안전법에 의해 댐 안전검사 시행이 보장되고 있으며 댐의 유지 및 관리를 위해 많은 예산을 투입하고 있는 실정이다.
3. 일본에서는 1954년부터 노후저수지 정비사업을 시행하고 있으며, 저수지 보전에 관한 관리조례를 규정하고 있다.

# 부 록



# 부 록

1. 콘크리트의 강도 시험
2. 중성화 시험
3. 철근의 녹에 대한 시험
4. 계측기의 종류와 용도

## 1. 콘크리트의 강도 시험

콘크리트의 강도 측정은 슈미트 해머에 의한 비파괴 방법과 코어 채취를 하여 압축강도 실험으로부터 강도를 산정하는 파괴 검사를 동시에 행하여 슈미트 해머에 의한 강도추정이 적정한가를 판단한다.

### 가. 슈미트 해머(Schmidt hammer)

#### (1) 개요

콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 방법이다.

- 장점 구조물에 영향을 주지않고 조작성이 간단하다.
- 단점 측정정도가 높지 않으므로 코어 보오링법에 의한 압축강도와 비교, 검토하여 타당성을 판단하고 상관계수를 계산해 보정할 필요가 있다.

#### (2) 시험방법

(가) 측정 부위는 모르타르로 피복된 평면을 선정하며 요철판이나 공포나 노출되어 있는 자갈 등의 부분은 피한다. 측정면 안의 약간의 요철은 연마석으로 평탄하게 갈고, 부착물은 닦아 낸다. 측정개소는 끝 부분에서 3cm 이상 들어간 곳에서 측정점이 서로 3cm 이상 떨어지게 크레용, 연필 등으로 20점 이상의 측정치가 얻어지도록 콘크리트 면에 표식을 한다.

(나) 슈미트 해머를 두손에 들고, 플런저(plunger)를 콘크리트면에 직각이 되도록 짹 누르면서 시행한다. 눈금을 읽어 기록하고, 같은 방식의 조작성을 20회 이상 반복하여 그 평균값을 반발경도 R로 한다. 편차가 20% 이상이 되는 점이 있으면 그것을 버리고 이것을 대신하는 것을 보충하고 나서 평균치를 구한다.

### (3) 주의 사항

(가) 부재두께 부재 두께가 얇아지면 R은 작아진다. 두께 10cm 이하의 바닥판이나 벽 또는 한 변이 15cm 이하의 단면, 기둥 등 작은 치수로 지간이 긴 부재는 피한다.

(나) 측정면의 상태 타격면은 모르타르로 피복된 평탄한 장소로 선정한다. 거푸집의 종류나 연마의 정도에 따라 영향을 받는다.

(다) 장기연령 장기간에 걸쳐 건조상태로 놓인 콘크리트는 표면의 탄산화 때문에 반발경도가 커진다. ASTM에서는 6개월 이상의 재령 콘크리트는 표면에서 5mm를 연마하고 시행해야 한다고 되어 있다.

### (4) 결과의 계산

#### (가) 결과의 추정

정육면체 강도와 반발경도와의 관계식을 사전에 구해 두는 것이 원칙이지만, 구해져 있지 않을 경우는 슈미트 해머에 첨부되어 있는 검정곡선도를 이용한다. 검정곡선도를 이용하지 않을 경우는 다음식에 의해 구한다.

$$\Sigma_c = -120.6 + 8.0 R_0 + 0.0932 R_0^2 \quad (\text{식 A-1})$$

$$\Sigma_c = -184 + 13.0 R_0 \quad (\text{식 A-2})$$

여기서,  $R_0$ 는 보정치  $\Delta R$ 을 더한 값이다.

#### (나) 보정하는 방법

- ① 타격방향이 경사져 있을 경우
- ② 콘크리트가 타격방향에서 직각의 압축응력을 받고 있는 경우
- ③ 수중양생을 지속한 콘크리트를 건조시키지 않고 측정했을 경우

$$\Delta R = +5$$



④ 시공후 건조상태로 보호된 콘크리트는 실제보다 크게 나오므로 구한 압축강도에 경년계수를 곱한다.

<표 A-1> 재령과 경년계수

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
경년계수	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

(5) 판정기준

부재마다 또는 피해의 정도에 편차가 있는 경우는 그 정도마다 평균치와 표준편차를 구하여 평점을 매긴다.

<표 A-2> 콘크리트 압축강도 판단기준

콘크리트의 압축강도 (실측치와 설계치와의 관계)	평점
실측치 $\geq$ 설계치 + 표준편차	1.0
(설계치 + 표준편차) $>$ 실측치 $\geq$ ( 0.5 $\times$ 설계치 + 표준편차 )	0.5
표준편차 $<$ ( 0.5 $\times$ 설계치 + 표준편차 )	0

\* 관련되는 항목 코어 보어링(Core boring)법에 의한 압축강도

나. 코어 채취에 의한 압축강도

원주형의 코어 공시체를 드릴로 절단하여, 압축강도시험으로부터 콘크리트가 설계상의 필요상의 압축강도를 확보하고 있는가를 검토한다.

○ 장점 측정 정밀도가 높다.

○ 단점 코어 채취가 힘들고, 채취 후 원상복구해야 하므로 비용이 많

이 든다.

(1) 시험방법

다음과 같은 한국공업규격의 시험 방법을 참조한다.

- KS F 2422 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법
- KS F 2411 콘크리트 코어의 길이 측정방법
- KS F 2405 콘크리트 압축강도 시험방법

(2) 보오링 기계의 선정

(가) 드릴의 직경은 100mm를 원칙으로 한다.

(나) 드릴의 끝은 다이아몬드제, 기계는 전동식을 사용한다.

(3) 코어의 채취길이

벽 및 슬라브에 대해서는 전 두께를 채취한다. 기둥의 경우에는 주근의 내측에서 200mm 이상을 채취하는 것을 원칙으로 하고, 100mm 이하로 될 때에는 다시 채취하는 것으로 한다.

(4) 주근이 물린 경우의 처리

미리 철근탐지기, 칩핑(chipping)에 의해 철근의 위치를 확인하여 절단을 할 수 있는 범위가 작게 되도록 노력한다. 벽, 바닥슬라브의 코어 공시체에 포함된 철근은 2본을 한도로 하고 3본을 물고 있는 경우에는 보오링을 다시 한다. 또 2본이라도 교차하고 있는 철근을 물고있는 경우에도 보오링을 다시 한다. 보오링에 의해 철근을 절단한 경우에는 철근 주변의 콘크리트를 충분히 칩핑하여, 절단된 철근과 같은 재질, 같은 직경의 것을 중첩하여 용접한다.

(5) 채취한 코어의 관찰

채취한 코어에 대하여 다음과 같은 항목을 기록한다.

(가) 마감재, 방수재 등의 종류, 두께

(나) 콘크리트 부분의 길이, 다짐이나 분리의 상태

(다) 나무조각 등 이물질을 포함하고 있는 경우에는 그 종류, 크기, 위치

(라) 철근을 포함하고 있는 경우에는 철근의 지름, 종류(이형, 원형),  
위치, 녹의 상태

(마) 중성화 깊이

(바) 강도시험용 공시체에 절단된 부분

(사) 기타, 헐어낸 부분, 균열, 사석의 유무등의 상태

(아) 전체적인 모습의 스케치

(6) 강도시험 방법

(가) 시험 준비

① 코어의 마감재를 제거한 부분으로부터 코어의 축에 직각으로 콘크리트를 커터(cutter)로 잘라내어 강도시험용 공시체로 한다.

② 절단해 낸 공시체의 길이는 코어 직경의 2배를 초과하지 않는 범위 내에서 가능한 한 길게 한다.

③ 절단해 낸 공시체에는 철근을 포함하지 않도록 한다.

④ 철근의 제거 때문에 공시체의 길이가 직경의 1.1배 이하로 되는 경우에는, 철근을 포함한 길이가 ②의 조건을 만족하는 것으로 한다.

⑤ 공시체의 양단면은 캠핑을 하거나, 연마해서 소정의 평면으로 마감해야 한다.

⑥ 공시체는 일반적으로 시험때까지 40~48시간 수중( $20 \pm 3^\circ\text{C}$ )에 방치해



둔다.

다만, 시험의 목적에 따라서는 반드시 수중에 넣지 않을 수도 있다.

⑦ 공시체의 상하양면의 양단부근 및 높이의 중앙에서 서로 직교하는 2 방향의 직경을 0.25mm까지 측정하여 그 평균치를 공시체의 직경으로 한다. 공시체의 중심을 통하는 직경 양단의 측면에 있어서, 각각의 높이를 0.25mm까지 측정하여, 그 평균치를 공시체의 평균높이로 한다.

#### (나) 시험

공시체의 압축강도 시험방법은 KS F 2405에 따른다. 다만, 공시체의 높이가 그 직경의 2배보다 작은 경우에는 시험으로 얻은 압축강도에 길이와 직경의 비에 따라 보정한다.

#### (다) 보고

보고에는 다음과 같은 사항 가운데 필요한 것을 기재한다.

- ① 공시체의 번호
- ② 공시체의 채취 위치
- ③ 부재의 종류
- ④ 공시체의 중량
- ⑤ 재령
- ⑥ 평균직경, 평균높이(cm) 및 보정계수
- ⑦ 최대하중(톤)
- ⑧  $1\text{kg}/\text{cm}^2$  까지 계산한 압축강도
- ⑨ 공시체의 외관, 파괴상태, 기타

#### (다) 판정기준

<표 A-2>에 따른다.

관련되는 사항 슈미트 해머에 의한 압축강도, 중성화 시험, 철근녹의

## 판정, 압축강도 시험

### 2. 중성화 시험

#### 가. 개요

콘크리트는 신선한 경우 강알칼리성으로 철근의 부식이 발생하지 않으나 공기중에 오랫동안 노출되면 공기중의 탄산가스의 작용으로 시간이 지남에 따라 표면으로부터 서서히 중성화된다. 중성화되면 내부의 철근이 녹슬기 쉬우므로 구조물의 내구성에 영향을 준다. 따라서 중성화 깊이를 측정함으로써 콘크리트 구조물의 열화 정도를 판단할 수 있다.

○ 장점 페놀프탈레인 시약법은 조작이 간단하다. 재현성이 좋아 좋은 자료를 얻을 수 있다.

○ 단점 오차가 크다. (변동계수 0.4)

#### 나. 실험의 방법

##### (1) 페놀프탈레인

지시약의 일종으로 pH 8.2~10.0 이상의 알칼리측에서는 홍색으로 변하며, 중성에서는 무색이 된다. 측정은 콘크리트의 표면으로부터 발색점까지의 깊이를 대상으로 한다.

##### (2) 측정상 주의점

(가) 측정면은 균열면으로 한다.

① 콘크리트를 깨어낸 면 또는 할렬된 면에 실시하면 선명한 색을 얻을 수 있다.

② 공시체나 보오링코어에 의해 중성화를 측정하는 경우에는 할렬해서 측정하는 것이 바람직하다.

③ 보오링면이나 다이아몬드 커트로 절단한 면에 대해 중성화깊이를 측정할 경우는 그 면을 충분히 닦고 표면수를 건조시킨 후에 시약을 분무한다.

④ 보오링이 안되는 구조물은 칩핑(chipping)에 의한다.

(나) 페놀프탈레인은 가능한 한 조기분무한다.

(다) 함수율이 높은 콘크리트의 판독은 3일 후에 한다.

(라) 짙은색과 선홍색이 같이 존재하는 경우에는 선홍색 부분까지를 중성화 깊이로 한다.

(마) 중성화 깊이에는 변동계수 0.4 정도의 편차가 있기 때문에 조사개소는 많을수록 정도가 높게 된다.

### (3) 조사방법

(가) 중성화 깊이 측정시약은 1% 페놀프탈레인용액 사용을 원칙으로 한다. 시약은 95%의 에탄올 90  $cm^3$ 에 페놀프탈레인 1g을 용해한 후에 순수한 물을 첨가하여 100  $cm^3$ 를 만든다. 콘크리트가 건조되어 있을 경우 착색이 안되는 경우가 있는데 이러한 경우는 측정면에 조금 습한 정도로 물을 시료에 분무한다.

(나) 중성화 깊이는 측정면에 시약을 분무하여 콘크리트 표면에서 적색으로 착색되는 부분까지의 깊이의 평균값으로 한다.

(다) 중성화 깊이의 조사개소의 수는 각 조건별로 5개소 이상으로 한다.

(라) 철근의 부식상태는 콘크리트내부의 철근을 노출시켜 표면을 육안으로 관찰하고 부식정도를 분류한다.

(마) 철근의 부식상황의 조사개소는 각 조건별로 5개소 이상으로 한다.



(4) 측정순서와 방법

(가) 콘크리트를 깨낸 면에 중성화 실험을 할 경우

- ① 조사 개소의 환경조건, 부재명, 위치의 기록
- ② 조사 개소의 깨어낸 면의 표면상태의 기록 및 사진촬영이 바람직함
- ③ 마무리재가 있는 경우에는 그것을 10×10cm 크기로 깨내어서 제거해 마무리재의 종류, 두께, 열화 등의 상태 및 콘크리트의 표면상태를 기록한다.
- ④ 콘크리트를 지름 5~10cm 정도로 깨내고, 내부철근의 안쪽을 길이 3cm 이상 관찰한다.
- ⑤ 깨어낸 콘크리트 표면에 부착되어 있는 콘크리트 분말을 완전히 제거한다.
- ⑥ 철근의 표면을 육안으로 관찰하여 철근 1개마다 부식의 정도에 따라 분류한다. 철근의 부식상태를 사진촬영하는 것이 필요하다.
- ⑦ 철근의 종류, 지름, 피복두께, 방향을 측정 및 기록한다.
- ⑧ 중성화 깊이 측정용시약을 스프레이 등을 사용하여 콘크리트이 깨어낸 면에 분무한다.
- ⑨ 콘크리트의 표면으로부터 붉게 착색된 부분까지의 거리를 측정한다. 하나의 조사부위에서 3~5개소를 측정하여 평균치를 mm단위로 정리한 값을 그 부위의 중성화 깊이로 한다. 콘크리트의 균열이나 결함에 대해서 중성화 깊이가 측정점에 따라 크게 다를 경우에는 그 값을 단순히 산술 평균하고 중성화의 상태를 상세히 체크한다.

(나) 절취한 콘크리트공시체에 의한 경우

- ① 조사 개소의 환경조건, 부재명, 위치의 기록을 한다.
- ② 조사 개소의 절취전의 표면상태를 기록하고, 사진촬영을 하는 것이

바람직하다.

- ③ 절취를 하고, 에어 보어링에 의해서 코어공시체를 절취하는 방법을 사용한다. 경우에 따라서는 콘크리트 커터를 사용하여 콘크리트블록을 절취해도 좋다.
- ④ 공시체의 표면에 부착된 콘크리트분말을 청수를 사용하여 제거하고, 공시체표면에 측정번호 및 방향을 기록한다. 또한 사진촬영을 하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 마무리재가 운반중에 떨어져 나가지 않도록 주의하고 공시체가 운반중에 손상을 받지 않도록 포장을 한다.
- ⑥ 압축시험기등을 사용하여 원래의 콘크리트의 표면과 직각방향으로 쪼갬다. 채취 후의 공시체는 건조상태로 하고 될 수 있으면 빨리 측정하는 것이 필요하다.
- ⑦ 활렬면에 부착된 콘크리트 조각 등을 완전히 제거한다.
- ⑧ 절취한 공시체 중에 철근이 절단되어 있을 경우엔 철근의 종류, 지름, 피복두께, 방향을 측정·기록한다.
- ⑨ 중성화 깊이 측정용 시약을 스프레이 등을 사용하여 활렬면에 분무한다.
- ⑩ 콘크리트 표면으로부터 적색으로 착색되는 부분까지의 거리를 측정한다. 3~5개소에 대해서 측정하여 그 평균치를 mm단위로 정리한 값을 그 부위의 중성화 깊이로 한다. 균열이나 요철 등의 결함에 대해서 중성화 깊이의 측정치가 장소에 따라서 크게 다를 경우에는 단순히 평균한 것으로 중성화의 상태를 상세히 조사한다.
- ⑪ 측정 직후에는 측정대상 부재, 부재번호, 측정치, 중성화나 철근의 상황 등의 체크와 함께 활렬면에 대한 사진촬영을 한다.
- ⑫ 절취한 공시체로부터 철근을 빼내어 표면을 육안으로 관찰하고, 철근

1개마다 표준치수로 분류한다.

(5) 판단기준

다음식에 따라 구조물의 남은 사용년수를 추정한다.

$$t = \frac{t_o}{x^2} D^2 - t_o = t_o \left( \frac{D^2}{x^2} - 1 \right) \quad (\text{식 A-3})$$

여기서,

$t$  : 구조물의 남은 사용년수 (년)

$t_o$  : 시험시의 재령 (년)

$x$  : 시험시의 중성화 깊이 (cm)

$D$  : 주근의 피복두께 (cm)

이 식에서 얻은 남은 사용년수의 전 평균치를 구하여 다음과 같이 평가한다.

<표 A-3> 남은 사용년수와 평점

남은 사용년수 $t$ 의 평균치 (년)	평 점
$t \geq 30$	1.0
$30 > t \geq 15$	0.8
$15 > t \geq 0$	0.6
$t < 0$	0.4



### 3. 철근의 녹에 대한 시험

#### 가. 개요

철근콘크리트에 있어 철근의 역할은 인장강도와 부착강도이다. 철근이 녹이 스는 경우는 녹 발생에 수반하여 철근 단면결손, 철근과 부착강도의 변화, 녹 팽창압에 따른 콘크리트의 균열발생 등의 문제가 일어난다. 이러한 관점에서 내부철근의 녹 상태를 확인할 필요가 있다.

#### 나. 조사방법

① 철근위치라고 생각되는 부분에 철근을 따라 규칙적인 균열의 발생 여부를 눈으로 관찰한다. 규칙적인 균열의 발생이 있을 경우는 철근의 위치까지 철근표면을 상하지 않고 피복 콘크리트를 칩핑(chipping)하여, 균열이 철근 위치까지 발생했는지를 확인한다.

깎아낸 철근을 육안으로 관찰하여 버니어 캘리퍼스(vernier calipers)를 이용하여 철근의 직경을 측정한다. 철근이 녹슬어 있는 경우는 쇠솔(wire brush)로 녹을 제거하여 측정한다. <표 A-4>에 따라 등급을 매긴다.

- ② 코어 채취시 철근검사
- ③ 중성화 시험시 철근검사.

<표 A-4> 녹의 등급과 점수

등급	점수	철근의 상태
I	0	검은 표면의 상태, 또는 녹은 생겼지만 전체적으로 얇고 치밀한 녹으로, 콘크리트 면에 녹이 부착하여 있는 일은 없다.
II	1	부분적으로 떠오른 녹은 있지만, 작은 면적의 반점 모양으로 있다.
III	2	단면결손은 눈으로 관찰하여서는 확인할 수 없지만, 철근의 전 둘레 또는 전 길이에 걸쳐 녹이 생겨있다.
IV	3	단면결손이 생겨있고, 또 피복 콘크리트에 철근을 따라 균열이 발생되어 있다.

철근의 상태를 <표 A-4>에서 보이는 것과 같이 등급을 정하여, 각각에 점수( $E_i$ )를 부여한다. 다음에 조사한 철근의 총 본수에 대한 각각의 등급에 속하는 철근 본수의 백분율을 구하여, 점수와 백분율( $P_i$ )를 곱한 것의 합( $R = \sum E_i \times P_i$ )에 의해 <표 A-5>에 의해 평가한다.

<표 A-5> 녹의 정도와 평점

녹정도 ( $R = \sum E_i \times P_i$ )	평점
$0 \leq R < 10$	1.0
$10 \leq R < 60$	0.8
$60 \leq R < 120$	0.5
$120 \leq R < 300$	0

#### 4. 계측기의 종류와 용도

<표 A-6> 계측기의 종류와 용도

종류	설치위치	용도
경사계 (Inclinometer)		수평변위량과 위치, 방향 및 크기측정
간극수압계 (Piezometer)		과잉간극수압 측정, 안전성 해석 자료
지하수위계		지하수위 변화상태 수위변화원인 분석 및 대책수립
변형률계 (Strain gauge)		응력변형 상태 조사
Tiltometer		구조물의 경사변형상태 구조물 안전진단에 활용
지층침하계		각 지층의 층별침하 및 변동상황 조사
지표침하계	제 정 상 하류 사면	지표면 침하량을 측정 허용침하와 비교하여 안전진단 가능
균열측정계	균열 부위	균열 발생시 크기와 계속적인 변화의 정밀측정
토압계		지반의 하중변화 상태 조사