



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017년 8월  
석사학위논문

# 전남지역 농업용저수지 재해예방을 위한 정밀안전진단 검토

조선대학교 대학원

에너지자원공학과

양 기 철

# 전남지역 농업용저수지 재해예방을 위한 정밀안전진단 검토

A review on precision safety inspection for disaster  
prevention of agricultural reserviors in Jeonnam

2017년 8월 25일

조선대학교 대학원

에너지자원공학과

양 기 철

# 전남지역 농업용저수지 재해예방을 위한 정밀안전진단 검토

지도교수 박 천 영

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2017년 4월

조선대학교 대학원

에너지자원공학과

양 기 철

# 양기철의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 조교수 박 철 현 (인)

위 원 조선대학교 교수 박 천 영 (인)

위 원 조선대학교 교수 고 진 석 (인)

2017년 5월

조선대학교 대학원

# 목 차

List of Tables .....	i
List of figures .....	iii
Abstract .....	iv
1. 서론 .....	1
2. 이론적 배경 .....	6
2.1. 정밀안전진단 .....	6
2.2. 지질조사 .....	13
3. 연구목적 .....	15
4. 조사방법 .....	16
4.1. 기존 자료수집 및 검토 .....	16
4.2. 정밀안전진단 조사방법 .....	16
4.3. 지질조사 방법 .....	17
5. 조사결과 및 고찰 .....	19
5.1. 조사대상 현황 .....	19
5.2. 정밀안전진단 결과 .....	20
5.3. 지질조사 결과 .....	26
5.4. 안전등급과 지질조사 결과의 비교검토 .....	30
5.5. II타입 저수지 조사결과 검토 .....	32
5.6. III타입 저수지 조사결과 검토 .....	38
6. 결론 .....	48
참고문헌 .....	49
부록 .....	51

## List of Tables

Table 1-1. 국외 저수지 붕괴 사례 .....	5
Table 2-1. 정밀안전진단 흐름도 .....	10
Table 2-2. 정밀안전진단 수행조사 .....	11
Table 5-1. 조사대상 시군 현황 .....	19
Table 5-2. 정밀안전진단 안전등급 .....	20
Table 5-3. 정밀안전진단 긴급점검 안전등급 비율 .....	22
Table 5-4. D, E등급 저수지의 댐마루 안전등급 비율 .....	23
Table 5-5. D, E등급 저수지의 상류사면 안전등급 비율 .....	24
Table 5-6. D, E등급 저수지의 하류사면 안전등급 비율 .....	25
Table 5-7. 사질토의 상대밀도(Compaction), 내부마찰각과 N값의 관계 .....	26
Table 5-8. 표준관입시험 결과에 따른 지질상태 비율 .....	28
Table 5-9. 투수시험 결과에 따른 지질상태 비율 .....	29
Table 5-10. 안전등급과 지질조사의 타입별 분류기준 및 비율 .....	31
Table 5-11. II타입 저수지 현황 .....	32
Table 5-12. 부평저수지 안전등급 판정 .....	33
Table 5-13. 부평저수지 시추조사 결과 .....	34
Table 5-14. 망월저수지 안전등급 판정 .....	35
Table 5-15. 망월저수지 시초조사 결과 .....	37
Table 5-16. III타입 저수지 현황 .....	38
Table 5-17. 용월저수지 안전등급 판정 .....	38
Table 5-18. 용월저수지 지질조사 결과 .....	39
Table 5-19. 오상저수지 안전등급 판정 .....	39
Table 5-20. 오상저수지 지질조사 결과 .....	39
Table 5-21. 천마저수지 안전등급 판정 .....	40
Table 5-22. 천마저수지 지질조사 결과 .....	40
Table 5-23. 영호정저수지 안전등급 판정 .....	41
Table 5-24. 영호정저수지 지질조사 결과 .....	41
Table 5-25. 봉소저수지 안전등급 판정 .....	42

Table 5-26. 봉소저수지 지질조사 결과 .....	42
Table 5-27. 가랑저수지 안전등급 판정 .....	42
Table 5-28. 가랑저수지 지질조사 결과 .....	43
Table 5-29. 옥연1저수지 안전등급 판정 .....	43
Table 5-30. 옥연1저수지 지질조사 결과 .....	43
Table 5-31. 신석저수지 안전등급 판정 .....	44
Table 5-32. 신석저수지 지질조사 결과 .....	44
Table 5-33. Ⅲ타입 저수지의 댐마루 안전등급 비율 .....	45
Table 5-34. Ⅲ타입 저수지의 상류사면 안전등급 비율 .....	46
Table 5-35. Ⅲ타입 저수지의 하류사면 안전등급 비율 .....	47



## List of Figures

Fig. 1-1. 붕괴사고가 발생한 농업용 저수지 .....	1
Fig. 1-2. 붕괴사고가 발생한 농업용 저수지의 현황 및 안전등급 .....	2
Fig. 1-3. 저수지 파괴 발생시 홍수발생 영역 .....	3
Fig. 2-1. 정밀안전진단 조사 수행사진 .....	9
Fig. 4-1. 지질조사 현장사진 .....	18
Fig. 5-1. 조사대상 분포 현황 .....	19
Fig. 5-2. 정밀안전진단 긴급점검 안전등급 분포 .....	22
Fig. 5-3. D, E등급 저수지의 댐마루 안전등급 분포 .....	23
Fig. 5-4. D, E등급 저수지의 상류사면 안전등급 분포 .....	24
Fig. 5-5. D, E등급 저수지의 하류사면 안전등급 분포 .....	25
Fig. 5-6. 표준관입시험 결과에 따른 지질상태 분포 .....	28
Fig. 5-7. 투수시험 결과에 따른 지질상태 분포 .....	29
Fig. 5-8. 안전등급과 지질조사의 타입별 분포 .....	31
Fig. 5-9. 부평저수지 위치도 .....	32
Fig. 5-10. 부평저수지 정밀안전진단 조사사진 .....	33
Fig. 5-11. 부평저수지 물리탐사 결과 및 시추위치 .....	34
Fig. 5-12. 망월저수지 위치도 .....	35
Fig. 5-13. 망월저수지 정밀안전진단 조사사진 .....	36
Fig. 5-14. 망월저수지 물리탐사 결과 및 시추위치 .....	36
Fig. 5-15. III타입 저수지의 댐마루 안전등급 분포 .....	45
Fig. 5-16. III타입 저수지의 상류사면 안전등급 분포 .....	46
Fig. 5-17. III타입 저수지의 하류사면 안전등급 분포 .....	47

## Abstract

### A review on precision safety inspection for disaster prevention of agricultural reservoirs in Jeonnam

By KI-CHEOL YANG

Adv. Prof. : Park, Cheon Young

Dept. of Advanced Plant Construction Engineering

Graduate School, Chosun University

Reservoir is a very useful hydraulic structure, which can prevent water from flowing in the downstream direction and store water. In this country, the reservoirs are approx. 17,569 capable of storing 2,772 million-m<sup>3</sup> of water and offering agricultural water to 450,000-hectare farms. Additionally, the reservoir plays a remarkable role to reduce flooding by storing water during floods.

Agricultural reservoirs have been constructed to supply only the agricultural use without flood control. Since many agricultural dams were damaged during the typhoon Rusa in 2002, the government strongly began the replacement project for the existing agricultural dams from 2003.

The aim of this study was to investigate the applicability of the geological survey for disaster prevention of agricultural reservoir, the preparation for the emergency could be performed as well as the methods could be used on disaster prevention and management.

The convention(precise) survey was performed to examine the risk assessment in agricultural reservoirs of 101 sites in Jeonnam area, Korea. For comparison, the geological survey was also conducted.

Results of the precise survey showed poor risk level(D~E) of agricultural reservoirs of 34%, indicating that the agricultural reservoirs in this study area

were appeared poorly. The poor risk level of the geological survey was 66%.

A comparison analyses under same sites for the precise survey and the geological survey, good risk level(A~C) in the precise survey and poor risk level in the geological survey of 41% was showed.

Results demonstrate that the accuracy enhances of disaster prevention and management due to the geological survey inclusion of geophysical prospecting, boring test, permeability test and standard peneration test. However, precise survey could not contribute to the disaster prevention and management in our investigation conditions because the precise survey was not accurate enough to promote the water leak.

# 1. 서론

우리나라는 기상이변 등의 요인으로 최근 몇년간 크고 작은 자연재해가 발생하면서 재산과 인명피해가 발생했다. 특히 1996년과 1998년의 임진강 유역과 경기북부 지역의 집중호우를 시작으로 2000년에서 2014년까지 대형 태풍의 영향으로 댐과 저수지등 수리시설물의 담수능력을 초과하는 폭우로 인해 전국적으로 유례없는 막대한 홍수피해 및 저수지 붕괴사고가 발생하였다. 이와 같은 자연재해는 기상이변 등의 불가피한 측면이 직접적인 원인이나 그동안의 재해예방에 대한 대비와 대책의 부족, 예방 및 복구체계의 미흡 등의 원인도 있음을 부인할 수 없기 때문에 재해 예방 능력강화 등 피해방지를 위한 물리적, 사회적 기반구축을 위한 효과적인 재해대응방안이 요구되고 있다.

특히 2013년 4월 경주 산대저수지 붕괴사고 이후 노후 수리시설물 안전성에 대한 관심이 모인 가운데 최근 몇 년간 영천 괴연저수지, 기장 내덕저수지 등이 잇따라 붕괴되면서 안전성에 대한 문제가 지속적으로 대두되고 있다.

붕괴사고가 발생한 경주 산대저수지는 제방 일부가 유실되면서 16만톤 이상의 농업용수가 하류부에 위차한 마을과 농경지를 덮쳤다. 이사고로 농경지 2ha가 유실되었고 아파트, 주택, 종합운동장 등이 물과 토사로 잠기는 피해를 입었다. 영천 괴연저수지는 축조된지 60년 이상된 노후저수지 임에도 재해위험저수지로 분류되지 않았으며, 붕괴발생 전 실시된 정밀안전진단에서 양호상태인 B등급 판정을 받았다. 하지만 붕괴 당시 5일간 290mm/day의 집중호우가 내려 물넘이가 붕괴되었고 저수된 6만톤의 물이 범람하여 마을, 도로 및 농경지에 침수피해가 발생하였다.

Fig. 1-1. 붕괴사고가 발생한 농업용 저수지



이러한 붕괴사고의 원인은 자연적 원인과 인위적 원인으로 구분할 수 있다. 자연적 원인으로는 최근의 기후변화를 들 수 있다. 1970년대를 통틀어 222회였던 100 mm/day 이상의 집중호우는 2000년대에 들어서 385회로 약 1.7배 증가하였다. 과거에 축조된 저수지들은 과거의 강우자료를 근거로 설계시공이 되었기 때문에 최근의 게릴라성 집중호우에 취약할 수 밖에 없으며 저수지내 토사퇴적으로 인한 저수량 감소 또한 붕괴의 원인이 되었다. 인위적 원인은 현행 정밀안전진단의 한계를 들 수 있다. 괴연저수지 역시 시설물별 안전등급은 제방 A(우수)등급, 수문 B(양호)등급, 물넘이 C(보통)등급이었지만 시설물 종합등급은 양호상태인 B등급으로 판정되어 재해위험시설에서 누락되어 보수보강이 이루어지지 않았다. 붕괴사고는 C등급으로 판정된 물넘이에서 발생하였다.

Fig. 1-2. 붕괴사고가 발생한 농업용 저수지의 현황 및 안전등급

경주 산대저수지 (2013년 4월 붕괴)	기장 내덕저수지 (2014년 8월 붕괴)	영천 괴연저수지 (2014년 8월 붕괴)
		
		
주택 및 농경지 침수	주택 및 농경지 침수	3개 마을 주민대피 주택 및 농경지 침수
안전등급 C(보통)	안전등급 C(보통)	안전등급 B(양호)

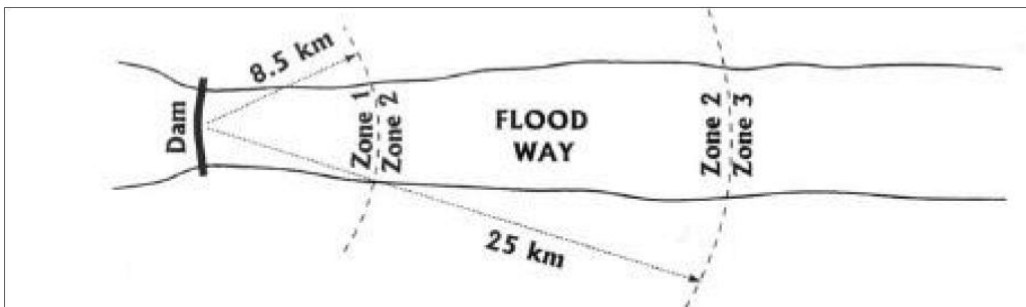
현행법상 총저수량 30만톤 이상의 저수지는 안전점검을 분기별로 1회 이상 실시해야하며 영농기전에는 반드시 실시해야하고, 정밀안전진단은 준공 후 10년 이상

지난 저수지를 대상으로 5년에 1회이상 정기적으로 실시하도록 규정되어 있다. 총 저수량 30만톤 미만의 저수지의 경우에는 안전점검을 분기별로 1회 이상 실시해야 하며, 정밀안전진단의 정기적 실시는 규정되어 있지 않지만, 안전점검에서 이상상황이 발견되었을 경우 예산을 신청하여 정밀안전진단을 받을 수 있다고 명시되어 있으나 예산과 인력 부족으로 신속히 이루어지지 않는다고 있다. 붕괴된 산대저수지가 이러한 경우이기도하다.

이와 같은 붕괴사고 이후 이를 예방하기 위하여 해당 지방자치단체 및 관계기관에서는 전국의 노후화된 저수지에 대한 정밀안전진단 긴급점검을 수행하였으며, 긴급점검 결과에 따라 기능유지 및 재해위험이 잠재 되어있는 시설물에 대하여 보수보강이 실시되었다. 하지만 현행법상 정밀안전진단은 수리시설물의 외관조사와 기계설비와 같은 구조물에 대한 안전성 평가는 구조물의 구분 없이 실시하는 기본조사로 규정되어 있으며, 시설물의 내부노후화 상태를 직접 조사할 수 있는 지질조사나 물리탐사는 선택조사로 규정하고 있어 안전등급 산정 시 지질조사나 물리탐사 결과가 반영되지 않는 경우가 빈번하게 발생한다.

농림수산식품부의 『농업생산기반시설 통합관리 시스템개발(2014)』에 따르면 저수지 붕괴의 영향은 파괴역학에 대한 연구(Vogel, 1993)와 파괴 후의 측정 결과에 따르면 댐 파괴시 파의 전달속도는 3~7m/s의 범위를 가진다. 재해의 정도는 댐이나 저수지의 규모와는 연관성이 적지만, 파괴의 진행과정과 밀접한 관련이 있다. 저수지의 붕괴 및 파괴에 의한 피해 및 재해에 대한 위험성을 인식하여 재해 발생시 침수 될 위험이 있는 지역주민의 대피 여건이 얼마나 잘 준비되었는지에 따라 인명 및 재산피해는 감소될 수 있다. 저수지 파괴발생 시 홍수 및 침수발생 지역은 아래의 Fig. 1-3과 같이 3개 영역으로 나눌 수 있다.

Fig. 1-3. 저수지 파괴 발생시 홍수발생 영역



콘크리트 또는 석괴 댐이 파괴되는 경우 초 기 20분내에 침수되는 Zone1(하류 8.5km 반경범위)에서의 사람의 생존가능성은 희박하다. 안전을 고려할 때 댐이 운용되는 동안 Zone 1에는 사람이 거주하지 않아야 하며, Zone 2와 Zone 3에 대한 정보체제의 구축은 필수적이라 할 수 있다.

따라서, 댐으로부터 원격조정이 가능한 홍수에경보 시설이나 원거리통신시스템을 Zone 2와 3에 설치하되 Zone1의 침수범위 밖에 위치시켜야 한다. 콘크리트 및 석 괴 댐의 파괴에 의해 야기되는 홍수는 막대한 힘을 갖고 있으므로, Zone 1에서 발생하는 홍수과고의 예측을 위해서는 예상되는 파괴 요인에 대한 파괴시나리오(A Probable hazardous failure scenario(PHFS))를 반드시 고려하여야 한다. 적절하게 작동되는 예경보 시스템이 있는 경우, 댐파괴 이후 초기 한시간 내에 침수되는 지역(댐 25km하류)인 Zone 2에 살고 있는 사람들은 자력으로 대피하는데 문제가 없으며, Zone 3의 하류지역 사람들은 공공의 비상조치계획에 따라 대피가 가능하다. 흙댐이나 제방댐은 그 붕괴과정이 콘크리트댐의 경우와는 전혀 다른 양상을 보인다.

대부분의 경우 흙댐 및 제방댐은 파괴의 경우와는 초기단계에서 최종적인 파괴단계에 이르기까지 상당한 시간이 소요된다. 이 경우Zone 1에 거주하는 사람들의 효율적인 대피가 가능할 것으로 보인다. 이에 대한 좋은 예로 1960년에 발생한 브라질의 Oros 댐의 파괴를 들 수 있는데, 120,000명의 사람들이 대피할 수 있었으며, 반면에 사상자는 50명 정도에 그쳤다. 또한 미국 LA의 Baldwin Hill저수지가 1963년에 파괴될 당시Zone 1에 상주하던 수백명이 성공적으로 대피하였다. 월류에 의해 파괴가 발생하는 경우 대부분의 흙댐은 전체 높이까지 파괴되는데 0.2~3시간 이, 록필댐은 0.2시간이 소요된다. 상류에 위치한 대댐이 파괴되어 발생하는 급작스런 홍수는 하류에 위치한 흙댐이나 사력댐의 전체를 휩쓸어버리기도 한다. 콘크리트 댐은 보다 오랜 시간 월류에 견딜 수있으나, 파괴의 진행속도는 매우 빠르다. 기초를 통한 파이핑 파괴의 경우파괴에 소요되는 시간은 댐의 형식에 관계없이 0.5~4.0시간의 값을 보인다. 댐의 본체를 통한 파이핑 파괴가 발생할 경우에는 0.3~4.0시간까지로그 시간이 다양하다. 이 경우 댐 기초형식에 관계없이 갑작스런 파괴를 가져오며, 이는 Puentes, St. Francis, Vega de Tera, Malpasset 댐 파괴의 경우와 같은 비극적인 예를 통해 알 수 있으며, 활동파괴가 발생한Bayless 댐이나 Tigra 댐의 경우도 비슷한 결과를 보인다.

Table 1-1. 국외 저수지 붕괴 사례

(1) Vaiont(이탈리아)

구 분	내 용
시설물 제원	- 제고 : 262m(아치댐) - 총저수량 : 115,000천톤
붕괴시기 및 원인	- 1963년 붕괴 - 집중호우로 인한 산사태로 저수지에서 발생한 파도에 의해 제체 손상으로 붕괴
피해정도	- 인적피해 발생(사망자 2,600명)

(2) Frias(아르헨티나)

구 분	내 용
시설물 제원	- 제고 : 15m(록필댐) - 총저수량 : 200천톤
붕괴시기 및 원인	- 1970년 붕괴 - 저수용량의 수십배의 홍수유입으로 댐 월류
피해정도	- 인적피해 발생(사망자 42명, 실종자 60명 이상) - 물적피해 : 포도농장과 사과, 배 등 경작물 피해

(3) Canyon Lake(미국)

구 분	내 용
시설물 제원	- 제고 : 152m(흙댐)
붕괴시기 및 원인	- 1972년 붕괴 - 일 강우량 250mm이상의 폭우로 인하여 저수지에서 발생한 파도가 제체를 세굴시키고 제체 월류
피해정도	- 인적피해 발생(사망자 237명, 실종자 5명) - 물적피해 : 가옥 1,200여채 완파, 상점과 공장 100개소 파손, 자동차 5,000여대 파손 등

(3) Machhu II(인도)

구 분	내 용
시설물 제원	- 제고 : 26m(흙댐) - 총저수량 : 101,000천톤
붕괴시기 및 원인	- 1979년 붕괴 - 설계홍수량 5,660톤/s의 2배이상의 유입량이 발생
피해정도	- 인적피해 발생(사망자 2,000여명) - 물적피해 : 가옥 7,000여채 파손, 농산물 피해



## 2. 이론적 배경

### 2.1. 정밀안전진단

#### 2.1.1. 정밀안전진단 적용기준

본 연구에서는 전남지역 농업용저수지 101개소에 대한 정밀안전진단 결과를 지질조사 결과와 비교검토 하였다. 정밀안전진단은 다음의 현행 제 규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 이행하고 있다. 명시되지 않은 사항 또는 제 규정이 서로 상충될 경우에 대하여는 아래의 제 규정을 우선하여 적용하고 있다.

- ① 시설물의 안전관리에 관한 특별법(국토교통부)
- ② 농어촌 정비법(농림축산식품부)
- ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부)
- ④ 농업생산기반 정비사업계획 설계기준 필답편(농림축산식품부)
- ⑤ 콘크리트 구조설계기준(국토교통부)
- ⑥ 농업생산기반시설 정밀안전진단실무 세부요령(한국농어촌공사)
- ⑦ 기타 관련 법규 및 지침

#### 2.1.2. 정밀안전진단 조사범위

수리시설물의 정밀안전진단은 주로 제체, 물넘이 및 취수시설로 대상시설을 구분하여 수행하며, 정밀안전진단의 대상시설물 및 실시범위는 아래와 같다.

- ① 관련자료 수집·분석 및 계획수립
- ② 현황조사
- ③ 현장조사(외관조사, 재료조사, 지질조사)
- ④ 시설물 상태평가
- ⑤ 안전성 평가(기능성 및 안전성 검토)
- ⑥ 종합평가 및 안전등급 지정
- ⑦ 보수·보강방법
- ⑧ 종합결론 및 유지관리 방안

### 2.1.3. 정밀안전진단 조사내용

#### 가. 기본조사

기본조사는 시설물의 구분 없이 기본적으로 실시하여야 하는 조사를 말한다. 기본조사의 현장조사 및 시험 항목은 최소필요 조건으로 특별한 사유가 있는 경우에는 이를 고려하여 세부지침에서 추가 또는 축소할 수 있다.

#### 1) 자료수집 및 분석

- 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문 계산서
- 시공·보수도면, 제작 및 작업도면
- 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료
- 시설물 관리대장
- 기존 안전점검, 정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강 이력

#### 2) 현장조사 및 시험

- 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성
  - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
  - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등
- 현장 재료시험
  - 콘크리트시험 : 비파괴강도(반발경도, 초음파전달속도, 탄산화 깊이측정)
  - 강재시험 : 강재 비파괴시험
  - 기계·전기설비 및 계측시설의 작동유무

#### 3) 상태평가

- 외관조사 결과분석
- 현장시험 및 재료시험 결과 분석
- 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견

#### 4) 안전성평가

- 조사, 시험, 측정 결과의 분석
- 기존의 구조계산서 또는 안정성평가 자료의 검토분석
- 내하력 및 구조 안전성평가
- 시설물의 안전성평가 결과에 대한소견

- 5) 종합평가
  - 시설물의 안전상태 종합평가 결과에 대한 소견
  - 안전등급 지정
- 6) 보수·보강 방법
  - 보수·보강 방법 제시
- 7) 보고서 작성
  - CAD도면 작성 등 보고서 작성

#### 나. 선택조사

선택 조사는 시설물의 여건에 따라 실시하여야 하는 조사로서 정밀안전진단의 목적을 달성하기 위하여 대상 시설물 특성 및 현지여건 등을 감안하여 실시하여야 한다.

- 1) 자료수집 및 분석
  - 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우)
  - 실측도면 작성(도면이 없는 경우)
- 2) 현장조사 및 시험
  - 시료채취 및 실내시험
  - 재하시험 및 계측
  - 지형, 지질, 지반조사 및 탐사, 토질조사
  - 수중조사
 

(하천교량의 경우, 최초 정밀안전진단 시에는 필수적으로 수중조사를 실시하여야 하며, 최초 정밀안전진단 이후에 하상정비계획 또는 준설 등에 의하여 교량주변에 하상변동이 발생했을 경우, 교량이 위치한 하천에서 계획홍수량 이상의 홍수가 발생했을 경우, 교량에 인접하여 교량확장, 철도 복선화 공사 등으로 인한 기초공사가 시행되었을 경우에는 수중조사를 필수적으로 실시하여야 한다.)
  - 누수탐사
  - 침하, 변위, 거동 등의 측정
 

(안전점검 실시결과, 원인규명이 필요하다고 평가한 경우 필수)
  - 콘크리트 체체 시추조사
  - 수리·수충격·수문조사

- 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등
- 조사용 접근장비 운용
- 조사부위 표면청소
- 마감재의 해체 및 복구
- 기계·진시설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측
- 기본조사 범위를 초과하는 강제 비파괴시험
- CCTV조사, 단수시키지 않는 내시경 조사 등
- 기타 관리주체의 추가요구 및 필요한 조사·시험

3) 안전성평가

- 구조·지반·수리·수문 해석  
 (구조계의 변화 또는 내하력 및 구조 안전성 저하가 예상되는 경우)
- 구조 안전성평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문
- 내진성능 평가 및 사용성 평가
- 제시한 보수·보강방법에 따라 보수·보강 시 예상되는 임시 고정하중에 대한 안전성평가

4) 보수·보강 방법

- 내진보강 방안제시
- 시설물 유지관리 방안제시

Fig. 2-1. 정밀안전진단 조사 수행사진



Table 2-1. 정밀안전진단 흐름도

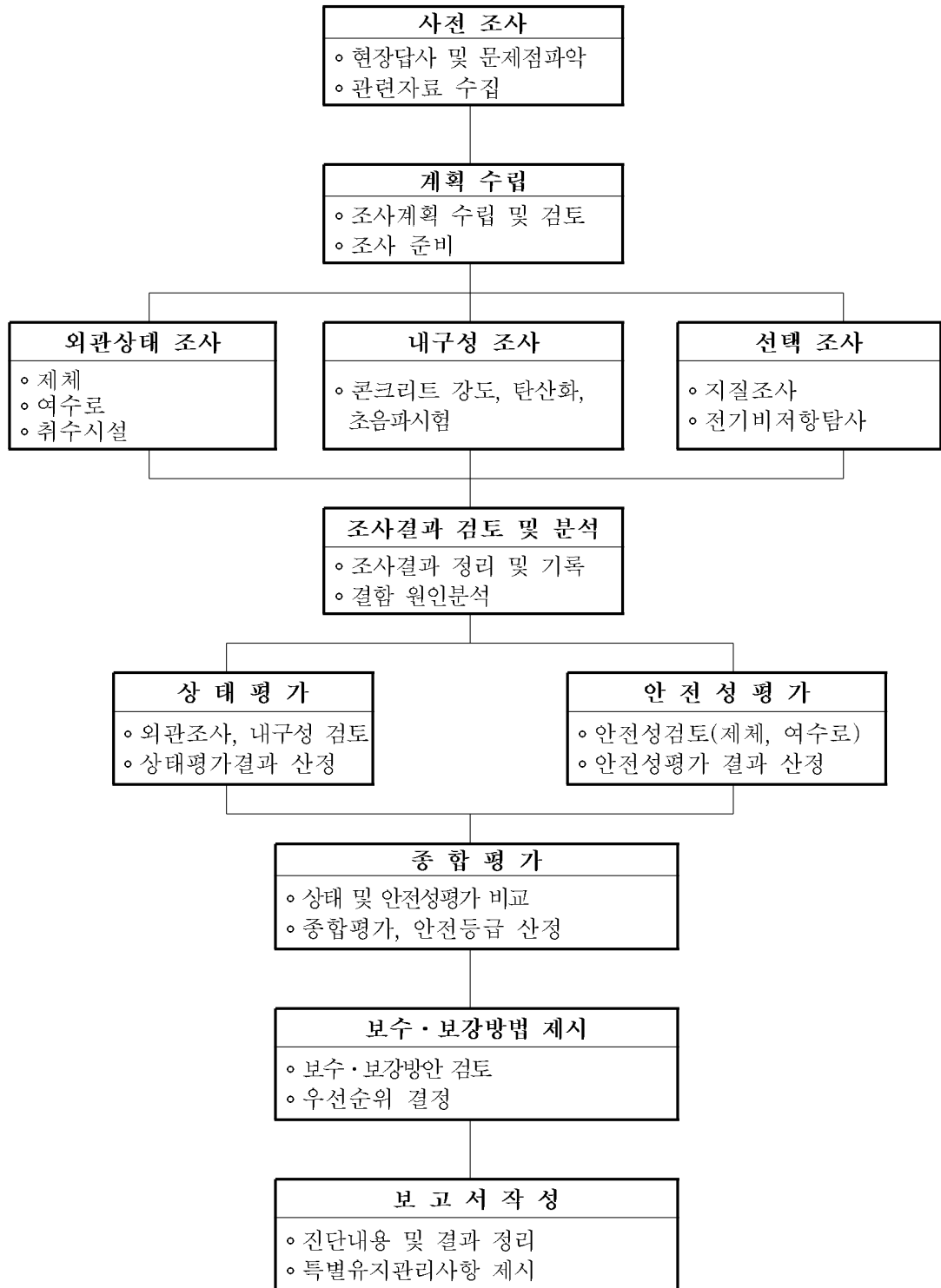


Table 2-2. 정밀안전진단 수행조사

과업내용	세부항목
1. 자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계 및 준공도서</li> <li>- 품질관리 관련 자료</li> <li>- 시설물관리대장</li> <li>- 기존 안전점검 결과 보고서</li> <li>- 운영 및 유지관리지침서</li> <li>- 기타 필요한 자료 등</li> </ul>
2. 현황 및 현장조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제체 중·횡단측량 : 수준 및 변위측량</li> <li>- 상세외관조사 : 제체, 양안부, 여수로, 취수시설               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 누수, 균열, 침하, 침식, 함몰, 식생, 동물서식 등</li> <li>· 콘크리트 구조물의 단차, 균열, 파손, 변형, 침식 등</li> <li>· 사통 및 취수구의 변형 등</li> <li>· 권양설비의 마모, 부식, 변형 및 작동상태</li> </ul> </li> <li>- 현장재료시험 : 여수로 및 취수시설               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 콘크리트 강도, 탄산화 시험, 철근탐지조사 등</li> </ul> </li> <li>- 지질조사 : 물리탐사</li> </ul>
3. 상태평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외관조사 결과분석</li> <li>- 현장재료시험 결과분석</li> <li>- 부재별 상태평가</li> </ul>
4. 안전성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제체 안전성 평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 제체 여유고, 사석 여유고, 상·하류사면 기울기</li> </ul> </li> <li>- 여수로 안전성 평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 여수토 측벽고, 방수로 측벽고, 감세공 측벽고</li> </ul> </li> </ul>
5. 종합평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종합평가 및 안전등급 지정</li> </ul>
6. 보수·보강 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보수·보강방법 제시 (필요성 판단, 수준의 결정, 공법의 선정, 우선순위의 결정)</li> </ul>
7. 종합 결론 및 유지관리방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종합결론 및 시설물의 유지관리 방안 제시</li> </ul>

수리시설물의 정밀안전진단은 농어촌정비법 제18조, 동법 시행령 제26조 및 농업 생산기반시설 관리규정 제16조에 의하여 시설물의 기능성 및 안전성의 진단을 통하여 재해의 사전예방과 원활한 용수공급으로 수혜지역 주민의 편익증대 및 생활환경을 향상시키고 시설물의 물리적 기능적 결함과 내재 되어있는 위험요인을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하기 위하여 기능성 및 결함원인 등을 조사 측정 평가하고 필요시 적절한 보수보강 방법 및 조치방안을 제시함으로써 재해를 예방하고 시설물의 효용성을 증진시켜 시설물의 안전성 및 공공의 안전을 도모하는데 목적이 있다.

정밀안전진단 및 안전점검은 세부적으로 정기점검, 정밀점검, 긴급점검, 정밀안전진단의 4가지로 분류된다. 정기점검은 경험과 기술을 갖춘 사람에 의한 세심한 외관조사 수준의 점검이며, 시설물의 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 관찰이다. 정밀점검은 시설물의 현 상태를 정확히 파악하고, 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 면밀한 외관 조사와 간단한 측정 시험장비로 측정 및 시험을 실시하는 것이다. 긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계 행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 요청한 때에 실시하는 정밀점검 수준의 안전점검이다. 마지막으로 정밀안전진단은 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물이 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위해 필요하다고 인정하는 경우에 실시하며, 령 제9조 1항에 해당하는 시설물은 제9조 2항에 의해 정기적으로 실시한다.

정밀안전진단은 안전점검으로 쉽게 발견할 수 없는 결함부위를 발견하기 위하여 정밀한 외관조사와 각종 측정 시험장비에 의한 측정 시험을 실시하여 시설물의 상태평가 및 안전성 평가에 필요한 데이터를 확보한다. 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하고, 이에 따른 보수보강 방법을 제시한다.

## 2.2. 지질조사

### 2.2.1. 지질조사 범위

지질조사는 정밀안전진단 조사의 선택적 조사로 규정되며 목적은 구조물 지층의 판단과 실내 및 현장시험을 위한 시료의 채취, 현장 토질특성 파악에 있다. 지질조사 위치의 선정은 물리탐사 및 외관조사 결과에 의하여 조사 목적을 달성할 수 있는 지점을 선정하며, 필요시 토목담당자와 상의하여 조사를 진행한다. 지질조사는 주로 제체, 물넘이 및 취수시설로 대상시설을 구분하여 수행하고 있다.

- ① 기존자료 수집·분석 및 계획수립
- ② 현장조사(외관조사, 지표지질조사)
- ③ 물리탐사(전기비저항 탐사)
- ④ 시추조사
- ⑤ 현장시험(투수시험 및 표준관입시험)
- ⑥ 공내 CCTV 촬영
- ⑦ 종합결론 및 보수보강 방안

### 4.2.2. 지질조사 내용

- 1) 기존자료수집 및 분석
  - 기존 시설물 관리대장 및 안전점검 결과 검토
  - 기존 지질조사 및 정밀안전진단 결과 검토
- 2) 현장조사
  - 지표지질조사
    - 구조물 부근의 암질 종류의 구분
    - 단층, 파쇄대, 편리, 풍화, 층리균열, 변질, 부정합, 산사태 등 관찰
  - 외관조사
    - 시설물의 손상상태를 파악하기 위한 조사망도 작성
    - 양안부 접속상태, 균열, 누수, 침하, 변위, 토사유실, 풍화, 함몰 등을 관찰
- 3) 물리탐사
  - 누수탐지 목적으로 쌍극자배열 전기비저항 탐사가 일반적
  - 경우에 따라서 자연전위(SP)탐사도 함께 적용



- 매질의 저항에 따라 발생하는 전위차를 통해 지질구조 파악
  - 누수 등 취약구간의 낮은 비저항대를 찾아서 누수유로 추적
- 4) 시추조사
- 시추장비를 이용한 구조물 내부 지층 판단
  - 실내시험 및 현장시험 시료채취(투수시험, 표준관입시험 등)
    - 구조물 누수여부 판단을 위한 투수계수 산정이 중요
- 5) 공내 CCTV촬영
- 관로 및 복통 내 균열 및 누수 등 취약구간 파악
- 6) 종합결론 및 방안제시
- 누수구간의 취약정도 분석을 통한 보수·보강 방안 제시

### 3. 연구목적

본 연구의 목적은 정밀안전진단에서 선택적으로 실시되는 지질조사의 필요성을 고찰하여 정밀안전진단 시 지질조사를 필수적으로 수행하고 지질조사 결과를 수리시설물의 안전등급 산정에 반영하여 수리시설물의 물리적 기능적 결함과 잠재적 위험요인을 발견함으로써 신속하고 적절한 보수보강 및 조치방안을 모색하고 수리시설물의 안전성을 확보하는 것이다.

정밀안전진단 긴급점검이 실시된 전남지역 농업용 저수지 135개 중 지질조사가 실시된 101개 저수지의 안전등급과 지질조사 결과를 비교 검토하였다. 안전등급은 높으나 지질조사 결과가 불량하여 잠재적으로 재해 가능성을 보이는 수리시설물 41개소를 확인하였다. 지질조사 결과 수리시설물의 내부 결함이 심각한 상태로 보수보강이 필요하였으나 안전등급은 보통인 C등급으로 결정되어 보수보강이 적기에 이루어지지 못한 것이다. 따라서 재해예방을 위한 수리시설물에 대한 정확한 평가를 위해서는 안전등급 판정 시 지질조사 결과 반영이 적합하게 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 4. 조사방법

### 4.1. 기존 자료수집 및 검토

조사대상에 대한 기존 안전점검 또는 정밀안전진단 결과 보고서를 검토하여 시설물의 과거 취약점을 확인하고, 시설물 관리대장을 통해서 시설물의 정확한 제원과 개보수이력을 파악하여 현장조사 계획을 수립하였다.

### 4.2. 정밀안전진단 조사방법

#### 4.2.1. 측량조사

측량조사는 조사대상의 표고, 변위 및 침하여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 측량을 통해 시설물 평면도와 종단면도, 횡단면도, 표준 단면도를 작성하였으며 이를 통해 보수보강이 필요한 시설물의 개보수 세부설계에 활용하였다.

#### 4.2.2. 상세외관조사

상세외관조사는 시설물의 손상상태를 정확하게 파악하기 위하여 저수지 양안부의 접속상태와 시설물의 표면균열, 누수, 침하, 변위, 토사유실, 풍화, 함몰, 박리, 세굴, 철근노출 등과 같은 손상상태를 부재별로 작성된 조사망도에 조사·기록하였다.

101개 조사대상에 대하여 시설물이 결함 진행정도 및 손상정도를 비교하기 위하여 『농업생산기반시설 정밀안전진단 실무세부요령』의 수행절차에 맞게 체체를 댐마루, 상류사면, 하류사면의 3개의 개별시설로 구분하여 20m간격으로 현장조사망을 설정하여 조사하였다.

#### 4.2.3. 상태평가

상태평가는 시설물의 결함정도를 포함한 부재의 상태를 평가하는 것으로 상세외관조사 등 현장조사 내용을 기초로 평가기준에 따라 부재별로 상태등급을 부여하였다. 개별시설물의 상태평가는 경합 및 손상에 따른 각각의 상태평가 기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용하였다.

## 4.3. 지질조사 방법

### 4.3.1. 물리탐사

물리탐사는 체체의 구조를 고려하고 3차원적인 해석을 위해 댐마루와 하류사면에 각각 축선을 설정하고 탐사를 시행하였다. 쌍극자배열 전기비저항 탐사는 지하매질의 수평, 수직적 전기전도도 변화를 잘 반영하는 신뢰성 높은 방법으로, 각종 지질조사에 널리 적용되고 있으며 금번 물리탐사에도 쌍극자 배열을 사용하였다.

탐사결과 얻어진 전기 비저항 값의 분포에 따라 포화정도를 구분하였으며, 최종 해석결과는 저비저항대인 포화대, 습윤대 및 고비저항대인 건조습윤대로 분류하였다. 탐사결과 얻어진 전기 비저항 값은 상대적으로 다른 조사대상에 동일 기준으로 적용할 수는 없다.

### 4.3.2. 시추조사

조사대상 101개 각저수지의 체체 상태를 파악하기 위해 BX구경의 회전식 시추기를 사용하여 2공씩 시추하였다. 지층은 시추조사시 배출되는 슬라임과 굴진 용수의 배수색, 굴진속도, 표준관입시험으로 채취된 교란시료 등으로 판단하였으며, 암반층에 대해서는 굴진속도, 코어 회수율 및 균열이나 전리의 발달상태 등으로 구분하였다. 시추조사공의 위치는 외관조사 및 물리탐사 결과를 종합하여 선정하였다.

### 4.3.3. 현장시험

투수시험은 유체의 흐름을 억제하는 주된 역할을 담당하는 성토층과 구성지반의 투수성 파악을 목적으로 시추조사와 병행하여 투수시험을 시행하였다. 시험방법은 시험구간 상부까지 케이싱을 타입 후 천공에 의해 시험구간을 확보하였으며, 시험구간을 포함해 케이싱 상부에서 시간에 따른 주입량을 측정해 투수계수를 산정하는 정수위법과 암반구간에 대해서는 패커를 이용한 압력주수법으로 시행하였다.

표준관입 시험은 체체 구성체의 조성과 물리적인 특성을 파악하기 위해 실시된다. 시험방법은 KS F 2307의 규정에 따라 중량 63.5kg의 해머를 76cm 높이에서 자유 낙하시켜 교란되지 않은 지층을 샘플러가 30cm 관입되는 타격횟수를 표시한다. 타격깊이는 예비타, 본타로 구분하고 본타는 다시 전타화 후타로 나누어 각각 15cm를 기준으로 총 45cm로 한다. 타격횟수인 관입저항(N)값을 구간별로 측정하였다.

Fig. 4-1. 지질조사 현장사진



## 5. 조사결과 및 고찰

### 5.1. 조사대상 현황

2013년 4월 경주 산대저수지 붕괴사고 이후 선정된 전국 311개소의 농업용저수지에 대한 정밀안전진단 긴급점검을 실시하였다. 조사대상인 전국 311개소의 농업용저수지 중 전남지역은 43%에 해당하는 21개 시군 135개소에 대한 긴급점검이 시행되었다.

본 연구는 조사대상인 전남지역 21개 시군에 위치하는 농업용저수지 135개소 중 지질조사가 불가한 34개소를 제외한 101개소에 대한 정밀안전진단 긴급점검 및 지질조사 결과를 검토·분석 하였으며, 조사대상의 현황은 아래와 같다.

Fig. 5-1. 조사대상 분포 현황

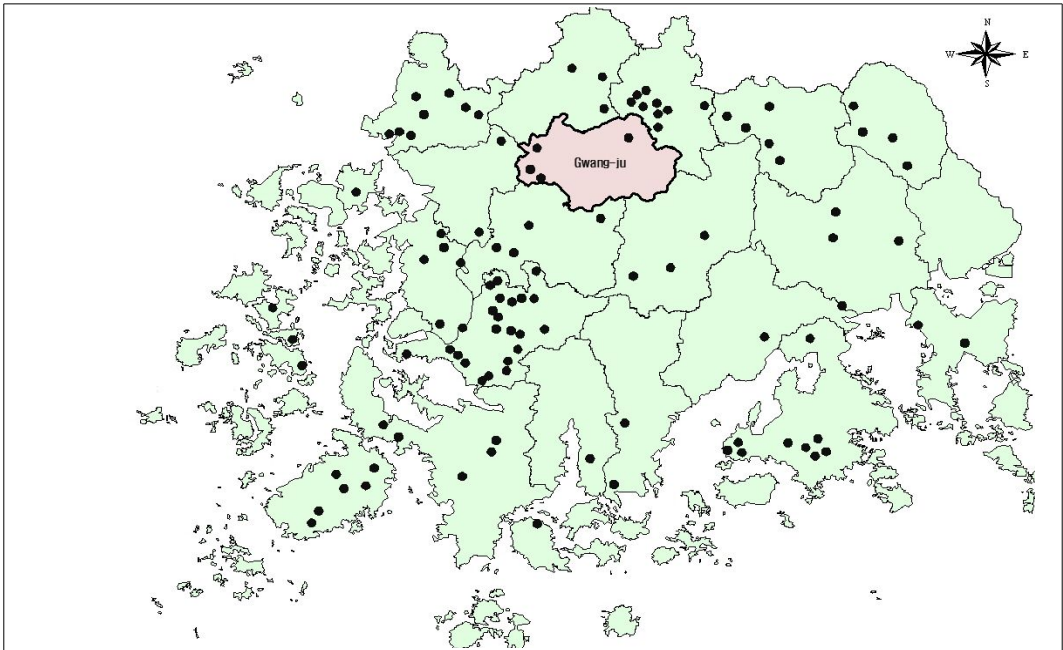


Table 5-1. 조사대상 시군 현황

시군	총계	광주	강진	고흥	곡성	구례	나주	담양	무안	보성	순천
개소	101	4	1	9	1	4	4	9	7	1	4
시군	신안	여수	영광	영암	완도	장성	장흥	진도	함평	해남	화순
개소	3	2	8	22	1	3	2	6	2	5	3

## 5.2. 정밀안전진단 결과

전남지역 농업용저수지 135개소에 대한 정밀안전진단 긴급점검을 실시한 결과 각 저수지에 대한 안전등급이 산정되었다.

안전등급은 국토교통부의 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』에 따라 A(양호)~E(불량)로 5등급으로 분류된다. 산정된 안전등급에 시설물의 보수보강 방안 및 시기가 결정된다.

안전등급과 비교하여 검토된 지질조사 결과는 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수  $2.00E-04\text{cm/s}$ 를 기준으로 양호와 불량으로 판단하였으며, 전기비저항 탐사의 저비저항대 분포와 표준관입 시험의 결과를 참고하였다.

Table 5-2. 정밀안전진단 안전등급

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내수성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 해야 하는 상태

정밀안전진단 긴급점검 결과 전남지역 농업용저수지 101개소에 대한 안전등급은 A(우수)와 B(양호)등급은 없었으며, C(보통)등급이 67개소, D(미흡)등급이 33개소, E(불량)등급이 1개소로 조사되었다.

안전등급에 따라 D등급이하로 판정된 34개소는 보수보강이 필요하다고 판단되었으며, 정밀안전진단 긴급점검 결과 D(미흡)등급과 E(불량)등급으로 판정된 34개 저수지에 대한 구조물별(댐마루, 상류사면, 하류사면) 안전등급을 분석한 결과 댐마루는 31개 저수지(91%), 상류사면은 19개 저수지(56%), 하류사면은 31개 저수지(91%)가 D등급 이하로 판정되었다.

보수보강이 필요한 34개소중 구조물별 안전등급이 C등급 이상 저수지가 상류사면은 15개소인데 비해 댐마루와 하류사면은 C등급 이상인 저수지가 3개소로 확인되었다. 이것은 상류사면에 비해 댐마루와 하류사면의 상태가 보다더 안전등급에 영향을 미친다는 것으로 파악된다. 하지만 정밀안전진단 안전등급은 1곳 이상의 구조물에서 주요부재에 결함이 발생하더라도 긴급한 보수보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 D등급으로 조사되면 시설물 종합 안전등급 판정에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

특히 상류사면에 비해 댐마루와 하류사면의 안전등급은 시설물의 종합 안전등급과 거의 일치하는 것으로 나타나 종합 안전등급 판정에 중요요소로 확인되었다.



Table 5-3. 정밀안전진단 긴급점검 안전등급 비율

안전등급	개 소	비 율
A	0	0%
B	0	0%
C	67	66%
D	33	33%
E	1	1%
총 계	101	100%

Fig. 5-2. 정밀안전진단 긴급점검 안전등급 분포

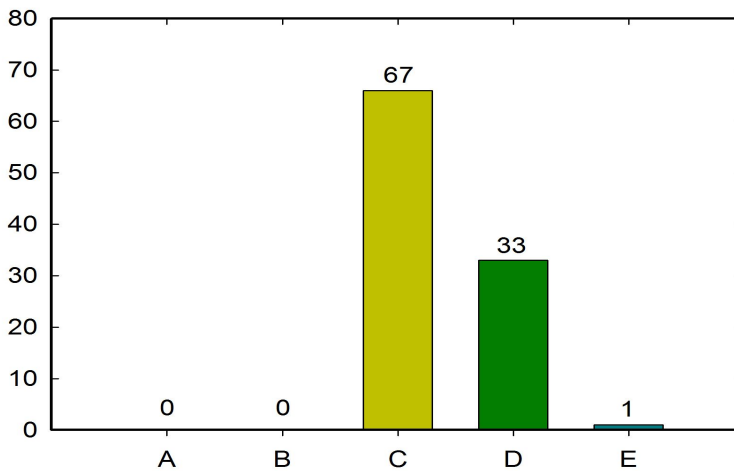


Table 5-4. D, E등급 저수지의 댐마루 안전등급 비율

댐마루	개 소	비 율
A	0	0%
B	1	3%
C	2	6%
D	26	76%
E	5	15%
총 계	34	100%

Fig. 5-3. D, E등급 저수지의 댐마루 안전등급 분포

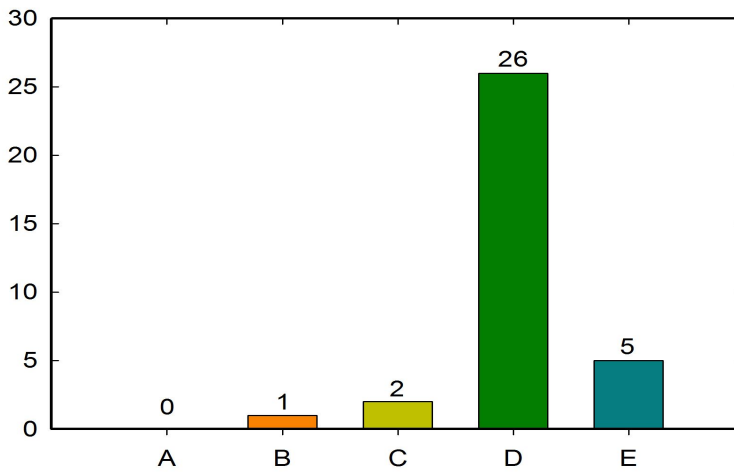


Table 5-5. D, E등급 저수지의 상류사면 안전등급 비율

상류사면	개 소	비 율
A	0	0%
B	3	9%
C	12	35%
D	18	53%
E	1	3%
총 계	34	100%

Fig. 5-4. D, E등급 저수지의 상류사면 안전등급 분포

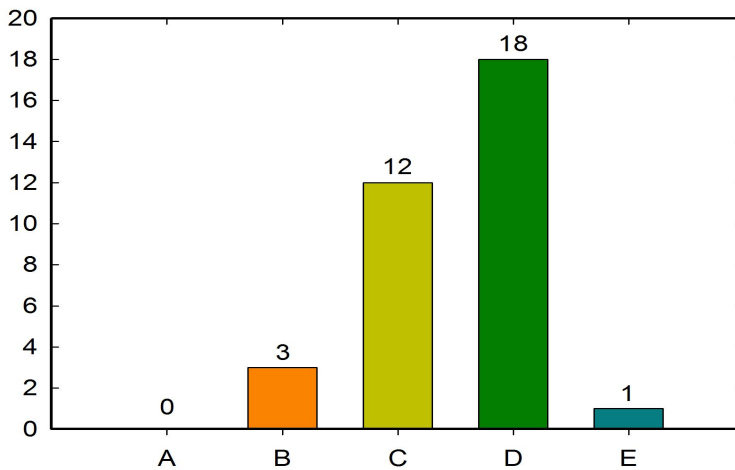
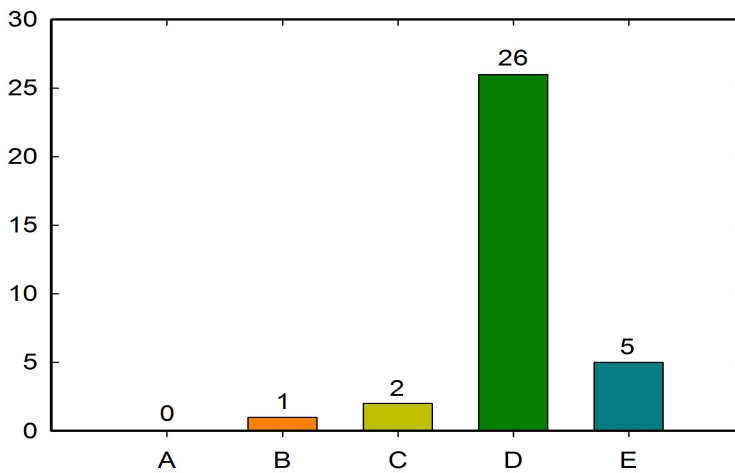


Table 5-6. D, E등급 저수지의 하류사면 안전등급 비율

하류사면	개 소	비 율
A	0	0%
B	1	3%
C	2	6%
D	26	76%
E	5	15%
총 계	34	100%

Fig. 5-5. D, E등급 저수지의 하류사면 안전등급 분포



### 5.3. 지질조사 결과

정밀안전진단 긴급점검과 함께 실시된 지질조사는 주로 제체 댐마루의 물리탐사를 통해 누수구간으로 추정되는 저비저항대를 확인하고 탐사결과를 바탕으로 조사 위치를 설정하여 시추조사를 실시하였다.

지질조사를 실시하여 제체 내부의 지층상태를 파악하고, 현장 투수시험과 표준관입시험을 실시하여 시설물의 취약도를 확인하였다.

표준관입시험은 제체 구성체의 조성과 물리적인 특성을 파악하기 위해 실시된다. 시험방법은 KS F 2307의 규정에 따라 중량 63.5kg의 해머를 76cm 높이에서 자유 낙하시켜 교란되지 않은 지층을 샘플러가 30cm관입하는데 소요되는 타격횟수를 표시한다. 타격깊이는 예비타, 본타로 구분하고 본타는 다시 전타와 후타로 나누어 각각 15cm를 기준으로 총 45cm로 한다. 타격횟수인 관입저항(N)값을 측정하였다.

Table 5-7. 사질토의 상대밀도(Compaction), 내부마찰각과 N값의 관계

N-value	상대밀도(Relative Density) $Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$		내부마찰각, $\phi$ (deg.)	
			Peck	Meyerhof
0 ~ 4	매우 느슨(Very Loose)	0.0~0.2	28.5 이하	30 이하
4 ~ 10	느슨(Loose)	0.2~0.4	28.5~30	30~35
10 ~ 30	보통 조밀(Medium dense)	0.4~0.6	30~36	35~40
30 ~ 50	조밀(Dense)	0.6~0.8	36~41	40~45
50 이상	매우 조밀(Very Dense)	0.8~1.0	41 이상	45 이상

표준관입시험에 의한 표준관입(N)치에 의한 지질상태 분류를 실시하였으나, 시추 공내에 혼재된 자갈, 호박돌 등에 의한 N값의 오차가 발생하는 경우가 확인되어 N값은 제체를 구성하는 성토층과 암반층의 물리적 특성을 조사하는데 참고하였다.

투수시험은 유체의 흐름을 억제하는 주된 역할을 담당하는 성토층과 구성 지반의 투수성 파악을 목적으로 시추조사와 병행하여 실시된다. 시험방법은 시험구간의

상부까지 케이싱을 타입 후 천공에 의해 시험구간을 확보하고, 시험구간을 포함해 케이싱 상부에서 시간에 따른 주입량을 측정해 투수계수를 산정하는 정수위법과 암반구간에 대해서는 패커를 이용한 압력주수법으로 시행된다.

표준관입시험과 투수시험 결과로 양호34개소와 불량67개소로 같은 비율로 확인되었으나 해당하는 지구는 상이하였다.

조사대상의 지질상태는 물리탐사에서 확인된 저비저항대와 현장 투수시험 결과를 참고하여 양호와 불량상태로 판단하였으며, 그 기준은 농림축산식품부의 『농업생산기반정비사업 계획 기초처리 설계기준』에 제시된 지반개선 목표 투수계수 기준으로 하였다.

지반개선의 목표는 설계서에 정한 값 또는 시험그라우팅에서 확인한 개선값을 기준으로 하되 토사층에서는 투수계수(K)=2.00E-04cm/s, 암반층에서는 투수계수(K)=7.00E-05cm/s로 하였다.

기준에 따라 분류한 결과 전남지역 농업용저수지 101개소에 대한 지질상태가 양호한 저수지는 34개소(34%), 불량상태의 저수지는 67개소(66%)로 확인되었다.

Table 5-8. 표준관입시험 결과에 따른 지질상태 비율

지질상태	개 소	비 율
양 호	34	34%
불 량	67	66%
총 계	101	100%

양호 : 표준관입치(N) 0~10타/30cm이하

불량 : 표준관입치(N) 10~50타/30cm초과

Fig. 5-6. 표준관입시험 결과에 따른 지질상태 분포

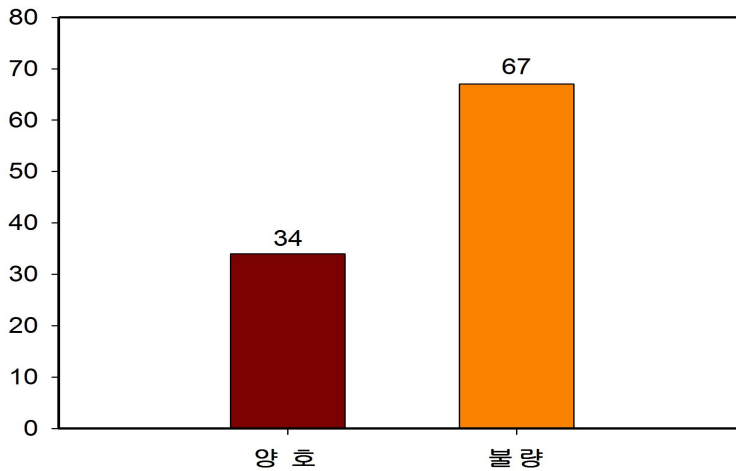


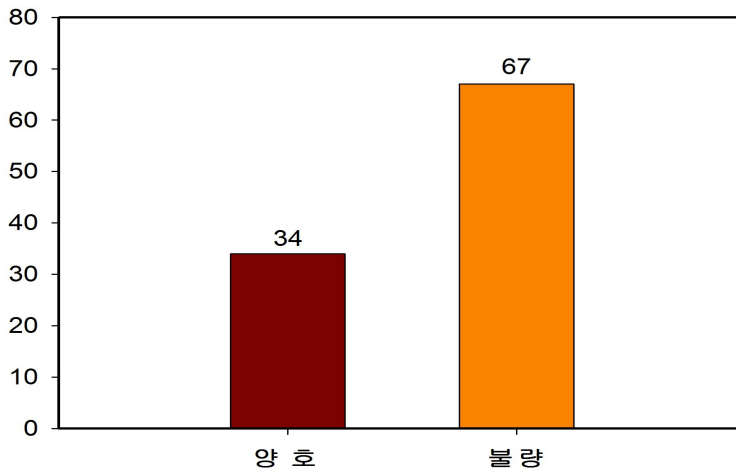
Table 5-9. 투수시험 결과에 따른 지질상태 비율

지질상태	개 소	비 율
양 호	34	34%
불 량	67	66%
총 계	101	100%

양호 : 투수계수(K) $2.00E-04$ cm/s 이하

불량 : 투수계수(K) $2.00E-04$ cm/s 초과

Fig. 5-7. 투수시험 결과에 따른 지질상태 분포





## 5.4. 안전등급과 지질조사 결과 비교검토

정밀안전진단 결과 확인된 안전등급에 대한 지질조사 반영결과를 비교하기 위해 I ~ IV타입의 4가지로 분류를 하였다.

I 타입은 안전등급과 지질이 모두 양호한 상태, II타입은 안전등급은 높으나 지질은 불량한 상태, III타입은 안전등급은 낮으나 지질은 양호한 상태, IV타입은 안전등급과 지질이 모두 불량한 상태이다.

전남지역 농업용저수지 101개소 중 I 타입은 26개소(26%), II타입은 41개소(41%), III타입은 8개소(8%), IV타입은 26개소(25%)로 나타났다.

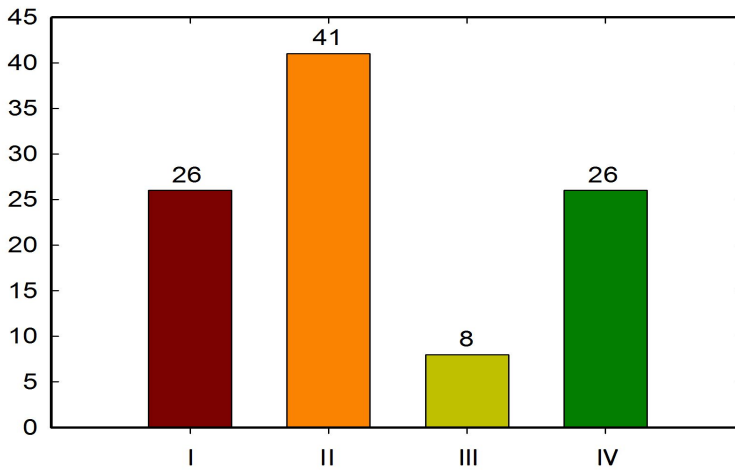
분류된 4가지 타입중 II타입은 주요부재에 대한 안전등급은 높으나 제체 지질상태는 불량하여 향후 재해발생 위험성이 있으나 위험시설물로 판정되지 않았을 가능성이 높다.

현행법상 지질조사는 정밀안전진단 수행조사 중 선택적으로 이루어지며 현장상황에 따라 실시할 수도있고 하지 않을 수도 있는 과정이지만 최근 발생한 저수지 붕괴사고의 원인을 생각해보면 매우 중요한 의미를 가진다.

Table 5-10. 안전등급과 지질조사의 타입별 분류기준 및 비율

타입	분류기준		개소	비율
	안전등급	지질상태		
I	높음	양호	26	26%
II	높음	불량	41	41%
III	낮음	양호	8	8%
IV	낮음	불량	26	25%
총 계			101	100%

Fig. 5-8. 안전등급과 지질조사의 타입별 분포



## 5.5. II타입 저수지 조사결과 검토

지질상태가 불량하여 재해발생 가능성이 있음에도 불구하고 안전등급이 높게 산정되어 위험시설물로 판정되지 않은 II타입 농업용 저수지 41개소 중 2개소를 선정하여 안정진단과 지질조사 결과를 세부적으로 분석하였다.

Table 5-11. II타입 저수지 현황

지구	위 치			준공	안전등급	지질상태	타입
	시군	읍면	동리				
부평	영암	도포	영호	1932	C(보통)	불량	II
망월	무안	일로	망월	1945	C(보통)	불량	II

### 가. 부평저수지 세부검토

부평저수지는 외관조사 시 댐마루 침하, 하류사면 누수, 시설물 균열이 발견되었다. 긴급점검 상세내용을 살펴보면 댐마루는 B등급, 상류사면과 하류사면은 C등급으로 종합등급은 보통인 C등급으로 판정되었다.

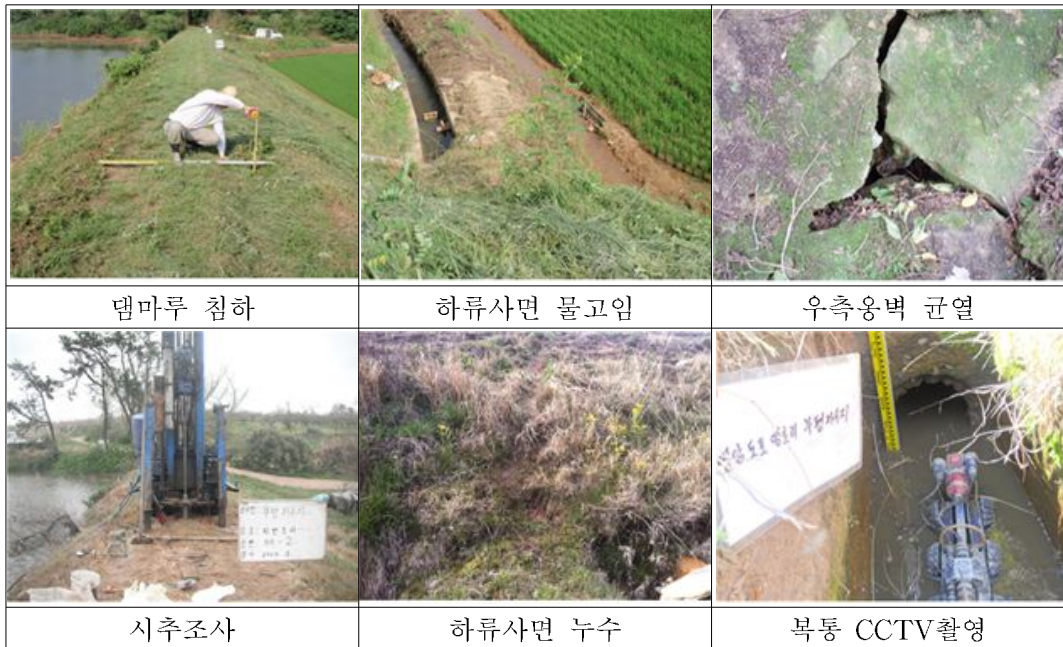
Fig. 5-9. 부평저수지 위치도



Table 5-12. 부평저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류
체체 및 양안부	댐마루	B(양호)	- 조사망 일부구간 요철 및 침하
	상류사면	C(보통)	- 조사망 전구간 사석 이완 및 유실
	하류사면	C(보통)	- 조사망 전구간 침식 또는 사면활동 - 조사망 다수 습윤지 및 습지발생 - 조사망 전구간 식생
	종합평가	C(보통)	

Fig. 5-10. 부평저수지 정밀안전진단 조사사진



부평저수지는 제장이 130m로 지질조사 실시 전에 전기비저항 탐사를 실시하였다. 탐사결과 No.0+08~No.0+15(L=7m), No.1+11~No.5+11(L=80m) 구간에서 저비저항대가 확인되었으며, 탐사결과를 바탕으로 시추조사 위치를 선정하여 2공을 시추를 실시하였다.

Fig. 5-11. 부평저수지 물리탐사 결과 및 시추위치

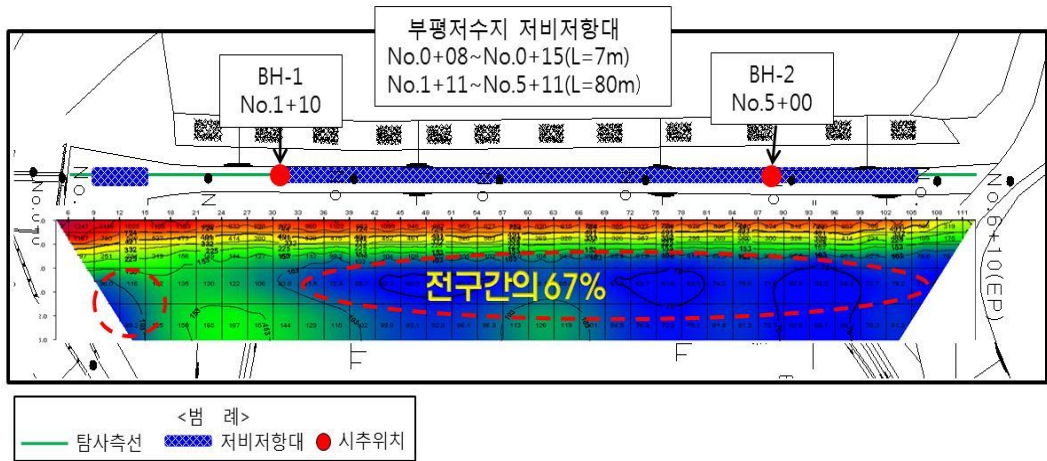


Table 5-13. 부평저수지 시추조사 결과

공 번	심 도 (m)	지 층	투수계수 (cm/s)	N치 (타/cm)
BH-1 (No.1+10)	1.0~2.5	성 토 층	9.23E-03	1/30
	2.5~4.0	성 토 층	5.24E-03	1/30
	4.0~5.5	성 토 층	1.18E-03	4/30
	5.5~7.0	풍 화 대	1.05E-03	38/30
	7.0~8.5	풍 화 대	1.0E-03	32/30
	8.5~11.0	풍 화 압	1.87E-03	50/16
BH-2 (No.5+00)	1.0~2.5	성 토 층	4.68E-03	2/30
	2.5~4.0	성 토 층	2.30E-03	2/30
	4.0~5.5	성 토 층	3.07E-03	7/30
	5.5~7.0	풍 화 대	4.40E-03	36/30
	7.0~8.5	풍 화 대	1.36E-03	50/10
	성토층 투수계수 평균		4.28E-03	

시추조사 결과 부평저수지의 성토층 투수계수는 평균 4.28E-03cm/s로 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s를 기준으로 비교하였을 때 약21배 취약한 것으로 나타났고, 표준관입시험의 결과도 1~2타/30cm로 지반이 매우 연약한 상태로 확인되었다.

### 나. 망월저수지 세부검토

망월저수지는 외관조사시 하류사면 침식과 물고임이 발견되었으며, 댐마루에 잡목이 식생하여 관리의 부실함이 확인되었다. 긴급점검 상세내용을 살펴보면 댐마루는 C등급, 상류사면 C등급, 하류사면 D등급으로 종합등급은 보통인 C등급으로 판정되었다.

Fig. 5-12. 망월저수지 위치도



Table 5-14. 망월저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류
제 체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 조사망 전구간 도로부 침하
	상류사면	B(양호)	- 조사망 일부구간 침식 - 조사망 전구간 잡초식생
	하류사면	D(미흡)	- 조사망 국부적 함몰 - 조사망 하단 물고임 - 조사망 잡목식생
	종합평가	C(보통)	

Fig. 5-13. 부평저수지 정밀안전전단 조사사진



망월저수지는 제장이 129m로 지질조사 실시 전에 전기비저항 탐사를 실시하였다. 탐사결과 No.1+17~No.4+12(L=55m), No.5+02~No.6+03(L=21m) 구간에서 저비저항대가 확인되었으며, 탐사결과를 바탕으로 시추조사 위치를 선정하여 2공을 시추를 실시하였다.

Fig. 5-14. 망월저수지 물리탐사 결과 및 시추위치

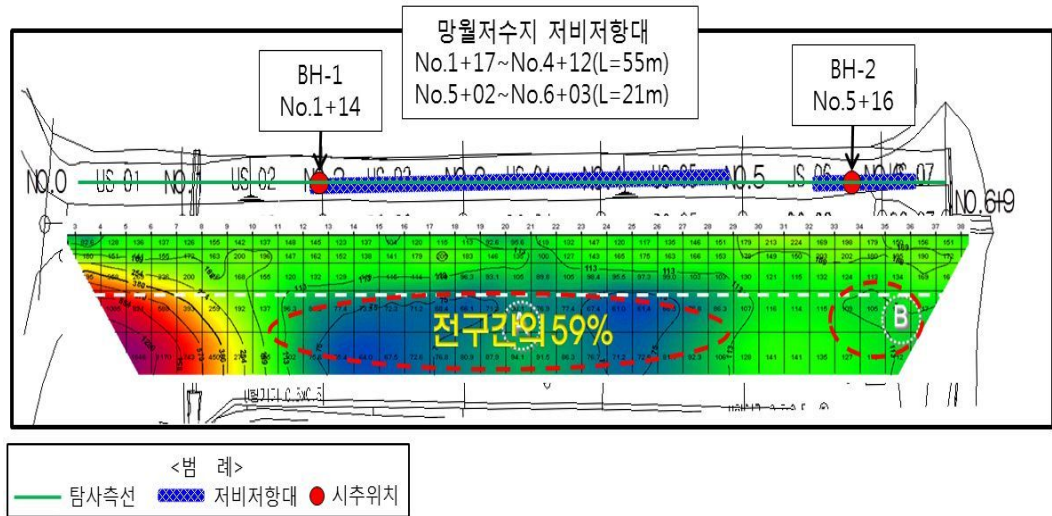


Table 5-15. 망월저수지 시추조사 결과

공 변	심 도 (m)	지 층	투수계수 (cm/s)	N치 (타/cm)
BH-1 (No.1+14)	1.0~2.5	성 토 층	4.58E-03	7/30
	2.5~4.0	성 토 층	4.88E-03	1/30
	4.0~5.5	성 토 층	5.51E-03	1/30
	5.5~7.0	퇴 적 층	5.17E-04	1/30
	7.0~8.5	연 압	1.19E-04	-
BH-2 (No.5+16)	1.0~2.5	성 토 층	5.60E-03	1/30
	2.5~4.0	성 토 층	6.07E-03	1/30
	4.0~5.5	성 토 층	4.86E-03	1/30
	5.5~7.0	퇴 적 층	4.16E-04	1/30
	7.0~8.5	퇴 적 층	3.56E-04	8/10
	8.5~10.0	연 압	6.94E-05	-
	성토층 투수계수 평균		4.82E-03	

시추조사 결과 망월저수지의 성토층 투수계수는 평균 4.82E-03cm/s로 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s를 기준으로 비교하였을 때 약24배 취약한 것으로 나타났고, 표준관입시험의 결과도 1~7타/30cm로 일부구간을 제외하고 지반이 매우 연약한 상태로 확인되었다.



## 5.6. Ⅲ타입 저수지 조사결과 검토

시설물의 안전등급과 지질조사 결과를 비교 검토하여 분류된 4가지 타입 중 안전등급은 D(미흡)등급 이하로 판정되었으나 지질조사 결과 제체 내부의 상태는 양호한 Ⅲ타입으로 분류된 8개소에 대한 조사결과를 분석하였다.

Table 5-16. Ⅲ타입 저수지 현황

지구	위 치			준공	안전등급	지질상태	타입
	시군	읍면	동리				
용월	무안	무안	용월	1959	D(미흡)	양호	Ⅲ
오상	신안	암태	오상	1957	D(미흡)	양호	Ⅲ
천마	영광	백수	천마	1939	D(미흡)	양호	Ⅲ
영호정	양암	삼호	삼포	1945	D(미흡)	양호	Ⅲ
봉소	영암	시중	봉소	1945	D(미흡)	양호	Ⅲ
가랑	영암	시중	월릉	1945	D(미흡)	양호	Ⅲ
옥연1	해남	황산	옥동	1945	D(미흡)	양호	Ⅲ
신석	화순	청풍	신석	1945	D(미흡)	양호	Ⅲ

### 가. 용월저수지 조사결과 검토

용월저수지는 정밀안전진단 조사에서 상류사면의 사석 이완과 침하, 하류사면의 보통접속부에서 관찰된 침투수 과다 유출이 주요결함으로 확인되었다. 또한 상부토사 구간이 사석의 이완으로 침식과 침하가 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

Table 5-17. 용월저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
제 체 및 양안부	댐마루	D(미흡)	- 일부구간 함몰(No.1+00~No.3+00)	단면복구
	상류사면	D(미흡)	- 침하 및 침식(No.0+00~No.3+00) - 사석이완 및 이탈(No.3+00~No.4+00)	사면정비 사석정비
	하류사면	C(보통)	- 일부구간 침식 - 보통 접속부 침투수 과다	사면정비 지수공법
	종합평가	D(미흡)		

시추조사 결과 용월저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-18. 용월저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
용월	No.00+05~No.04+03(L=78m)	6.07E-04~ 1.14E-04	3~10타/30cm	양호

#### 나. 오상저수지 조사결과 검토

오상저수지는 정밀안전진단 조사에서 하류사면의 누수와 사면 끝단의 침식이 주요결함으로 확인되었다. 하류사면은 일부 조사망에서 누수발생, 하단부 침투수로 인한 침식발생 등 결함발생에 대한 대책이 시급한 것으로 조사되었다.

Table 5-19. 오상저수지 안전등급 판정

결함발생 부재	상태평가	결함종류	보수보강
제체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 일부조사망 부분패임 단면정비
	상류사면	C(보통)	- 사석 부분침하 및 이완 사석정비 - 일부조사망 잡목 자생 잡목제거
	하류사면	D(미흡)	- 일부조사망 사면침식 토우드레인 및 맹암거 설치 - 일부조사망 누수 지수공법
	종합평가	D(미흡)	

시추조사 결과 오상저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-20. 오상저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
오상	No.0+00~No.2+08(L=48m) No.8+00~No.9+18(L=38m)	6.15E-04~ 4.81E-04	2~24타/30cm	양호

**다. 천마저수지 조사결과 검토**

천마저수지는 정밀안전진단 조사에서 하류사면의 성토가 부적절한 저수지 준설토(사질 실트)로 성토되었고 복통주변에 침투수가 많이 발생하고 있으며, 배부름 현상이 관찰되었다. 또한 저수율 80%상태에서 침투수량 측정결과 10.8m<sup>3</sup>/day가 조사되었다.(허용침투수량 100m<sup>3</sup>/day)

Table 5-21. 천마저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
제 체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 댐마루 양안 선단부 사면침식	사면보강
	상류사면	D(미흡)	- 전구간 사석 풍화진행 - 일부조사망 사석 이완 및 이탈	사석 재설치 사석보강
	하류사면	D(미흡)	- 일부조사망 사면침식 - 전구간 조사망 성토재 부적정 - 일부조사망 침투수 발생	단면보강 성토재치완 압성토
	종합평가	D(미흡)		

시추조사 결과 천마저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-22. 천마저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
천마	No.3+00~No.4+10(L=30m) No.5+00~No.8+00(L=60m)	1.64E-03~ 1.85E-04	3~25타/30cm	양호

**라. 영호정저수지 조사결과 검토**

영호정저수지는 정밀안전진단 조사에서 하류사면의 하단부 습윤 및 침투수 유출이 중대결함으로 확인되었다. 하류사면은 일부구간 하단부에서 습윤 및 침투수 유출이 있었다. 복통은 원형이며 하류사면과 접속부에서 누수 등의 결함은 없었으나 복통외부는 노후화로 골재가 노출되고 풍화가 집행중인 것으로 관찰되었다.

Table 5-23. 영호정저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
제 체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 댐마루 요철 및 침하	단면정비
	상류사면	C(보통)	- 일부조사망 사석 이완 및 이탈	사석정비
	하류사면	D(미흡)	- 복통접속부 침투수 발생(No.1+16) - 복통외부 골재노출 및 풍화 - 종점부 물고임(3개소)	지수공법
	종합평가	D(미흡)		

시추조사 결과 영호정저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-24. 영호정저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
영호정	No.3+06~No.6+06(L=60m) No.10+13~No.13+10(L=57m)	1.43E-03~ 2.39E-04	3~4타/30cm	양호

#### 마. 붕소저수지 조사결과 검토

붕소저수지는 정밀안전진단 조사에서 하류사면의 전단면이 때 보호공 사면으로 사면침식에 의한 수로가 발생되었으며, 하류사면의 전구간에 걸쳐 습윤 및 침투수 유출이 진행되어, 누수구간에 유도 배수로를 설치하여 누수량 측정을 하였으며 누수량은 360ml/min으로 측정되었다. 댐마루는 일부구간 유실 및 침하현상이 발견되었으며, 상류사면은 사석 이완 이탈 및 풍화와 사석 침하의 결함이 발견되었다.

시추조사 결과 붕소저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-25. 봉소저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
제 체 및 양안부	댐마루	D(미흡)	- 일부구간 침하, 유실 및 세굴	단면정비
	상류사면	C(보통)	- 일부구간 사석 이완, 이탈, 세굴	사석정비
	하류사면	E(불량)	- 일부구간 하단부 습윤 및 침투수 유출 - 일부구간 세굴 및 침식	지수공법 사면정비
	종합평가	D(미흡)		

Table 5-26. 봉소저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
봉소	No.2+05~No.4+19(L=54m) No.6+06~No.7+13(L=27m)	2.26E-04~ 1.47E-04	2~3타/30cm	양호

**바. 가랑저수지 조사결과 검토**

가랑저수지는 정밀안전진단 조사에서 상류사면의 토공사면으로 수면에 접촉되는 전구간에 걸쳐 세굴이 진행중으로 조속한 단면보강이 필요하며, 하류사면은 전단면이 때 보호공 사면으로 하단부 소단에 용수개거가 설치된 상태로 하류사면의 전구간에 걸쳐 습윤 및 침투수 유출이 진행되고 있음이 관찰되었다. 누수구간에 유도배수로를 설치하여 누수량 측정을 한 결과 누수량은 10,000ml/min으로 측정되었다.

Table 5-27. 가랑저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
제 체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 댐마루 요철 및 경미한 침하	단면정비
	상류사면	E(불량)	- 전구간 세굴 및 침식	사면정비
	하류사면	E(불량)	- 침투수 유출 - 하류사면 부분침식 및 세굴	사면정비 지수공법
	종합평가	D(미흡)		

시추조사 결과 가랑저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-28. 가랑저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
가랑	No.0+12~No.2+17(L=57m) No.0+12~No.6+09(L=117m)	3.87E-04~ 4.41E-05	2~10타/30cm	양호

**사. 옥연1저수지 조사결과 검토**

옥연1저수지는 정밀안전진단 조사에서 하류사면의 사면하부가 농경지와 인접해 얽은 석축으로 경계하고 있으나 석축유실이 과다하고 경작지의 제체침범으로 사면 유실이 진행중인 것으로 관찰되었다.

Table 5-29. 옥연1저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
제 체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 댐마루 침식 및 침하	단면정비
	상류사면	C(보통)	- 사석 이완 및 이탈	사면정비
	하류사면	D(미흡)	- 사면 세굴 및 침투수 유출 - 석축유실	사면정비 지수공법
	종합평가	D(미흡)		

시추조사 결과 옥연1저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-30. 옥연1저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
옥연1	No.13+07~No.15+00(L=33m) No.15+00~No.17+14(L=54m)	8.36E-04~ 1.17E-04	1~11타/30cm	양호

아. 신석저수지 조사결과 검토

신석저수지는 정밀안전진단 조사에서 상류사면에서 사석의 이완 이탈이 관찰되었으며 전구간에 잡목 및 덩굴류 식물이 자생하고 있었다. 하류사면은 하단부 북동 유출부 주변으로 종집측 방수로 측면 하단부까지 넓은 지역의 습윤대가 관찰되고, 비교적 많은 양의 침투수 유출이 확인되었다.

Table 5-31. 신석저수지 안전등급 판정

결함발생 부재		상태평가	결함종류	보수보강
체 체 및 양안부	댐마루	C(보통)	- 댐마루 요철	단면보수
	상류사면	D(미흡)	- 사석 이완 및 이탈 - 전구간 잡목 자생	사석보수 잡목제거
	하류사면	D(미흡)	- 침투수 누수구간 발생 - 잡목다수 미식, 잡풀 자생	지수공법 잡목제거
	종합평가	D(미흡)		

시추조사 결과 신석저수지의 성토층 투수계수는 지질상태 판단 기준으로 참고한 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 체체 성토층의 개선목표인 투수계수 2.00E-04cm/s보다 높은 것으로 확인되어 지질상태는 양호한 것으로 조사되었다.

Table 5-32. 신석저수지 지질조사 결과

지구명	물리탐사	투수시험	표준관입시험	지질상태
신석	저비저항대 없음	9.50E-04~ 7.03E-05	2~21타/30cm	양호

Ⅲ타입 저수지의 부재별 안전등급을 분석한 결과 댐마루의 안전등급이 D이하인 곳은 2개소, 상류사면의 안전등급이 D이하인 곳은 4개소, 하류사면의 안전등급이 D이하인 곳은 7개소로 확인되었다. 이는 지질조사를 실시한 결과 체체 내부에 중대 결함이 없는 양호한 상태여도 상류사면과 하류사면에 사면 침식이나 유실, 사석의 이완·이탈, 세굴, 침투수 유출 등의 중대결함이 발생한 경우에는 시설물의 등급이 D등급 이하로 판정되었음을 확인하였다.

Table 5-33. Ⅲ타입 저수지의 댐마루 안전등급 비율

하류사면	개 소	비 율
A	0	0%
B	0	0%
C	6	75%
D	2	25%
E	0	0%
총 계	8	100%

Fig. 5-15. Ⅲ타입 저수지의 댐마루 안전등급 분포

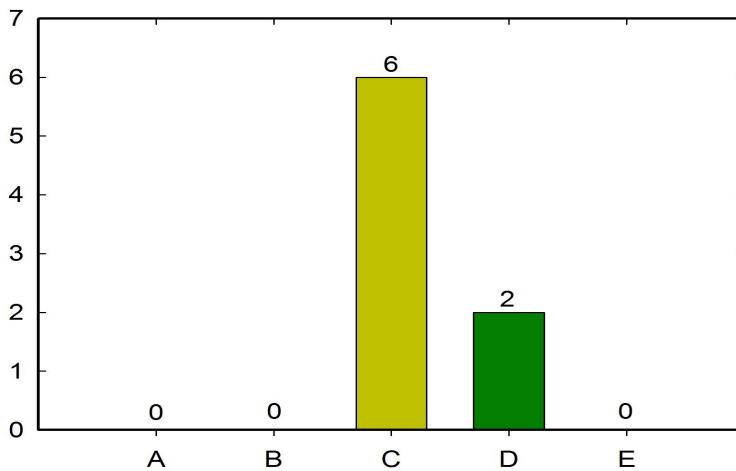




Table 5-34. Ⅲ타입 저수지의 상류사면 안전등급 비율

하류사면	개 소	비 율
A	0	0%
B	0	0%
C	4	50%
D	3	38%
E	1	12%
총 계	8	100%

Fig. 5-16. Ⅲ타입 저수지의 상류사면 안전등급 분포

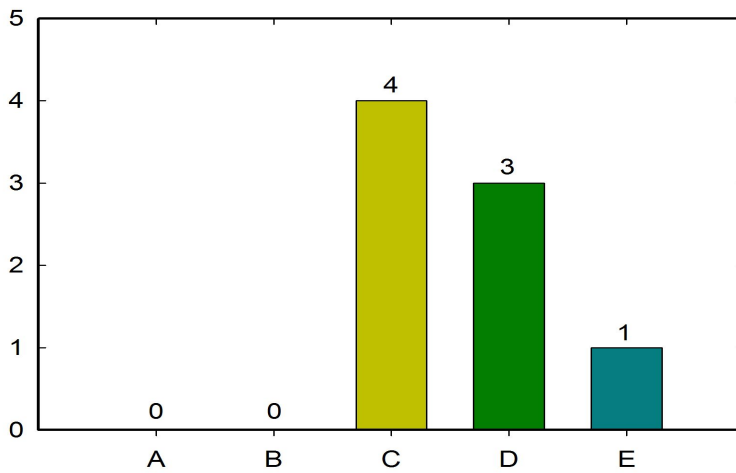
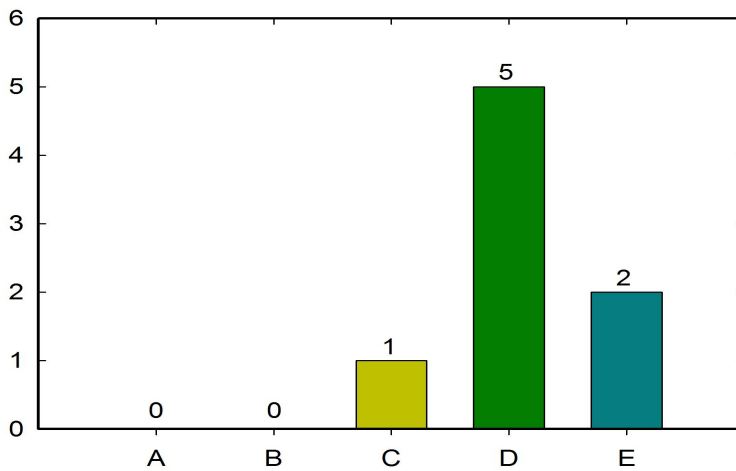


Table 5-35. Ⅲ타입 저수지의 하류사면 안전등급 비율

하류사면	개 소	비 율
A	0	0%
B	0	0%
C	1	12%
D	5	63%
E	2	25%
총 계	8	100%

Fig. 5-17. Ⅲ타입 저수지의 하류사면 안전등급 분포



## 6. 결론

본 연구에서는 전남지역 농업용 저수지 101개소에 대하여 조사한 정밀안전진단 긴급점검 결과와 긴급점검과 함께 시행된 지질조사의 결과를 비교 검토하였다.

긴급점검 결과 안전등급이 A(우수)와 B(양호)등급은 존재하지 않았으며, C(보통)등급은 67개소, D(미흡)등급은 33개소, E(불량)등급은 1개소로 확인되었다.

시설물의 보수보강이 필요한 D,E등급의 비율은 전체의 33%였으며, 제체 보수보강 방법중 하나인 그라우팅의 설계기준인 농림축산식품부의 『수리시설물 기초처리 설계기준』의 제체 성토층의 개선목표와 비교하였을 때 지질상태가 양호한 저수지는 34개소, 불량한 저수지는 67개소로 확인되었다.

시설물의 안전등급과 지질조사 결과를 검토하여 조사대상 101개 저수지를 4가지 타입(I~IV)으로 분류하였다. 주요부재에 대한 안전등급과 지질조사가 모두 양호한 I타입은 26개소(26%), 안전등급은 높으나 지질조사 결과는 불량한 II타입이 41개소(41%), 안전등급은 낮으나 지질조사 결과가 양호한 III타입은 8개소(8%), 안전등급과 지질조사 결과 모두 불량한 IV타입은 26개소(25%)로 확인되었다. 등급에 비해 제체 내부의 지질상태가 불량하여 향후 재해발생 위험이 큰 위험시설물로 지정되지 않은 저수지가 전체의 41%인 41개소나 됨을 확인하였다.

현행법 상 지질조사는 정밀안전진단 수행조사 중 선택적으로 이루어지며 현장상황에 따라 실시할 수도 하지 않을 수도 있는 조사이지만 최근 발생한 저수지 붕괴 사고의 원인을 생각해보면 매우 중요한 의미를 가진다.

정밀안전진단을 통한 시설물 평가지 부재별 상태평가가 큰비중을 차지하지만 지질조사 결과 또한 시설물의 지반특성과 잠재적 위험을 파악하는데 중요한 내용이므로 지질조사 결과를 현장조사의 일부로 한정시키지 않고, 향후 재해예방을 위한 시설물 안전등급 판정에 적극적으로 반영해야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 장의용, 정형재, 부성안, 송성호, 2001, 댐 그라우팅 설계 및 시공 실무지침서, 한국농어촌공사 농어촌연구원.
- 박삼규, 김정호, 서구원, 2005, 저수지의 유지관리를 위한 전기비저항모니터링 기법 응용, 물리탐사학회지, Vol.8, pp.177-183.
- 농림축산식품부, 2005, 농업생산기반정비사업 계획 설계기준, pp.110-119.
- 조인기, 강형재, 이병호, 김병호, 이상선, 박영규, 이보현, 전기비저항 상시관측에 의한 제체 안전도 지수 산출, 2006, 물리탐사학회지, Vol.9, pp.155-162.
- 한국농어촌공사, 2006, 기초처리공사(그라우팅) 설계기준, pp.5-8.
- 윤창진, 2010, 저수지 재해예방을 위한 안전관리 및 DB구축, 한국수자원학회지, Vol.43, pp.73-76.
- 김진모, 전기비저항 모니터링을 이용한 각화저수지 제체의 안전도분석, 2011, 전남대학교 석사논문.
- 노경수, 저수지 댐의 재해예방 및 대응, 2011, 전원과자연, Vol.53, pp-9-17.
- 김영준, 김정수, 김창환, 박용관 송운, 윤여홍, 정형근, 2011, 농업생산기반시설 정밀안전진단실무 세부요령, 한국농어촌공사.
- 국토해양부, 한국시설안전공단, 2011, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(댐).
- 신은철, 이종근, 2012, 소규모 농업용저수지의 안전관리 개선 방향, 한국토목섬유학회 논문집, Vol.11, pp.53-58.
- 한국농어촌공사, 2013, 전남지역 농업생산기반시설 긴급점검 보고서.
- 한국농어촌공사, 2013, 그라우팅 시공실적보고서.
- 서울대학교, 2014, 농업생산기반시설 통합 관리시스템 개발 - 저수지 제체를 중심으로, p.81-89.
- 이백, 2014, 노후저수지의 붕괴위험과 안전관리, 방재저널, Vol.16, pp.20-25.
- 농림축산식품부, 2014, 저수지 안전점검(정기점검) 매뉴얼, pp.11-27.
- 한국농어촌공사 기술안전품질원, 2014, 정밀안전진단을 위한 지반조사요령.
- 이창범, 정남수, 박승기, 전상욱, 2015, 효율적인 안전진단 체계수립을 위한 농업용저수지 유형화 연구, 한국농공학회논문집, Vol.57, pp.89-99.
- 이창범, 2016, 농업용저수지 정밀안전진단 체계 개선 연구, 공주대학교 석사논문.

이창범, 정남수, 박승기, 전상옥, 2016, 필 댐의 특성을 고려한 농업용저수지 정밀안  
전진단체계 개선 연구, 한국농공학회논문집, Vol.58, pp.1-8.

Stedinger, J. R., R. M. Vogel, and E. Foufoula-Georgiou, 1993. Chapter 18:  
Frequency Analysis of Extreme Events. Handbook of Hydrology, Maidment,  
D. R.(Editor in Chief), McGraw-Hill.

Appendix 1. 조사대상 세부 현황

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	저수량(천m <sup>3</sup> )		만수 면적(ha)	제체(m)		
						총	유효		제고	제장	폭
1	계치	강진	대구	계울	1945	66	64	2.9	8.3	210	4.0
2	하류	고흥	도양	용정	1954	54	54	2.0	11.3	116	3.0
3	차동	고흥	포두	차동	1962	25	25	0.8	9	118	3.0
4	봉림	고흥	포두	봉림	1956	108	108	1.30	9.1	131	3.0
5	삼신	고흥	풍양	울치	1963	55	55	1.10	9.6	191	3.0
6	상대	고흥	포두	상대	1956	95.6	95	3.40	6.7	113	3.0
7	대분	고흥	도양	용정	1954	69	69	3.0	10.9	127	3.0
8	미후	고흥	포두	세동	1978	464	464	9.0	15	246	3.7
9	금사	고흥	포두	봉림	1975	80	799	9.10	28.9	172	3.0
10	대강	고흥	동강	대강	1960	609.5	609	5.48	19.4	192.7	3.0
11	근촌	곡성	삼기	근촌	1959	101	960	2.2	11	135.4	4.0
12	동림	광주	광산	동림	1969	23	22	0.7	6.8	61.0	3.0
13	도야	광주	광산	삼도	1943	30	27	1.90	4.3	90.0	3.0
14	명곡	광주	광산	명도	1969	32	28.9	1.60	6	66.0	3.0
15	효령	광주	북	효령	1947	11	11.1	0.57	6	111.0	3.0
16	사도	구례	마산	사도	1942	88.6	886	3.1	11	148.0	3.0
17	우와	구례	산동	이평	1945	18.1	18.1	0.6	8.5	102.0	2.0
18	안음	구례	간전	흥대	1969	38	38	1.60	10.4	87.0	4.0
19	청천	구례	마산	마산	1983	8	8.1	0.5	13	130	4
20	사암	나주	공산	신곡	1945	183	181	6.1	5.3	127	3
21	보산	나주		보산	1959	71	70	3.9	13.4	127.2	5.6
22	평산	나주	남평	평산	1979	289	289	5	18.7	137	3.2
23	신기	나주	반남	신촌	1945	7	7.3	1	3	155	2
24	원강	담양	고서	원강	1947	38	38	1.6	5	113	2
25	방축	담양	봉산	기곡	1937	18	18.1	1.04	5	130	3
26	서옥	담양	대전	서옥	1947	10	9.7	0.9	8	76	3
27	송산	담양	봉산	기곡	1942	15	14.7	0.5	5	77	3

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	저수량(천m <sup>3</sup> )		만수 면적(ha)	제체(m)		
						총	유효		제고	제장	폭
28	비아	담양	봉산	기곡	1945	59	52.8	2.9	6	124	3
29	정석	담양	무정	서흥	1973	584	581	8.6	18.3	110	6
30	궁암	담양	수북	고성	1946	32	32.2	2.26	4	115	2
31	삼산	담양	수북	오정	1971	59	57.2	2.9	8	240	3
32	월진	담양	봉산	양지	1945	59	57.5	2.9	7	80	3
33	용월	무안	무안	용월	1959	114.6	105	4.1	8.5	140	2
34	망월	무안	일로	망월	1945	8	4.7	3.2	5	129	2
35	망월동	무안	일로	망월	1969	40	35.6	1	5	49	2
36	복구	무안	삼향	왕산	1945	8	5	1	7	91	3
37	학산	무안	몽탄	학산	1969	27	25	1.4	8	134	3
38	해제3	무안	해제	광산	1944	12	12	1	4	85	2
39	성동	무안	무안	성동	1975	270.9	270	5.3	14.3	133	2
40	감동	보성	조성	덕산	1979	542	539.0	9	17	680	4
41	연동	순천	승주	구강	1945	44.0	44.0	1.2	7	167	3
42	용곡	순천	서	압곡	1961	506.2	492.9	7.7	15.6	222	5.5
43	서동	순천	승주	신성	1945	15.0	15.0	1.6	6	90	4
44	금동	순천	별량	금치	1977	652	651.5	7.2	26	203	5
45	오상	신안	암태	오상	1957	100	98.6	3	7	291	3
46	금읍	신안	팔금	읍	1945	12.2	10.5	0.2	7.3	126	2.5
47	읍동	신안	안좌	읍동	1956	9	8.3	0.6	4	124	2
48	여천	여수		여천	1943	57.2	57.2	1.5	7.0	127	3.5
49	반월	여수	울촌	반월	1944	53.2	53.2	1.7	7.0	177	4
50	천정	영광	백수	천정	1945	212	212	10.2	7.2	215	2.4
51	명도	영광	염산	상계	1930	160	160	3	3.3	577	3
52	몽강	영광	묘량	삼호	1946	50	49.7	2.3	9	161	3
53	신흥	영광	영광	신월	1942	20	17.5	2	4	94	2
54	천마	영광	백수	천마	1939	201	200.5	2.1	11	156	4

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	저수량(천m <sup>3</sup> )		만수 면적(ha)	제체(m)		
						총	유효		제고	제장	폭
55	흥곡	영광	묘량	덕흥	1944	85	85.0	1.7	10	104	3
56	봉덕	영광	염산	상계	1925	629	628	19	5.6	390	2.8
57	봉양	영광	염산	봉남	1930	560	560	11	5.0	1,322	2.4
58	영호정	영암	삼호	삼포	1945	36.5	3.7	2	3.8	330	3
59	봉소	영암	시종	봉소	1945	26.8	26.8	3.4	3.0	165	3
60	작수	영암	신북	행정	1943	6	5.2	0.91	2	70	2
61	도갑	영암	군서	도갑	1973	1,572	1,429	16.3	23.4	149	6
62	동방	영암	시종	봉소	1945	214	214.4	9.65	5	224	2
63	동역	영암	삼호	동호	1968	12	12.2	0.7	6	75	2
64	부평	영암	도포	영호	1932	47	46.3	3.7	4	130	2
65	송죽정	영암	삼호	서호	1968	14	14	0.78	4	94	2
66	월릉	영암	시종	월릉	1965	72	73.8	5.38	7	70	2
67	가랑	영암	시종	월릉	1945	43.8	43.8	2.8	4.0	108	2.5
68	방축	영암	시종	신연	1954	87	87.3	5.49	4	196	2
69	백옥	영암	신북	월지	1967	11	11.2	1.36	3	124	2
70	백운	영암	시종	신흥	1954	55	55	3.81	4	109	3
71	안골	영암	학산	용산	1945	23	23.3	1.04	7	40	3
72	노송	영암	미암	선황	1945	14	26.4	1.5	6	124	3
73	만수	영암	시종	만수	1945	109	109.4	5.9	5	230	2
74	목우천	영암	삼호	서호	1968	7	7.4	0.52	4	80	2
75	방이틀	영암	삼호	서창	1968	12	12.1	0.49	5	100	2
76	신마산	영암	군서	마산	1945	13	13.4	0.56	5	80	2
77	양장2	영암	군서	양장	1945	7	6.5	0.41	4	74	2
78	울산	영암	영암	농덕	1945	23	22.6	1.14	8	126	3
79	큰골	영암	삼호	서창	1945	23	22.6	1.2	5	110	3
80	영풍	완도	군외	영풍	1960	161	161	1.7	14.0	148	5
81	유평	장성	삼서	학성	1957	257	257	5.7	18.5	101	5



구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	저수량(천m <sup>3</sup> )		만수 면적(ha)	제체(m)		
						총	유효		제고	제장	폭
82	서양	장성	동화	서양	1969	257	257	3.78	9	183	3
83	덕진	장성	장성	덕진	1959	89	89	1.9	14.9	178	5
84	오도	장흥	용산	운주	1968	60	60.0	1.95	8	180	3
85	신리	장흥	대덕	신	1969	65	65.0	1.78	13	140	4
86	백동	진도	임회	백동	1960	264	264	5.9	13.2	300	4
87	소포2	진도	지산	소포	1977	44	44.0	1.9	7	261	3
88	송현	진도	진도	교동	1956	17	17.0	0.42	8	74	3
89	월치	진도	의신	칠전	1958	32	31.0	1	8	76	3
90	호구	진도	임회	용호	1959	44.0	43.0	1.2	6.3	97	2
91	사천2	진도	의신	사천	1972	67	67.0	1.94	11	138	4
92	용성	함평	대동	용성	1975	130.6	130.6	7.5	7	125	5.3
93	문암	함평	해보	문장	1945	44.6	43.6	3.1	2.8	280	3
94	옥연1	해남	황산	옥동	1945	65.6	64.2	3.6	8	355	3
95	연동	해남	해남	연동	1958	209.5	209.0	6.9	7.6	224	3
96	평덕2	해남	황산	관춘	1945	22.6	20.0	1.1	3.6	115	1.7
97	신월	해남	문내	용암	1945	4.0	3.1	0.49	5	97	2
98	신안	해남	해남	신안	1958	77.9	68.3	2.8	3.5	115	3.5
99	신석	화순	청풍	신석	1945	60	60	1.6	8	118	4
100	옥동	화순	도암	원천	1945	24	22	1.0	7.5	85	4
101	청영	화순	이양	품평	1947	35.0	35.0	1.16	3.8	110	2

Appendix 2. 정밀안전진단 긴급점검 결과

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				조치 의견	보수 방안
						전체	담 마루	상류 사면	하류 사면		
1	계치	강진	대구	계율	1945	D	B	B	D	보수보강	
2	하류	고흥	도양	용정	1954	C	B	C	C	보수보강	그라우팅
3	차동	고흥	포두	차동	1962	C	C	C	C	보수보강	그라우팅
4	봉림	고흥	포두	봉림	1956	D	C	C	D	보수보강	그라우팅
5	삼신	고흥	풍양	울치	1963	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
6	상대	고흥	포두	상대	1956	D	B	D	D	보수보강	그라우팅
7	대분	고흥	도양	용정	1954	C	B	C	C	주의관찰	
8	미후	고흥	포두	세동	1978	C	C	B	C	주의관찰	
9	금사	고흥	포두	봉림	1975	C	C	C	C	주의관찰	
10	대강	고흥	동강	대강	1960	C	C	C	C	주의관찰	
11	근촌	곡성	삼기	근촌	1959	C	C	D	C	보수보강	
12	동림	광주	광산	동림	1969	D	C	C	D	보수보강	그라우팅
13	도야	광주	광산	삼도	1943	C	C	C	C	보수보강	
14	명곡	광주	광산	명도	1969	C	C	C	C	보수보강	
15	효령	광주	북	효령	1947	C	C	C	C	보수보강	
16	사도	구례	마산	사도	1942	C	C	C	C	주의관찰	그라우팅
17	우와	구례	산동	이평	1945	C	B	C	C	보수보강	그라우팅
18	안음	구례	간전	홍대	1969	C	C	C	C	보수보강	
19	청천	구례	마산	마산	1983	C	C	C	C	보수보강	
20	사암	나주	공산	신곡	1945	C	C	C	C	주의관찰	그라우팅
21	보산	나주		보산	1959	C	C	C	C	보수보강	그라우팅
22	평산	나주	남평	평산	1979	C	C	C	D	보수보강	
23	신기	나주	반남	신촌	1945	D	D	D	C	보수보강	그라우팅
24	원장	담양	고서	원장	1947	C	C	C	C	보수보강	
25	방축	담양	봉산	기곡	1937	C	C	C	C	보수보강	
26	서옥	담양	대진	서옥	1947	C	C	C	C	보수보강	
27	송산	담양	봉산	기곡	1942	C	C	C	C	보수보강	

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				조치 의견	보수 방안
						전체	덮 마루	상류 사면	하류 사면		
28	비아	담양	봉산	기곡	1945	C	C	C	C	보수보강	그라우팅
29	정석	담양	무정	서흥	1973	C	B	C	C	보수보강	
30	궁암	담양	수북	고성	1946	C	C	C	C	보수보강	
31	삼산	담양	수북	오정	1971	C	C	C	C	보수보강	
32	월전	담양	봉산	양지	1945	C	C	C	C	보수보강	
33	용월	무안	무안	용월	1959	D	D	D	C	보수보강	그라우팅
34	망월	무안	일로	망월	1945	C	C	B	D	보수보강	
35	망월동	무안	일로	망월	1969	C	C	B	C	보수보강	
36	복구	무안	삼향	왕산	1945	C	C	C	C	보수보강	
37	학산	무안	몽탄	학산	1969	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
38	해제3	무안	해제	광산	1944	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
39	성동	무안	무안	성동	1975	C	C	D	B	보수보강	
40	감동	보성	조성	덕산	1979	C	C	C	D	주의관찰	
41	연동	순천	승주	구강	1945	C	C	C	C	보수보강	그라우팅
42	용곡	순천	서	압곡	1961	C	C	C	C	주의관찰	
43	서동	순천	승주	신성	1945	C	C	C	C	주의관찰	
44	금동	순천	별량	금치	1977	C	C	D	C	주의관찰	
45	오상	신안	암태	오상	1957	D	C	C	D	보수보강	그라우팅
46	금읍	신안	팔금	읍	1945	D	D	D	D	보수보강	
47	읍동	신안	안좌	읍동	1956	C	C	C	C	보수보강	
48	여천	여수		여천	1943	C	C	C	C	보수보강	그라우팅
49	반월	여수	울촌	반월	1944	C	C	C	C	보수보강	그라우팅
50	천정	영광	백수	천정	1945	C	B	C	C	보수보강	그라우팅
51	명도	영광	염산	상계	1930	C	C	C	C	주의관찰	
52	몽강	영광	묘량	삼호	1946	C	C	C	C	보수보강	
53	신흥	영광	영광	신월	1942	C	B	D	C	보수보강	
54	천마	영광	백수	천마	1939	D	C	D	D	보수보강	그라우팅

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				조치 의견	보수 방안
						전체	덮 마루	상류 사면	하류 사면		
55	홍곡	영광	묘량	덕흥	1944	D	B	C	D	보수보강	그라우팅
56	봉덕	영광	염산	상계	1925	C	B	C	C	주의관찰	
57	봉양	영광	염산	봉남	1930	C	B	C	C	주의관찰	
58	영호정	영암	삼호	삼포	1945	D	C	C	D	보수보강	그라우팅
59	봉소	영암	시종	봉소	1945	D	D	B	E	보수보강	그라우팅
60	작수	영암	신북	행정	1943	D	B	D	D	보수보강	
61	도갑	영암	군서	도갑	1973	C	D	C	C	보수보강	
62	동방	영암	시종	봉소	1945	C	C	C	C	보수보강	
63	동역	영암	삼호	동호	1968	C	C	D	C	보수보강	
64	부평	영암	도포	영호	1932	C	B	C	C	보수보강	
65	송죽정	영암	삼호	서호	1968	C	C	D	C	보수보강	
66	월룡	영암	시종	월룡	1965	C	C	C	C	보수보강	
67	가랑	영암	시종	월룡	1945	D	C	E	E	보수보강	그라우팅
68	방축	영암	시종	신연	1954	D	C	C	D	보수보강	그라우팅
69	백옥	영암	신북	월지	1967	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
70	백운	영암	시종	신흥	1954	D	B	D	C	보수보강	그라우팅
71	안골	영암	학산	용산	1945	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
72	노송	영암	미암	선황	1945	C	C	D	C	보수보강	
73	만수	영암	시종	만수	1945	C	B	C	C	보수보강	
74	목우천	영암	삼호	서호	1968	C	C	D	C	보수보강	
75	방아틀	영암	삼호	서창	1968	C	C	D	C	보수보강	
76	신마산	영암	군서	마산	1945	C	C	C	C	보수보강	
77	양장2	영암	군서	양장	1945	C	C	C	C	보수보강	
78	울산	영암	영암	농덕	1945	C	C	B	C	보수보강	
79	큰골	영암	삼호	서창	1945	C	C	D	C	보수보강	
80	영풍	완도	군외	영풍	1960	D	B	B	D	보수보강	그라우팅
81	유평	장성	삼서	학성	1957	D	C	C	D	보수보강	그라우팅

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				조치 의견	보수 방안
						전체	덮 마루	상류 사면	하류 사면		
82	서양	장성	동화	서양	1969	D	C	C	D	보수보강	
83	덕진	장성	장성	덕진	1959	C	C	C	B	보수보강	
84	오도	장흥	용산	운주	1968	C	C	C	C	보수보강	
85	신리	장흥	대덕	신	1969	D	B	C	D	보수보강	그라우팅
86	백동	진도	임회	백동	1960	C	C	C	C	보수보강	
87	소포2	진도	지산	소포	1977	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
88	송현	진도	진도	교동	1956	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
89	월치	진도	의신	철전	1958	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
90	호구	진도	임회	용호	1959	D	C	D	D	보수보강	그라우팅
91	사천2	진도	의신	사천	1972	C	C	C	C	보수보강	
92	용성	함평	대동	용성	1975	E	E	D	E	보수보강	그라우팅
93	문암	함평	해보	문장	1945	D	C	D	E	주의관찰	그라우팅
94	옥연1	해남	황산	옥동	1945	D	C	C	D	보수보강	그라우팅
95	연동	해남	해남	연동	1958	C	B	C	D	보수보강	
96	평덕2	해남	황산	관춘	1945	C	C	C	C	주의관찰	
97	신월	해남	문내	용암	1945	C	B	B	D	보수보강	
98	신안	해남	해남	신안	1958	D	B	C	E	보수보강	그라우팅
99	신석	화순	청풍	신석	1945	D	C	D	D	보수보강	
100	옥동	화순	도암	원천	1945	C	C	C	C	주의관찰	
101	청영	화순	이양	품평	1947	C	B	C	C	보수보강	

## Appendix 3. 지질조사 결과

구분	지구	물리탐사 저비저항 구간	투수계수(cm/s)			표준 관입 (타/30cm)	지질 상태
			최고	최저	평균		
1	계치	No.5+00~No.5+09(L=9m)	전량누수	1.91E-03	1.91E-03	4~12	불량
2	하류	No.0+15~No.4+16(L=81m)	1.29E-03	7.81E-04	1.04E-03	2~11	불량
3	차동	No.1+01~No.5+02(L=81m)	2.51E-03	7.67E-04	1.64E-03	1~3	불량
4	봉림	No.0+10~No.05+15(L=105m)	3.20E-03	3.87E-04	1.79E-03	2~22	불량
5	삼신	No.3+00~No.3+15(L=15m) No.6+05~No.7+10(L=25m)	3.03E-03	7.97E-05	1.55E-03	2~9	불량
6	상대	No.2+00~No.5+10(L=70m)	8.06E-03	1.21E-04	4.09E-03	4~29	불량
7	대분	-	2.72E-04	4.19E-05	1.57E-04	2~8	양호
8	미후	No.1+00~No.2+05(L=25m) No.6+15~No.8+00(L=25m)	1.59E-03	1.98E-05	8.05E-04	3~11	양호
9	금사	No.1+10~No.6+105(L=100m)	2.17E-04	2.38E-05	1.20E-04	3~26	양호
10	대강	No.2+00~No.3+05(L=25m) No.5+05~No.6+00(L=15m)	4.19E-04	2.10E-05	2.20E-04	2~23	양호
11	근촌	No.11+05~No.11+15(L=10m)	4.38E-04	1.46E-04	2.92E-04	3~50	양호
12	동림	No.1+08~No.2+00(L=12m)	3.21E-03	9.85E-04	2.10E-03	1~7	불량
13	도야	No.0+15~No.1+13(L=18m) No.2+08~No.3+00(L=12m)	5.11E-04	1.13E-04	3.12E-04	2~5	양호
14	명곡	No.1+04~No.1+16(L=12m)	9.59E-03	5.18E-04	5.05E-03	1~13	불량
15	효령	No.2+05~No.3+12(L=37m)	4.79E-03	2.12E-05	2.41E-03	3~8	불량
16	사도	No.1+05~No.4+15(L=70m)	1.97E-03	1.71E-03	1.84E-03	2~4	불량
17	우와	No.0+15~No.3+00(L=45m) No.3+00~No.6+03(L=63m)	3.09E-03	1.58E-03	2.34E-03	2~4	불량
18	안음	No.0+15~No.3+00(L=45m)	4.16E-03	2.12E-03	3.14E-03	1~11	불량
19	칭천	No.1+00~No.3+05(L=45m) No.3+05~No.6+00(L=60m)	2.76E-03	2.45E-05	1.39E-03	1~18	불량
20	사암	No.2+17~No.5+02(L=45m)	1.75E-03	2.04E-04	9.77E-04	1~7	불량
21	보산	No.0+10~No.3+10(L=60m) No.5+05~No.6+00(L=15m)	1.78E-03	5.91E-04	1.19E-03	2~27	불량

구분	지구	물리탐사 저비저항 구간	투수계수(cm/s)			표준 편입 (타/30cm)	지질 상태
			최고	최저	평균		
22	평산	No.0+15~No.5+10(L=95m)	2.04E-03	8.81E-04	1.46E-03	3~10	불량
23	신기	No.2+05~No.2+17(12m) No.3+10~No.4+05(15m)	2.17E-03	2.30E-05	1.10E-03	1~4	불량
24	원강	No.2+10~No.3+12(L=42m) No.3+15~No.4+04(L=9m)	2.73E-03	3.98E-04	1.56E-03	2~4	불량
25	방축	No.3+00~No.4+09(29m) No.5+07~No.5+17(10m)	2.55E-03	7.08E-04	1.63E-03	1~3	불량
26	서옥	No.0+00~No.1+10(L=30m) No.1+10~No.3+05(L=45m)	2.46E-03	1.37E-03	1.92E-03	3~18	불량
27	송산	No.01+12~No.02+04(L=12m) No.02+15~No.03+15(L=20m)	3.64E-03	1.37E-03	2.51E-03	2~20	불량
28	비아	No.01+13~No.02+08(L=15m) No.03+07~No.03+17(L=10m)	4.43E-03	1.19E-03	2.81E-03	2~12	불량
29	정석	No.3+00~No.4+10(L=30m)	2.79E-03	1.47E-04	1.47E-03	1~3	불량
30	궁암	No.0+00~No.7+13(L=153m)	1.18E-03	3.32E-04	7.56E-04	1~7	양호
31	삼산	No.0+00~No.4+05(L=85m) No.7+05~No.9+05(L=40m)	1.02E-03	1.95E-04	6.08E-04	4~10	양호
32	월전	No.00+06~No.01+16(L=30m) No.02+11~No.03+09(L=18m)	1.48E-03	3.04E-04	8.92E-04	2~8	양호
33	용월	No.00+05~No.04+03(L=78m)	6.07E-04	1.14E-04	3.61E-04	3~10	양호
34	망월	No.1+17~No.4+12(L=55m) No.5+02~No.6+03(L=21m)	6.07E-03	3.56E-03	4.82E-03	0~7	불량
35	망월동	No.1+09~No.3+03(L=34m)	6.63E-03	5.25E-03	5.94E-03	0~4	불량
36	복구	No.2+03~No.4+07(L=44m)	6.58E-03	2.33E-03	4.46E-03	0~12	불량
37	학산	No.0+13~No.4+07(L=74m)	5.07E-03	2.21E-03	3.64E-03	1~8	불량
38	해제3	No.0+00~No.3+08(L=68m)	6.20E-03	5.59E-03	5.90E-03	0~10	불량
39	성동	No.00+15~No.02+00(L=25m) No.04+14~No.05+10(L=16m)	2.76E-04	1.25E-04	2.01E-04	6~32	양호
40	감동	No.2+00~No.4+00(L=40m) No.10+00~No.11+00(L=20m)	5.66E-04	8.19E-05	3.24E-04	4~18	양호
41	연동	No.0+12~No.3+00(L=48m) No.4+04~No.7+04(L=60m)	4.31E-03	6.16E-05	2.19E-03	1~6	불량
42	용곡	-	2.35E-04	7.22E-05	1.54E-04	2~16	양호
43	서동	No.1+12~No.2+04(L=22m)	5.02E-04	1.31E-04	3.17E-04	1~3	양호

구분	지구	물리탐사 저비저항 구간	투수계수(cm/s)			표준 편입 (타/30cm)	지질 상태
			최고	최저	평균		
44	금동	No.3+00~No.3+15(L=20m) No.5+05~No.6+00(L=15m)	6.51E-04	3.20E-05	3.42E-04	9~40	양호
45	오상	No.0+00~No.2+08(L=48m) No.8+00~No.9+18(L=38m)	6.15E-04	4.81E-04	5.48E-04	2~24	양호
46	금읍	No.2+08~No.3+00(L=12m) No.2+18~No.3+08(L=10m)	2.36E-03	2.51E-04	1.31E-03	2~21	불량
47	읍동	No.0+15~No.1+10(L=15m) No.2+02~No.2+14(L=12m)	6.45E-04	3.08E-04	4.77E-04	2~10	양호
48	여천	No.0+18~No.2+02(L=24m) No.2+08~No.4+19(L=51m)	2.01E-04	7.32E-05	1.37E-04	1~8	양호
49	반월	No.0+00~No.5+10(L=110m)	3.10E-04	6.95E-05	1.90E-04	2~8	양호
50	천정	No.5+00~No.8+10(L=70m) No.8+10~No.10+15(L=45m)	2.11E-03	5.80E-04	1.35E-03	3~10	불량
51	명도	No.1+13~No.9+00(L=147m) No.14+19~No.23+10(L=171m)	1.79E-03	1.99E-04	9.95E-04	1~10	양호
52	몽강	No.2+10~No.5+05(L=55m) No.5+10~No.6+15(L=25m)	1.75E-03	1.41E-03	1.58E-03	2~15	불량
53	신흥	No.0+15~No.3+15(L=60m)	2.57E-03	1.20E-03	1.89E-03	2~4	불량
54	천마	No.3+00~No.4+10(L=30m) No.5+00~No.8+00(L=60m)	1.64E-03	1.85E-04	9.13E-04	3~25	양호
55	흥곡	No.1+00~No.2+00(L=10m) No.2+00~No.5+00(L=60m)	3.78E-03	6.77E-04	2.23E-03	2~21	불량
56	봉덕	No.3+12~No.6+12(L=60m) No.8+12~No.14+13(L=120m)	7.96E-04	1.50E-04	4.73E-04	2~13	양호
57	봉양	No.6+00~No.12+00(L=120m)	4.78E-03	5.80E-04	2.68E-03	1~17	불량
58	영호정	No.3+06~No.6+06(L=60m) No.10+13~No.13+10(L=57m)	1.43E-03	2.39E-04	8.35E-04	3~4	양호
59	봉소	No.2+05~No.4+19(L=54m) No.6+06~No.7+13(L=27m)	2.26E-04	1.47E-04	1.87E-04	2~3	양호
60	작수	No.0+00~No.3+10(L=70m) No.2+15~No.3+10(L=15m)	2.91E-03	6.46E-04	1.78E-03	1~4	불량
61	도갑	No.3+05~No.4+10(L=25m)	1.08E-03	5.14E-06	5.43E-04	3~18	양호
62	동방	No.3+07~No.3+15(L=8m) No.5+06~No.5+18(L=12m)	5.49E-03	1.65E-03	3.57E-03	2~6	불량
63	동역	No.0+18~No.2+08(L=30m)	전량누수	5.36E-04	5.36E-04	2~8	양호
64	부평	No.0+08~No.8+15(L=7m) No.1+11~No.5+11(L=80m)	9.23E-03	2.30E-03	5.77E-03	1~7	불량
65	송죽정	No.1+04~No.3+16(L=52m)	3.68E-03	1.48E-03	2.58E-03	3~4	불량



구분	지구	물리탐사 저비저항 구간	투수계수(cm/s)			표준 편입 (타/30cm)	지질 상태
			최고	최저	평균		
66	월릉	No.0+00~No.0+18(L=18m) No.5+00~No.5+15(L=15m)	5.19E-03	5.54E-04	2.87E-03	1~4	불량
67	가랑	No.0+12~No.2+17(L=57m) No.0+12~No.6+09(L=117m)	4.41E-04	5.48E-05	2.48E-04	2~10	양호
68	방축	No.3+00~No.4+09(L=29m) No.5+07~No.5+17(L=10m)	9.88E-03	2.92E-03	6.40E-03	2~3	불량
69	백옥	No.1+19~No.3+00(L=21m) No.3+00~No.3+15(L=15m)	1.71E-03	6.53E-04	1.18E-03	0~4	불량
70	백운	No.3+04~No.4+04(L=20m) No.4+13~No.5+08(L=15m)	6.92E-03	5.15E-03	6.04E-03	1~2	불량
71	안골	No.0-06~No.1+15(L=41m)	1.59E-02	1.35E-04	8.02E-03	0~2	불량
72	노송	No.2+12~No.3+00(L=8m) No.3+10~No.4+12(L=22m)	1.53E-03	6.06E-04	1.07E-03	1~5	불량
73	만수	No.3+03~No.5+05(L=42m) No.5+10~No.6+08(L=18m)	1.51E-03	2.19E-04	8.62E-04	0~5	양호
74	목우천	No.1+12~No.3+05(L=33m)	1.14E-03	6.17E-04	8.79E-04	2~5	양호
75	방이틀	No.1+10~No.4+02(L=58m)	2.10E-03	7.77E-04	1.44E-03	3~4	불량
76	산바산	No.2+16~No.3+08(L=12m)	5.10E-03	6.16E-04	2.86E-03	1~6	불량
77	양장2	No.0+15~No.1+01(L=6m) No.2+00~No.2+14(L=14m)	2.44E-03	7.53E-04	1.60E-03	1~4	불량
78	울산	No.0+16~No.1+13(L=16m) No.6+03~No.8+11(L=28m)	9.60E-03	5.07E-04	5.05E-03	1~9	불량
79	큰골	No.0+09~No.2+01(L=12m) No.2+08~No.5+02(L=54m)	진량누수	4.87E-04	4.87E-04	3~5	양호
80	영풍	No.4+15~No.5+00(L=5m) No.6+00~No.7+00(L=20m)	7.79E-03	1.61E-05	3.90E-03	4~23	불량
81	유평	No.0+15~No.3+14(L=59m)	2.66E-03	5.66E-04	1.61E-03	1~3	불량
82	서양	No.1+15~No.2+10(L=15m) No.4+10~No.5+10(L=20m)	1.93E-03	4.09E-04	1.17E-03	4~17	불량
83	덕진	No.3+10~No.4+10(L=20m)	1.39E-03	6.30E-04	1.01E-03	2~8	불량
84	오도	No.2+00~No.3+10(L=30m) No.5+05~No.8+00(L=55m)	7.88E-03	3.76E-03	5.82E-03	4~50	불량
85	신리	No.2+00~No.3+10(L=30m) No.3+15~No.7+00(L=65m)	8.28E-03	7.17E-03	7.73E-03	3~50	불량
86	백동	No.2+00~No.4+05(L=45m) No.4+00~No.6+10(L=50m)	3.78E-03	3.91E-05	1.91E-03	1~9	불량
87	소포2	No.4+10~No.6+16(L=46m) No.8+04~No.9+00(L=16m)	2.34E-03	7.81E-04	1.56E-03	2~4	불량

구분	지구	물리탐사 저비저항 구간	투수계수(cm/s)			표준 편입 (타/30cm)	지질 상태
			최고	최저	평균		
88	송현	No.0+00~No.1+10(L=30m) No.3+00~No.3+03(L=3m)	2.10E-03	1.04E-03	1.57E-03	2~6	불량
89	월치	No.1+02~No.1+05(L=3m) No.2+09~No.3+01(L=12m)	2.60E-03	7.81E-04	1.69E-03	2~4	불량
90	호구	No.1+01~No.2+02(L=21m) No.3+06~No.3+18(L=12m)	2.60E-03	1.04E-03	1.82E-03	2~4	불량
91	사천2	No.2+01~No.3+11(L=30m) No.3+14~No.4+06(L=12m)	1.47E-03	1.47E-04	8.09E-04	2~4	양호
92	용성	No.1+16~No.3+00(L=24m) No.3+12~No.4+01(L=9m)	1.20E-02	2.27E-03	6.47E-03	4~15	불량
93	문암	No.1+16~No.2+05(L=9m)	5.03E-03	3.98E-05	2.53E-03	1~5	불량
94	옥연1	No.13+07~No.15+00(L=33m) No.15+00~No.17+14(L=54m)	8.36E-04	1.17E-04	4.77E-04	1~11	양호
95	연동	No.2+12~No.12+04(L=192m) No.7+12~No.12+04(L=92m)	4.63E-03	1.25E-03	2.94E-03	1~4	불량
96	평덕2	No.0+00~No.5+16(L=116m)	8.90E-03	1.47E-03	5.19E-03	1~4	불량
97	신월	No.0+10~No.4+00(L=70m)	7.21E-03	3.76E-03	5.49E-03	3~5	불량
98	신안	No.0+00~No.3+00(L=60m) No.3+00~No.5+05(L=25m)	1.98E-03	4.13E-04	1.20E-03	1~6	불량
99	신석	-	9.50E-04	7.03E-05	5.10E-04	2~21	양호
100	옥동	No.0+00~No.4+07(L=87m)	1.96E-04	7.29E-05	1.34E-04	2~32	양호
101	청영	No.1+08~No.2+02(L=14m)	1.26E-03	8.49E-04	1.05E-03	1~5	불량

Appendix 4. 안전등급과 지질조사의 결과에 따른 타입별 분류

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				지질 상태	타입
						전체	델 마루	상류 사면	하류 사면		
1	계치	강진	대구	계울	1945	D	B	B	D	불량	Ⅳ
2	하류	고흥	도양	용정	1954	C	B	C	C	불량	Ⅱ
3	차동	고흥	포두	차동	1962	C	C	C	C	불량	Ⅱ
4	봉림	고흥	포두	봉림	1956	D	C	C	D	불량	Ⅳ
5	삼신	고흥	풍양	울치	1963	D	C	D	D	불량	Ⅳ
6	상대	고흥	포두	상대	1956	D	B	D	D	불량	Ⅳ
7	대분	고흥	도양	용정	1954	C	B	C	C	양호	Ⅰ
8	미후	고흥	포두	세동	1978	C	C	B	C	양호	Ⅰ
9	금사	고흥	포두	봉림	1975	C	C	C	C	양호	Ⅰ
10	대강	고흥	동강	대강	1960	C	C	C	C	양호	Ⅰ
11	근촌	곡성	삼기	근촌	1959	C	C	D	C	양호	Ⅰ
12	동림	광주	광산	동림	1969	D	C	C	D	불량	Ⅳ
13	도야	광주	광산	삼도	1943	C	C	C	C	양호	Ⅰ
14	명곡	광주	광산	명도	1969	C	C	C	C	불량	Ⅱ
15	효령	광주	북	효령	1947	C	C	C	C	불량	Ⅱ
16	사도	구례	마산	사도	1942	C	C	C	C	불량	Ⅱ
17	우와	구례	산동	이평	1945	C	B	C	C	불량	Ⅱ
18	안음	구례	간전	홍대	1969	C	C	C	C	불량	Ⅱ
19	청천	구례	마산	마산	1983	C	C	C	C	불량	Ⅱ
20	사암	나주	공산	신곡	1945	C	C	C	C	불량	Ⅱ
21	보산	나주		보산	1959	C	C	C	C	불량	Ⅱ
22	평산	나주	남평	평산	1979	C	C	C	D	불량	Ⅱ
23	신기	나주	반남	신촌	1945	D	D	D	C	불량	Ⅳ
24	원강	담양	고서	원강	1947	C	C	C	C	불량	Ⅱ
25	방축	담양	봉산	기곡	1937	C	C	C	C	불량	Ⅱ
26	서옥	담양	대전	서옥	1947	C	C	C	C	불량	Ⅱ
27	송산	담양	봉산	기곡	1942	C	C	C	C	불량	Ⅱ

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				지질 상태	타입
						전체	댐 마루	상류 사면	하류 사면		
28	비아	담양	봉산	기곡	1945	C	C	C	C	불량	II
29	정석	담양	무정	서흥	1973	C	B	C	C	불량	II
30	궁암	담양	수북	고성	1946	C	C	C	C	양호	I
31	삼산	담양	수북	오정	1971	C	C	C	C	양호	I
32	월전	담양	봉산	양지	1945	C	C	C	C	양호	I
33	용월	무안	무안	용월	1959	D	D	D	C	양호	III
34	망월	무안	일로	망월	1945	C	C	B	D	불량	II
35	망월동	무안	일로	망월	1969	C	C	B	C	불량	II
36	복구	무안	삼향	왕산	1945	C	C	C	C	불량	II
37	학산	무안	봉탄	학산	1969	D	C	D	D	불량	IV
38	해제3	무안	해제	광산	1944	D	C	D	D	불량	IV
39	성동	무안	무안	성동	1975	C	C	D	B	양호	I
40	감동	보성	조성	덕산	1979	C	C	C	D	양호	I
41	연동	순천	승주	구강	1945	C	C	C	C	불량	II
42	용곡	순천	서	압곡	1961	C	C	C	C	양호	I
43	서동	순천	승주	신성	1945	C	C	C	C	양호	I
44	금동	순천	별량	금치	1977	C	C	D	C	양호	I
45	오상	신안	암태	오상	1957	D	C	C	D	양호	III
46	금읍	신안	팔금	읍	1945	D	D	D	D	불량	IV
47	읍동	신안	안좌	읍동	1956	C	C	C	C	양호	I
48	여천	여수		여천	1943	C	C	C	C	양호	I
49	반월	여수	울촌	반월	1944	C	C	C	C	양호	I
50	천정	영광	백수	천정	1945	C	B	C	C	불량	II
51	명도	영광	염산	상계	1930	C	C	C	C	양호	I
52	몽강	영광	묘량	삼호	1946	C	C	C	C	불량	II
53	신흥	영광	영광	신월	1942	C	B	D	C	불량	II
54	천마	영광	백수	천마	1939	D	C	D	D	양호	III

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				지질 상태	타입
						전체	댐 마루	상류 사면	하류 사면		
55	흥곡	영광	묘량	덕흥	1944	D	B	C	D	불량	Ⅳ
56	봉덕	영광	염산	상계	1925	C	B	C	C	양호	Ⅰ
57	봉양	영광	염산	봉남	1930	C	B	C	C	불량	Ⅱ
58	영호정	영암	삼호	삼포	1945	D	C	C	D	양호	Ⅲ
59	봉소	영암	시중	봉소	1945	D	D	C	E	양호	Ⅲ
60	작수	영암	신북	행정	1943	D	B	D	D	불량	Ⅳ
61	도갑	영암	군서	도갑	1973	C	D	C	C	양호	Ⅰ
62	동방	영암	시중	봉소	1945	C	C	C	C	불량	Ⅱ
63	동역	영암	삼호	동호	1968	C	C	D	C	양호	Ⅰ
64	부평	영암	도포	영호	1932	C	B	C	C	불량	Ⅱ
65	송죽정	영암	삼호	서호	1968	C	C	D	C	불량	Ⅱ
66	월릉	영암	시중	월릉	1965	C	C	C	C	불량	Ⅱ
67	가랑	영암	시중	월릉	1945	D	C	E	E	양호	Ⅲ
68	방축	영암	시중	신연	1954	D	C	C	D	불량	Ⅳ
69	백옥	영암	신북	월지	1967	D	C	D	D	불량	Ⅳ
70	백운	영암	시중	신흥	1954	D	B	D	C	불량	Ⅳ
71	안골	영암	학산	용산	1945	D	C	D	D	불량	Ⅳ
72	노송	영암	미암	선황	1945	C	C	D	C	불량	Ⅱ
73	만수	영암	시중	만수	1945	C	B	C	C	양호	Ⅰ
74	목우천	영암	삼호	서호	1968	C	C	D	C	양호	Ⅰ
75	방이틀	영암	삼호	서창	1968	C	C	D	C	불량	Ⅱ
76	신마산	영암	군서	마산	1945	C	C	C	C	불량	Ⅱ
77	양장2	영암	군서	양장	1945	C	C	C	C	불량	Ⅱ
78	울산	영암	영암	농덕	1945	C	C	B	C	불량	Ⅱ
79	큰골	영암	삼호	서창	1945	C	C	D	C	양호	Ⅰ
80	영풍	완도	군외	영풍	1960	D	B	B	D	불량	Ⅳ
81	유평	장성	삼서	학성	1957	D	C	C	D	불량	Ⅳ

구분	지구	시군	읍면	동리	준공 년도	구조물별 안전등급				지질 상태	타입
						전체	댐 마루	상류 사면	하류 사면		
82	서양	장성	동화	서양	1969	D	C	C	D	불량	Ⅳ
83	덕진	장성	장성	덕진	1959	C	C	C	B	불량	Ⅱ
84	오도	장흥	용산	운주	1968	C	C	C	C	불량	Ⅱ
85	신리	장흥	대덕	신	1969	D	B	C	D	불량	Ⅳ
86	백동	진도	임회	백동	1960	C	C	C	C	불량	Ⅱ
87	소포2	진도	지산	소포	1977	D	C	D	D	불량	Ⅳ
88	송현	진도	진도	교동	1956	D	C	D	D	불량	Ⅳ
89	월치	진도	의신	칠진	1958	D	C	D	D	불량	Ⅳ
90	호구	진도	임회	용호	1959	D	C	D	D	불량	Ⅳ
91	사천2	진도	의신	사천	1972	C	C	C	C	양호	Ⅰ
92	용성	함평	대동	용성	1975	E	E	D	E	불량	Ⅳ
93	문암	함평	해보	문장	1945	D	C	D	E	불량	Ⅳ
94	옥연1	해남	황산	옥동	1945	D	C	C	D	양호	Ⅲ
95	연동	해남	해남	연동	1958	C	B	C	D	불량	Ⅱ
96	평덕2	해남	황산	관춘	1945	C	C	C	C	불량	Ⅱ
97	신월	해남	문내	용암	1945	C	B	B	D	불량	Ⅱ
98	신안	해남	해남	신안	1958	D	B	C	E	불량	Ⅳ
99	신석	화순	청풍	신석	1945	D	C	C	D	양호	Ⅲ
100	옥동	화순	도암	원천	1945	C	C	C	C	양호	Ⅰ
101	청영	화순	이양	품평	1947	C	B	C	C	불량	Ⅱ