

# 경기도내 농업용 저수지의 제체 및 구조물의 노후도 조사 연구

## Studies on Structural Degradation of Agricultural Reservoirs in Kyungki Province

장 병 옥\* · 송 창 섭\*\* · 박 영 곤\*\*\*  
Chang, Pyoung Wuck · Song, Chang Seob · Park, Young Kon  
우 철 응\*\*\* · 원 정 윤\*\*\*  
Woo, Chull Woong · Won, Jeong Yun

### Summary

Field inspections and laboratory tests for 31 agricultural reservoirs in Kyungki province were performed to provide basic data for maintenance and rehabilitation of agricultural reservoirs and to evaluate structural degradation of agricultural reservoirs. Results of the study are as follows :

1) From survey's results of embankments, signs of settlement and lateral movement are appeared in 17 reservoirs. Crest settlement of 20~80cm, downstream settlement of 10~90cm, and 20~160cm lateral movement of embankments are detected from settlement and movement analysis of 17 reservoirs. Crest and downstream settlements and lateral movement are greatly occurred in 20~40 years after embankment construction. 2) About 39% of total reservoirs shows seepage problems occurred in the lower part of berm and retaining wall located between embankment and spillway. Probability of seepage problems is higher at retaining wall than others. 3) Concrete strength estimated by Schmidt hammer in structures of reservoirs is a range of 100~150kgf/cm<sup>2</sup> and average deviation of concrete strength is about 10kgf/cm<sup>2</sup>. Strength difference( $\Delta S$ ) between compressive strength estimated by Schmidt hammer and uniaxial compressive strength of concrete core is about  $\pm 100$ kgf/cm<sup>2</sup>. This difference is due to absence or presence of reinforced bar in concrete core, variable length of concrete core and limitation of Schmidt hammer. 4) About 68% of total reservoirs shows leaching, 58% alkali-aggregate reaction and 71% abrasion/frost. Leaching, alkali-aggregate reaction and abrasion/frost occurred in most reservoirs when passed 10 years after construction of structure parts.

\* 서울대학교 농업생명과학대학

\*\* 충북대학교 농과대학

\*\*\* 서울대학교 대학원

키워드 : 농업용 저수지, 노후도, 침하, 측방이동,  
누수, 백화현상, 세굴, 동해

## I. 서 론

저수지 또는 댐은 인간이 만든 토목구조물 중 가장 거대한 구조물의 하나로서 막대한 자원과 경비, 인력을 들여 만들어진 공익 재산이므로 체계적인 유지관리를 수행하여 효율적으로 사용하지 않으면 안된다. 만일 댐이 관리소홀이나 미숙으로 붕괴될 때 제체의 피해뿐만 아니라 하류지역의 인명 및 재산상의 피해가 막대하다는 점에서 국가적 차원에서 유지관리체계를 수립하는 것이 필요하다<sup>3)</sup>. 그러나 저수지는 그 면적이 대단히 넓고 또 흙과 돌 등 자연적 물질로 이루어져 하나의 자연으로 간주되어야 하므로 적합한 유지관리가 어렵다. 특히 우리나라의 경우 중·소규모 저수지를 관리하는 사람들의 기술 수준이 매우 낮고 제체와 저수지에 관계되는 복잡한 기술내용을 모두 알지 못하기 때문에 보다 효율적인 저수지의 유지관리를 위하여 정기적인 노후 및 안전조사가 필요하다<sup>2)</sup>.

선진국인 미국의 경우 1970년대 초반 여러 차례의 댐 파괴 사고로 엄청난 인명과 재산 피해를 겪은 후 댐의 유지관리 프로그램을 개발하기 시작하였으며,<sup>16)</sup> 일본은 약 25만개의 농업용 저수지에 대한 개보수를 위해 1954년부터 제도화하여 각종 사업을 실시하고 있다<sup>9)</sup>. 우리나라에서도 다목적 댐과 하구둑의 체반시설을 효율적으로 유지관리하기 위한 목적으로 1983년 3월 다목적댐 시설물 유지보수 지침을 작성하기 시작하여 1991년에 「다목적댐 및 하구둑 시설물 유지 보수지침」, 1993년에 「댐시설기준」, 1994년에 「댐시설 유지관리 기준」을 제정하였으며 농업기반시설의 경우 1994년에 「농업기반시설관리규정」을 제정하였다.

우리나라의 경우 1970년대 이후 다목적댐 등 대형 댐을 건설하기 시작한 이래 1986년 이후 댐의 안전도 및 유지관리에 대한 중요성

을 인식하고 종합적인 안전도 진단과 거동분석을 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 노후하여 안정성에 문제가 많은 것으로 지적되고 있으나, 여러가지 사회적 여건 때문에 이에 대한 투자나 관심이 미미한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 향후 농업용 저수지의 유지관리 및 개보수를 위한 기초자료를 마련하고 농업용 저수지의 노후화 실태를 파악할 목적으로 경기도내 농조관할의 31개 저수지에 대해 현장조사 및 실내시험을 실시하여 농업용 저수지의 제체부, 구조물부에 대한 노후도를 평가하고자 하였다.

## II. 조 사

### 1. 대상저수지

조사대상 저수지는 경기도내 농조관할 저수지를 대상으로 하였으며 사용년수를 기준으로 Table-1과 같이 31개 저수지를 선정하였다. 또한 대상저수지의 선정시에 저수지의 규모, 물리면적 등도 함께 고려하였는데 대상 저수지에 대한 각각의 값은 Fig. 1과 같다. 여기서 제체의 평균높이는 18.2m, 제체의 평균길이는 276m이며 물리면적은 평균 595ha이다.

Table-1. Classification of reservoirs by age

Age	<10 year	10~20 year	20~30 year	30~40 year	40~50 year	>50 year	Total
No.	2	10	7	5	4	3	31

### 2. 조사방법

저수지의 노후도 조사는 크게 제체부 및 구조물부로 구분하여 수행하였다. 제체부는 누수 등을 관찰하기 위한 육안조사 그리고 제체

**Table-2. Methods and examination of embankments and structures**

Part	Examination	
	Methods	Data
Embankments	Inspection by the naked eyes	Seepage
	Survey	Settlement Lateral Movement
Structures	Inspection by the naked eyes	Leaching Alkali-aggregate reaction Abrasion/Frost
	Non-destructive test	Estimated strength of concrete
	Concrete compression test	Uniaxial compression strength(UCS)

NA-5, FORNEY, USA)를 이용한 반발경도법을 선택하였다. 비파괴시험 결과를 비교하기 위해 구조물부의 콘크리트 코어를 채취하여 실내에서 콘크리트의 압축강도시험을 실시하였으며 그 결과를 토대로 구조물의 노후도 분석을 실시하였다. Table-2는 본 연구에서 수행된 제체부 및 구조물부의 조사방법 및 분석을 요약 정리한 것이다.

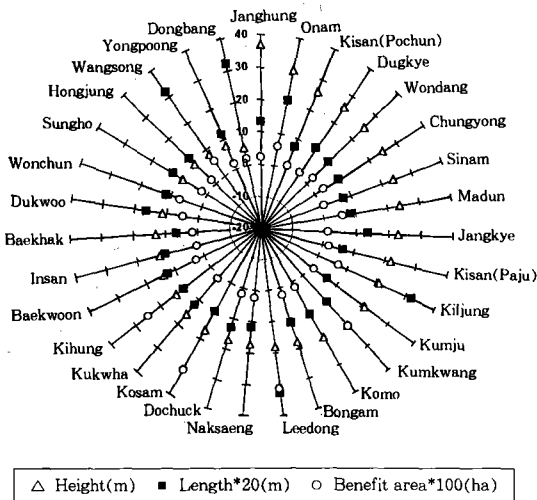
### III. 결과 및 고찰

#### 1. 제체부

##### 가. 침하 및 이동

제체의 침하는 대상저수지에 대한 제체측량을 실시하여 설계도면과의 비교를 통해 측정되었다. 제체의 측량은 20m 간격으로 실시하였으며, 제체의 이동 및 측방이동 분석은 31개의 조사저수지 가운데서 침하 및 이동의 징후가 나타나지 않는 14개 저수지를 제외한 17개의 저수지를 대상으로 하였다. Table-3은 조사 저수지의 제체부 침하 및 측방이동 결과를 정리한 것이다. 정정부의 최대침하량은 측정 중 최대값을 선정하였는데 20~80cm의 범위로 시공오차, 여성토, 차량통행 등과 같은 원인에 의해 침하가 발생된 것으로 판단된다. 상류사면의 침하는 길정 저수지를 제외하고는 대부분 별다른 침하현상을 보이지 않았으며 하류사면의 침하는 10~90cm로 성호 저수지에서 특히 크게 발생하였다. 또한 제체의 측방이동은 7개의 저수지에서 나타나고 있었는데, 대부분의 측방이동은 여성토로 인한 단면 확대 때문으로 사료되며 실제적으로 특별히 의미 있는 결과를 주지 않는 것으로 판단된다.

Fig. 2는 저수지 정부 및 하류부의 침하 그리고 측방변위를 나타낸 것으로 침하는 저수지의 노후기간이 20~40년에서 많이 발생하였다. 물론 제방정부에 차량이 통행함에 따른 침하, 그라우팅 등의 보수공사 등으로 인한



**Fig. 1. Height, length and benefit area of reservoirs investigated**

의 침하 및 변형도를 측정하기 위해 측량을 실시하였고, 구조물부는 제체부와 마찬가지로 누수, 세굴, 백화 및 동해 등을 관찰하기 위한 육안조사와 현장에서 콘크리트의 노후정도를 판단하기 위한 비파괴시험을 실시하였다. 비파괴시험은 반발경도법, 공진법, 초음파 속도법, 관입법, 인발법 등 많은 방법<sup>4)</sup>이 있지만 본 조사에서는 슈미트(Schmidt)해머(Model

Table-3. Maximum settlement and lateral movement of embankments

Reservoir Name	Year in Service	Maximum settlement(cm)		Lateral movement(cm)	Remarks
		Crest	Downstream		
Kosam	34	80	50	20- 40	
Kihung	33	70	30	-	
Madun	22	50	80	50-100	
Dochuck	22	-	20	-	
Sungho	39	50	90	20- 70	
Chungyong	23	40	10	-	
Jangkye	11	50	20	-	
Leedong	25	30	49	-	
Kumkwang	36	25	10	20	
Kisan(Paju)	22	30	-	100-160	
Wangsong	49	-	40	-	
Naksaeng	36	-	30	-	
Wonchun	68	-	30	-	
Dongbang	58	20	50	-	
Kiljung	8	50	20	50- 70	50cm settlement at upstream side
Insan	20	40	80	40- 80	
Kisan(Pochun)	18	30	-	-	

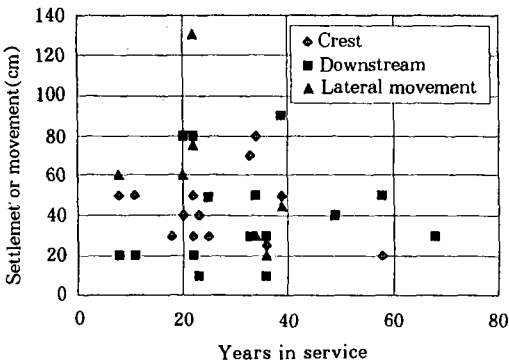


Fig. 2. Crest, downstream settlement and lateral movement of embankments

측방이동의 흔적 등이 영향을 미칠 수도 있지만 대체적으로 제방의 침하 및 이동은 보수가 잘 이루어지지 않은 20~40년의 제체에서 많이 발생하는 것으로 나타났다. Fig. 3은 노후 기간에 따른 저수지의 보수이력을 보여주는 것으로, 보수는 20년 미만의 것이 3개소, 20~40년의 것이 1개소 그리고 40년 이상인 경

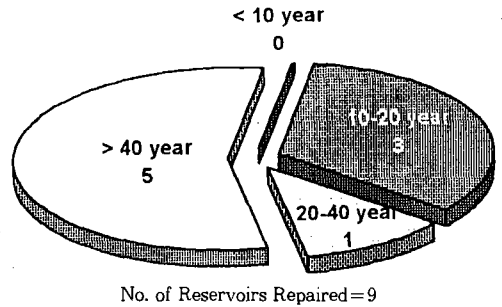


Fig. 3. Number of reservoirs repaired according to years in service

우는 5개소에 대해 이루어졌다. 여기서 알 수 있는 것은 저수지의 노후기간이 40년 이상이 될 경우 노후화에 따른 제방보수가 특히 많이 이루어지며 20년 미만인 경우는 시공상의 불량 등으로 인해 제체보수를 실시한 것으로 판단된다.

나. 누수

31개 저수지에 대해 노후기간에 따른 누수

No. of Reservoirs with Seepage Problems=12

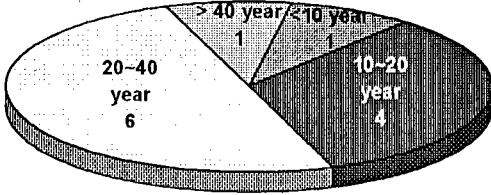


Fig. 4. Seepage problems of embankments according to years in service

Table-4. Locations and appearances of seepage problems

Seepage	Location		
	Conduit	Retaining wall	Below berm
Number of appearance	2	8	3

여부를 조사한 결과 Fig. 4와 같은 결과를 얻었다. 저수지의 노후기간에 따른 누수의 경우 10년 미만의 저수지는 제체부의 누수가 거의 없었고 40년 이상된 저수지의 경우는 대부분이 보수를 실시하여 1개 저수지를 제외하고는 제체부의 누수가 발견되지 않았다. 제체부의 누수가 발생하는 저수지는 저수지의 노후기간이 10~40년의 것으로 대부분 보수를 실시하지 않아 누수 정도가 심한 것으로 판단된다. 또한 누수가 발생한 저수지는 전체의 39%로 대부분이 제체 하류사면의 소단 아래 부분 그리고 여수토와의 연결부분인 측면 옹벽부위에서 발생하고 있었는데 조사저수지에 대한 누수의 발생위치 및 개소를 간략히 요약하면 Table-4와 같다. 조사저수지 가운데에 제체의 누수는 제체와 여수토 연결부위인 옹벽에서 가장 많이 발생하였으며 제체의 유지관리시에 이 부분에 대한 특별한 주의가 필요하다고 사료된다.

## 2. 구조물부

구조물부는 여수토 부분과 기타 부분(취수탑, 문비, 연락교량)에 대해 조사 및 분석을

실시하였다.

### 가. 콘크리트 압축강도

콘크리트의 압축강도는 슈미트(Schmidt)해머를 이용한 반발경도시험 그리고 실내에서의 압축강도시험을 통하여 산정하였다. Fig. 5는 여수토부의 각 부위별 반발경도법에 의한 강도 추정값을 저수지의 노후기간에 대해 도시한 것이다. 그림에서 저수지의 노후기간에 관계없이 각 부위별 강도는 거의 일정하게 100~150kgf/cm<sup>2</sup>의 범위에 있음을 알 수 있다. 이는 Fig. 6에서 알 수 있듯이 사용기간에 관계없이 구조물부에 대한 개보수가 이루어졌기 때문으로 사료된다. Fig. 7은 급류부 옹벽에서 채취한 콘크리트 코어의 일축압축강도 시험결과와 급류부에서 측정된 슈미트해머 타격값을 통한 추정값의 차이( $\Delta S$ )를 노후기간에 대해 나타낸 것이다. 반발경도법에 의한 추정압축강도와 코어의 압축강도시험에서의 압축강도의 차이는 대부분  $\pm 100\text{kgf/cm}^2$ 이내에 존재하지만 240kgf/cm<sup>2</sup>의 큰 차를 보이는 것도 있었다. 이와같이 값 차이가 큰 폭으로 변화하는 이유는 콘크리트 코어의 철근의 유무, 일정하지 않은 길이, 반발경도법 자체의 한계 때문으로 판단된다.

Fig. 8은 각 부위별로 슈미트해머 추정강도

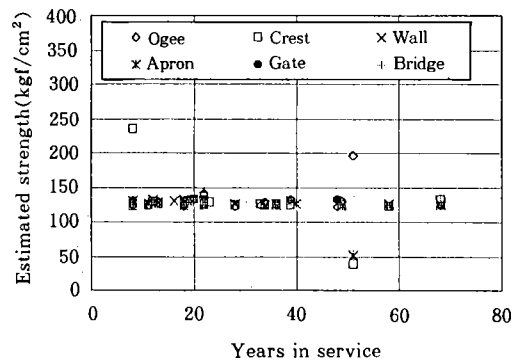


Fig. 5. Estimated strength of spillway according to years in service

No. of Reservoir Repaired=10

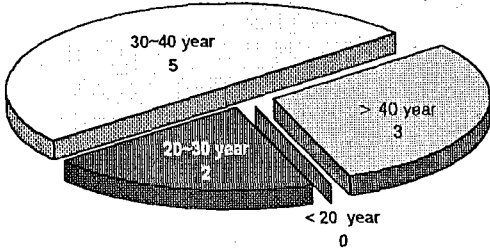


Fig. 6. Number of spillway repaired according to years in service

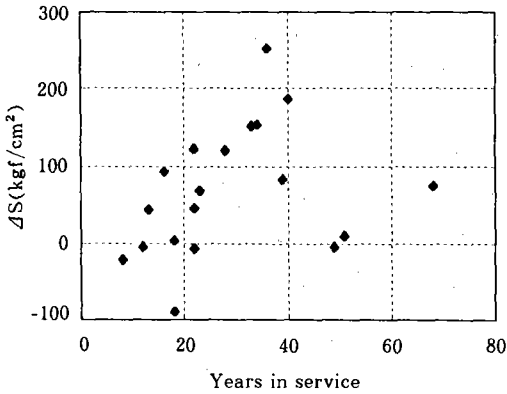


Fig. 7. Relationship between  $\Delta S$  and years in service

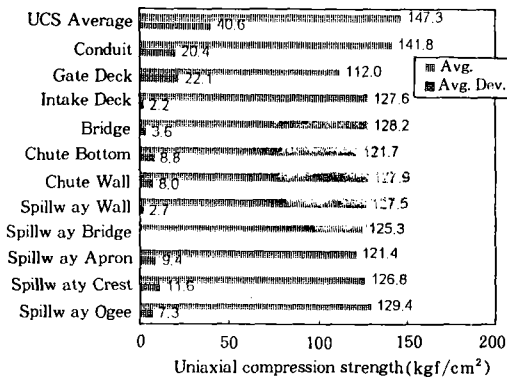


Fig. 8. Average strength of concrete and deviation values at each part of reservoirs

의 값을 종합하여 모든 저수지에 대해 평균과 평균편차를 구하여 도시한 것이다. 그림에서

일축압축강도(Uniaxial compression strength, UCS) 시험결과가 큰 평균편차를 보이는 것은 앞서 Fig. 7에서 살펴본 원인에 의한 것이다. 또한 문비상판과 통관부위에서 큰 평균편차를 보이는 것은 이들 부분에 대한 조사 해당 저수지가 각각 5개에 불과하기 때문으로 다른 부위에 비해 상대적으로 큰 수치를 보이고 있는 것으로 판단된다. 나머지 부위는 평균편차가 대략 10kgf/cm<sup>2</sup> 내외로서 각 저수지별로 강도의 차이가 별로 없다는 것을 알 수 있다.

나. 누수, 백화, 세굴 및 동해

구조물부의 누수, 백화, 세굴 발생 현황은 Fig. 9와 같다. 31개 저수지를 조사한 결과 구조물부에서 누수가 발생하는 곳은 전체의 68%(21개소)이며 백화현상이 발견되거나 진

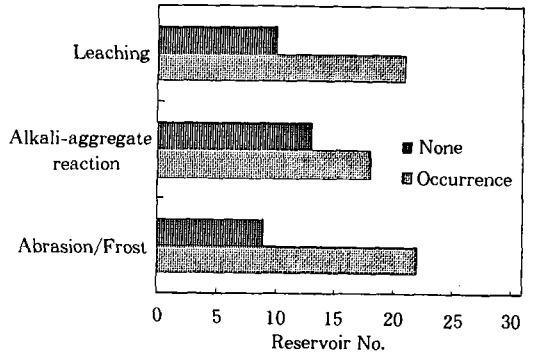


Fig. 9. Appearance of leaching, alkali-aggregate reaction and abrasion/frost in structure part of reservoirs

Table-5. Reservoir number of leaching, alkali-aggregate reaction and abrasion/frost with years in service

Part	Years in service			
	< 10 year	10~20 year	20~40 year	> 40 year
Leaching	1	8	8	4
Alkali-aggregate reaction	1	7	7	3
Abrasion/Frost	-	8	10	4

행되고 있는 곳은 전체의 58%(18개소)이다. 또한 세굴의 흔적이 발견되는 곳은 전체의 71%(22개소)이다. Table-5는 사용기간에 따른 구조물부의 누수, 백화, 세굴 및 동해를 정리한 것으로 완공후 10년 이상이 되면 대부분의 저수지에서 누수, 백화, 세굴 및 동해가 발생한 것으로 나타났다.

#### IV. 요약 및 결론

경기도내 31개 농업용 저수지를 대상으로 현장조사 및 실내시험을 통해 제체 및 구조물부의 노후도를 평가하고 그 결과를 제체 및 구조물부로 구분하여 분석하였다.

본 연구결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 제체부의 측량조사 결과 침하 및 이동의 징후는 17개 저수지에서 나타났으며 그중 정정부의 침하는 20~80cm로 시공오차, 여성토, 차량통행 등과 같은 원인에 의해 침하가 발생된 것으로 판단된다. 하류사면의 침하는 10~90cm 그리고 제체의 측방이동 20~160cm이었는데, 측방이동의 경우 대부분 여성으로 인한 단면확대 때문으로 사료되며 실제적으로 유의미한 결과를 주지 않는 것으로 판단된다.

2. 저수지의 정정부, 하류사면의 침하 그리고 측방변위는 사용기간이 20년~40년의 제체에서 많이 발생되었다. 또한 저수지의 보수는 20년 미만의 것이 3개소, 20~40년의 것이 1개소 그리고 40년 이상인 경우는 5개소로, 저수지의 사용기간이 40년 이상인 경우 제방보수가 특히 많이 이루어지며 20년 미만인 경우는 시공상의 불량 등으로 인해 제체보수를 실시한 것으로 판단된다.

3. 누수가 발생한 저수지는 전체의 39%로 대부분이 제체의 하류사면의 소단 아래부분 그리고 여수토와의 연결부분인 측면 옹벽부위에서 발생되었고 조사저수지 중에서 제체와

여수토 연결부분인 옹벽에서 누수의 발생이 가장 많은 것으로 나타났다.

4. 구조물부의 각 부위별 반발경도법에 의한 강도 추정값은 저수지의 노후기간에 관계없이 거의 일정하게 100~150kgf/cm<sup>2</sup>의 범위에 있으며 평균편차가 대략 10kgf/cm<sup>2</sup> 내외였다. 또한 반발경도법에 의한 추정압축강도와 코어의 압축강도시험에서의 압축강도의 차이는 대부분 ±100kgf/cm<sup>2</sup>이었는데 값 차이가 큰 폭으로 변화하는 이유는 콘크리트 코어의 철근의 유무, 일정하지 않은 길이, 반발경도법 자체의 한계 때문으로 판단된다.

5. 구조물부에서 누수가 발생하는 곳은 전체의 68%이며 백화현상이 발견되거나 진행되고 있는 곳은 전체의 58%이며 세굴의 흔적이 발견되는 곳은 전체의 71%이다. 또한 노후기간이 10년 이상이 되면 대부분의 저수지에서 누수, 백화, 세굴 및 동해가 발생하였다.

본 논문은 1995년도 농림수산특정연구사업에 의한 연구지원과제의 일부결과임.

#### 참 고 문 헌

1. 강인식 1980, 농업토목시설물별의 특성 및 유지관리상의 문제점, 한국농공학회지, 22(4), pp.20-25.
2. 김주창, 1980, 댐의 유지관리와 안전검사, 한국농공학회지, 22(4), pp.16-19.
3. 농림부, 1996, 농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책 (I), 농림수산특정사업보고서
4. 송영철, 1987, 비파괴시험의 조합법에 의한 콘크리트의 강도 추정에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문
5. 신일선, 1980, 우리나라 수리시설물의 실태, 한국농공학회지, 22(4), pp.8-15.
6. 이희영, 1982, 농지개량시설물 노후화 원

- 인과 개보수대책, 농업진흥, pp.66-69.
7. 정두희, 안병기, 1983, 우리나라 관개용 흙담 저수지의 외형적 제특성에 관한 연구, 한국농공학회지, 25(4), pp.29-37.
  8. 廣瀬伸, 1987, 農業用ため池の維持管理と整備, 土と基礎, 35-2(349), pp.11-16.
  9. 谷茂, 1987, 小規模アースダムの改修事例, 土と基礎, 35-2(349), pp.17-22.
  10. 久保直也, 田洌, 1987, 貯水池堆砂の處理對策, 土と基礎, 35-2(349), pp.63-69.
  11. 神谷光彦, 弓削陽治, 船越元, 多田哲司, 1985, 上流面を被覆した浸透流について, 土と基礎, 33-9(332), pp.47-50.
  12. 静岡県農地森林部開發防災課, 1986, 老朽ため池改修基準
  13. 静岡県農地森林部開發防災課, 1986, 多目的有效利用計劃調査報告(ため池實態調査)
  14. Canadian Dam Safety Association, 1995, Dam Safety Guidelines
  15. Healy, K.A., 1974, Evaluation and repair of stonewall-earth dams, Engineering foundation conference, Proceedings, Safety of Small Dams, ASCE, pp.149-178.
  16. United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, 1983, Safety evaluation of existing dams(SEED), A Water Resources Technical Publication, Denver, Colorado.

(접수일자 : 1997년 5월 6일)