



## 지오텍스타일로 보강된 농업용 저수지 제체의 붕괴거동 Behavior of Agricultural Reservoirs Embankment Reinforced by Geotextile under Overtopping Condition

이달원<sup>\*,†</sup> · 노재진<sup>\*\*</sup>

Lee, Dal Won · Noh, Jae Jin

### ABSTRACT

In this study, the large scale test was performed to investigate the behavior of failure for the embankment and spillway transitional zone by overtopping. The pore water pressure, earth pressure, settlement and failure pattern of covering embankment with geotextile were compared and analyzed. The pore water pressure showed a small change in the spillway transition zone and core, indicating that the geotextile efficiently reinforced the embankment. The earth pressure decreased the infiltration of the pore water only in inclined cores type to secure local stability. The behavior of failure started from the bottom and gradually progressed upwards. After the intermediate overtopping period (100 min), width and depth of the seepage erosion were very small due to the effect of geotextile which delayed failure. Therefore, the reinforced method by geotextile was a very effective method to respond to the emergency due to overtopping.

**Keywords:** Overtopping; geotextile; spillway; reservoir; pore water pressure; earth pressure; behavior of failure

### 1. 서 론

우리나라 농업용 저수지는 대부분 흙댐으로 2012년말 통계기준 총 17,477개소이며 지방자치단체에서 14,105개소 (80.7%), 한국농어촌공사에서 3,372개소 (19.3%)를 관리하면서 전국수리담면적 778천 ha 중 453천 ha (58.2%)에 농업용수 공급과 함께 하류하천의 수질개선, 홍수조절, 생태환경에 기여하고 있다.

준공연도별로는 1945년 이전에 준공된 저수지가 9,051개소 (51.8%), 50년 이상 (1946~1962)은 2,879개소 (16.5%), 30년 이상 (1963~1982)은 4,655개소 (26.6%), 30년 미만 (1983년 이후)의 저수지는 892개소 (5.1%)이다 (MAFRA, KRC, 2013).

이와 같이 농어촌공사와 지자체 관리 저수지의 68.3%가 50년 이상 경과되어 월류, 파이프 및 누수로 인한 붕괴 가능성과 재해 위험이 증가하므로 지속적인 유지보수관리 방안이 필요하다.

현재 농업용저수지 둑 높이기 사업은 총 110개소로 장래 물 부

족에 대비하여 농업용수를 보충하여 안정적인 영농기반을 마련하고 농촌지역의 생활, 농업용수, 축산, 원예 등 농촌용수 다양화 및 미래 영농환경 변화에 대비하기 위한 목적으로 2015년까지 추가 저수량 2.4억 m<sup>3</sup> (6.1 → 8.5억 m<sup>3</sup>)을 확보할 계획이다 (KRC, MLTM, 2011).

국외에서는 그 동안 댐의 파이핑, 월류 및 활동 등에 관한 연구가 계속해서 진행되어 오고 있다 (Foster et al., 2000; Fell et al., 2003; Costa and Alonso, 2009). 국내에서는 저수지 월류실험에 관한 연구는 거의 없고, 주로 하천 제방에 관한 수리모형실험을 통하여 붕괴 형태, 붕괴지속시간, 월류량, 세굴형태 등의 연구가 진행되어 왔다 (Jung, 1989; Im et al., 2005).

국내 댐의 90% 이상을 차지하는 농업용 저수지는 규모에 따라 100년 빈도나 200년 빈도 설계강우량을 사용하여 여수로 크기를 결정하고 있으나 이 기준으로는 최근의 국지성 호우 등의 기후패턴에 제대로 대응하기에 역부족이므로 기후변화에 따라 농업기반 시설의 설계기준을 대폭 강화해야 한다는 지적이 제기 되고 있다.

농업용 저수지 중에서 99%를 차지하고 있는 측수로형 여수로는 구조적으로 측수로의 옹벽높이가 댐마루보다 낮게 설계시공 되고 있기 때문에 발생 가능한 최대홍수량 (PMF) 유입시 측수로 내의 수위상승뿐만 아니라 측벽의 월류가 발생되어 옹벽배면부의 붕괴로 인한 세굴파괴에 취약하다.

\* 충남대학교 지역환경토목학과

\*\* 충남대학교 대학원

† Corresponding author Tel.: +82-42-821-5793

Fax: +82-42-821-8877

E-mail: dwlee@cnu.ac.kr

2014년 2월 5일 투고

2014년 2월 29일 심사완료

2014년 3월 11일 게재확정

흙댐의 붕괴는 월류, 파이핑 및 누수에 의한 붕괴가 가장 많이 차지하고 있다. 월류에 의한 제방 붕괴속도는 침투나 세굴에 의한 붕괴보다 훨씬 빠르고 계획홍수량 이상의 홍수량이 발생하거나 제체의 여유고가 작을 때 발생한다.

저수지 제방의 월류로 인한 붕괴는 다짐도, 축조재료, 독마루폭, 사면경사 등에 따라 다르게 나타나지만, 월류 시 제체가 일시에 붕괴되는지 또는 하류사면의 세굴로 점차적으로 붕괴되는지 여부를 파악하고, 가장 중요한 댐마루에서 성토체의 붕괴속도와 독 높임 시 설치되었던 코어가 안정성에 어떠한 영향을 미치는지를 평가하는 것은 매우 중요하다고 판단된다 (Kim and Lee, 2009; Lee and Lee, 2012).

흙으로 구성된 농업용 저수지 제체 사면의 보강은 크게 응급상황 보강방법과 영구적 보강방법으로 분류할 수 있다. 저수지 제체의 월류로 인한 붕괴피해는 붕괴단면의 크기 및 형태에 따라 피해규모에 큰 영향을 미침에도 불구하고 이에 관한 연구는 미미한 실정이다 (Kim et al., 2011).

그러므로 제체의 월류로 인한 붕괴는 이론적인 연구뿐만 아니라 모형실험 등을 통하여 수위변화에 따른 제체의 침하, 공극수압, 토압 변화 등을 파악하고, 이상강우에 의한 붕괴실험을 바탕으로 보다 정교한 안정성 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다 (Lee et al., 2013; Noh and Lee, 2014).

따라서 본 연구에서는 농업용 저수지가 이상강우에 의해 여수토가 기능을 발휘하지 못하고 월류되었을 경우를 고려한 대형실내모형실험을 실시하고, geotextile로 보강하였을 경우에 제체와 여수토 접촉부에서의 공극수압, 토압, 침하 및 붕괴거동 등을 비교·분석하여 제체의 안정성을 평가하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용시료

실험에 사용된 시료는 코어재와 성토재 총 2종의 시료를 사용하였고, 공주시 계룡 저수지 토취장에서 채취하였다. 사용된 시료의 물리적 성질, 역학적 성질 및 입도곡선은 Table 1 및 Fig. 1과 같다 (Noh and Lee, 2014).

### 2. 저수지 제체 모형 축조

실내대형모형 토조는 콘크리트와 철제 및 아크릴로 제작하였고, 토조 내부에는 실리콘 및 방수페인트로 처리하여 누수를 방지하였다.

Fig. 2는 저수지 독 높이기시에 경사형 제체 덧쌓기 모형으로, 현장 저수지의 1/20로 축소하고 코어는 하류 측 방향의 경사형태

Table 1 Geotechnical properties of materials used

Sample	$G_s$	PI (%)	$k_v$ (m/s)	$W_{opt}$ (%)	$\gamma_{d,max}$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	$\phi$	USCS
Embankment	2.65	9.2	5.75E-07	14.0	17.25	16.7	24	SC
Core	2.69	15.5	3.11E-08	23.0	15.78	34.3	9	CL

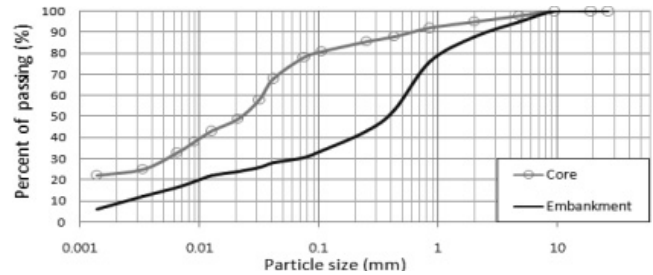


Fig. 1 Grain size accumulation curve

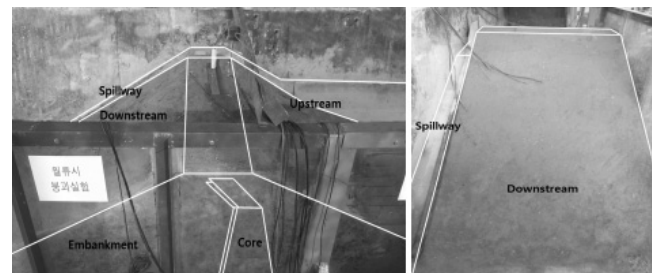


Fig. 2 Model test for overtopping

로 축소하였다. 제체 덧쌓기 전·후의 모형 축조에 사용된 시료는 균질한 상태로 포설하기 위하여 12 mm 체를 통과한 시료만 사용하였다. 다짐은 최적 함수비로 조절하여 최대 건조밀도의 95 %로 층별 다짐을 실시하고 밀도를 측정하여 확인하였다.

수리모형실험의 축척은 일반적으로 1/15에서 1/50 범위에서 결정되므로 본 연구에서는 상사법칙의 효율성과 실내모형실험규모의 여건 등을 감안하여 1/20으로 결정하였다 (Noh and Lee, 2014).

모형은 길이 (L) 126 cm×폭 (W) 540 cm×높이 (H) 95 cm로 콘크리트와 철제 및 아크릴로 제작하였고, 비탈면 경사는 1 : 2.0 (하류사면), 1 : 2.5 (상류사면)으로 모형을 제작하였다. 여수토는 콘크리트와 합판을 이용하여 현장저수지 표고를 기준으로 1/20로 축소하고, 방수로 폭은 10 cm, 마루표고는 55 cm, 월류연체 표고는 65 cm가 되도록 하였고, 월류연체는 모형 실험의 여건상 비조절형으로 제작하였다.

월류시 모형저수지의 상류부로 유입되는 유입량과 여수토 방수로를 통하여 하류부로 유출되는 유출량은 미리 측정된 토조에서의 유량검증을 통하여 유입량 1.8 L/sec, 방수로 유출량 0.5 L/sec로 확인하였다. 실험과정의 붕괴양상은 비디오 카메라를 설치하여 전체 붕괴과정을 기록하였다.

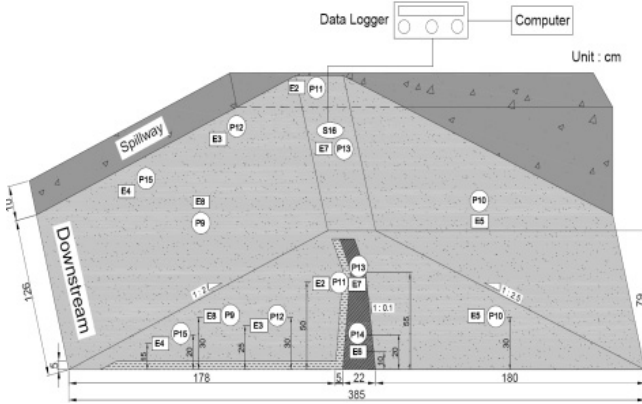


Fig. 3 Location of piezometers and earth pressure cells

### 3. 계측기 매설

제체를 구성하는 성토재와 점토재 내부에 작용하는 공극수압과 토압을 측정하기 위해 Fig. 3과 같이 공극수압계 (P) 7개와 토압계 (E) 7개를 각각의 위치에 매설하였다. 매설간격은 P11, P12, P15, E2, E3, E4은 여수토와 제체의 접촉부의 상부, 중앙, 하부에 매설했으며, 나머지 계측기들은 제체 중심으로부터 좌·우의 일정한 거리에 위치시켰다.

매설깊이는 사면의 높이와 경사를 고려하여 월류 시 공극수압과 토압 측정 시 비교가 용이하도록 제체 하부로부터 10~59 cm 떨어진 지점 (P9: 30 cm, P10: 30 cm, P11: 50 cm, P12: 30 cm, P13: 55 cm, P14: 20 cm, P15: 20 cm, E2: 50 cm, E3: 25 cm, E4: 15 cm, E5: 30 cm, E6: 10 cm, E7: 50 cm, E8: 30 cm)에 매설하였다 (Noh and Lee, 2014).

제체 덧쌓기 후 댐마루 중앙에 침하계 (S)를 설치 (LVDT)하여 침하량을 측정하였고, 계측기는 모형 토조내 적용할 수 있는 초소형 크기의 공극수압계 (정격용량: 50 kPa)와 토압계 (정격용량: 200 kPa)를 사용하였다.

각각의 측정값은 Data Logger와 Computer에 의해 자동적으로 저장하도록 하였다. 공극수압은 상류 측에 담수한 물이 제대로 제체내로 충분히 침투하여 정상 침투가 이루어졌다고 판단할 때까지 측정하였다.

### 4. Geotextile 보강방법

토목섬유는 시공현장에서 가장 광범위하게 사용하고, 월류 시 물의 흐름 속에서도 세굴의 영향을 최소한으로 막을 수 있으며, 사면의 붕괴 거동 및 확대과정을 파악할 수 있는 직포 (woven)형 geotextile을 선정하였다. 모형실험 제체에서의 시공방법은 상류부 만수위 지점부터 댐마루와 하류부 전체를 포설하였고 월류 시 물의 흐름에 의해 geotextile이 쓸려 내려가는 것을 방지하기 위

하여 핀으로 고정하였다.

사용된 geotextile의 물리적 성질은 무게 150 g/m<sup>2</sup> 이상, 비중 1.36, 인장강도 1,245 N 이상, 인장신율 10~30 %, 투수계수 1×10<sup>-4</sup> cm/s 이상으로 나타났다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 월류시 공극수압의 변화

저수지 제방의 월류실험은 상류측에 만수위로 일정시간 유지시켜 제체내로 정상 침투가 이루어졌다고 판단되었을 때 실행하였다. 홍수량 조절은 현장 저수지의 저수량, 유역의 특성, 면적 등 홍수량 산정을 통하여 모형실험의 축소 축척에 비례하고, 모형에서의 저수량 등을 고려하여 적용가능한 홍수량을 계산하였다. 그 결과 홍수량은 1.8 L/s로 유량공급조절장치를 통하여 상류측에 일정하고 지속적으로 180분 동안 공급하였고, 여수토 방수로를 통하여 일정하게 0.5 L/s 방류되도록 하였다.

Fig. 4는 geotextile 보강 시 월류에 의한 공극수압 변화를 나타낸 것이다.

Geotextile로 보강된 제체의 월류 실험은 만수위 상태에서 약 23시간 정도 경과 후에 월류시켜 약 3시간 동안 붕괴 상태의 변화를 측정하였으며, 종료 후 약 50시간까지 공극수압을 측정하여 분석하였다.

상류사면 (P10)의 공극수압은 담수 시 급격하게 증가하였고 일정하게 유지되다가 제체의 월류를 위한 수위상승 시점부터 급격하게 상승하는 것으로 나타났다.

여수토 접촉부 상부 (P11)와 중앙 (P12)에서의 공극수압은 담수의 영향으로 상승한 이후 일정하게 유지하다가 월류 시 약간 상승하였고, 이후 감소되어 비교적 일정하게 유지되었다. 이는 하류사면 전역에 설치한 geotextile의 효과로 인해 상대적으로 작게 나타났다.

경사형 코어 증고부 (P13) 및 코어하부 (P14)에서의 공극수압은 월류 시 상승폭이 작게 나타났다. geotextile은 월류 시 제체내로 공극수의 침투와 붕괴를 감소시켜 댐마루 부근의 성토재 일부

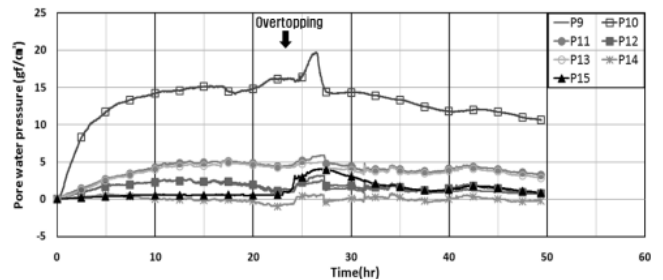


Fig. 4 Variation of pore water pressure at overtopping

만 세굴되고 코어는 그대로 유지되었기 때문에 판단된다.

저수지 제체에서 가장 중요한 역할을 하는 코어에서의 공극수압은 아주 미미한 변동을 나타내어 geotextile이 보강재로 우수한 효과가 있는 것으로 판단된다. 여수토 접속부 하부 (P15)에서의 공극수압은 월류 시 상부와 중앙보다는 약간 더 큰 상승폭을 나타냈고, 종료 후에는 서서히 감소하다 일정하게 유지되었다.

전반적으로 geotextile 보강 시 공극수압 변화는 만수위부터 월류 전까지는 일정하게 유지되었고, 월류 시작 이후에는 변화폭이 작게 나타났다. 잦은 수위변동은 제체의 균열을 유발시키게 되는데, geotextile로 보강한 제체는 월류 시 여수토 접속부와 코어에서 공극수압의 변화폭이 작게 나타나 제체보강에 효과가 있는 것으로 판단된다.

## 2. 월류시 토압의 변화

Fig. 5는 geotextile 보강 시 월류에 의한 토압 변화를 나타낸 것이다.

여수토 접속부의 상부 (E2)와 중앙 (E3)에서의 토압은 월류 전까지 큰 변화를 나타내지 않았고, 월류 시 약간 상승하였다가 감소하여 일정하게 유지되었다.

여수토 접속부 하부 (E4)에서의 토압은 월류전까지 0 gf/cm<sup>2</sup> 정도를 유지하다가 월류 중 감소하고 일정하게 유지되었다. 월류 시 여수토와 둑마루를 통해 하류측에 흐러운 물에 의해 세굴이 발생되었기 때문에 판단된다.

상류사면 (E5)과 코어하부 (E6)에서의 토압은 월류가 시작되면서 급격하게 상승 한 후 종료 후에는 감소하고 일정하게 유지되었다. 하류사면 중앙 (E8)에서의 토압은 월류에 의해 큰 변화 없이 일정하게 유지하였다.

경사형 코어 증고부 (E7)에서의 토압은 월류전까지 일정하게 유지되다가 월류시 약간 상승하고 종료 후는 감소하여 일정하게 유지되었다.

전반적으로 geotextile로 보강된 제체의 월류시 토압변화는 상류사면과 코어하부에서만 급격하게 상승하였고 여수토 접속부에서는 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 또한 경사형 코어 증고부

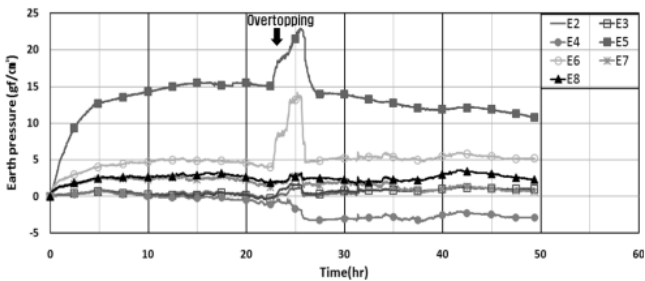


Fig. 5 Variation of earth pressure at overtopping

(E7)에서는 상류사면 만수위부터 둑마루까지 설치한 geotextile의 영향으로 국부적인 코어의 안정성을 확보하는 것으로 판단된다.

## 3. 침하량의 변화

Fig. 6은 geotextile 보강 시 월류에 의한 침하량의 변화를 나타낸 것이다.

담수를 위한 수위상승으로 인해 초기 침하량이 점차적으로 증가하고, 이미 제체내에 충분한 침투로 인해 비교적 작은 침하량이 일정하게 유지되었다. 월류 시점인 약 23시간 후에 변화가 발생되기 시작하였고, 약 24시간 경과 후에는 급격한 변화폭을 나타냈는데, 이는 침하계 설치부근의 둑마루가 일부 붕괴되면서 최대 8 mm 정도까지 침하가 발생되었다.

일반적으로 침하량은 시간에 따라 점차적으로 증가하는 경향을 나타냈지만 geotextile 보강 시에는 큰 변화 없이 일정하다가 급격하게 증가하는 경향을 나타냈다.

## 4. 월류시 제체 사면의 붕괴거동

저수지 붕괴는 월류초기에는 지속시간이 길고 월류량이 급증하면서 지속시간이 짧아진다. 측수로형 여수로는 이상홍수시 설계 홍수량을 초과하면 잠류영향으로 급격하게 수위가 상승되고 여수토 접속부인 옹벽 배면부가 가장 취약하기 때문에 세굴과파괴가 급속히 진행되고 붕괴에 이르게 된다.

Fig. 7은 geotextile 보강 시 월류에 의한 붕괴형태를 0분, 50분, 100분, 150분 경과 후로 구분하여 나타낸 것이다. 모형축조 완료 후 월류 시험 전까지 홍수위 상태를 유지시켜 제체에 충분한 침투가 이루어지도록 하여 실제 저수지의 침투조건과 유사하도록 수위를 조정하였다. 유량공급조절장치를 통하여 댐마루 월류량을 일정하게 유지하고 나머지는 방수로로 방류되도록 하였다.

월류 초기에는 geotextile의 투수성으로 인해 월류되는 물의 일부는 제체내로 침투되었고, 일부는 geotextile의 표면으로 흘러내렸다. 제체와 여수토 접속부에서 월류가 시작되어, 하부부터 붕괴가 시작되고 상부쪽으로 점차 확대되는 점진적 붕괴형태가 나타났다. 월류 50분 경과 후에는 여수토 접속부부터 세굴로 인한

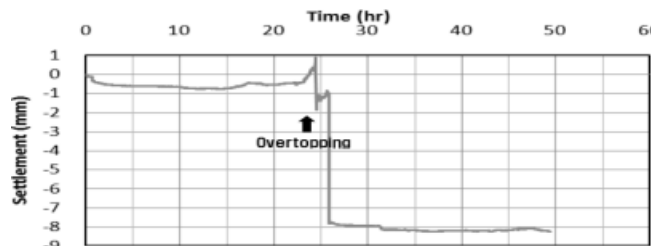


Fig. 6 Variation of settlement at overtopping

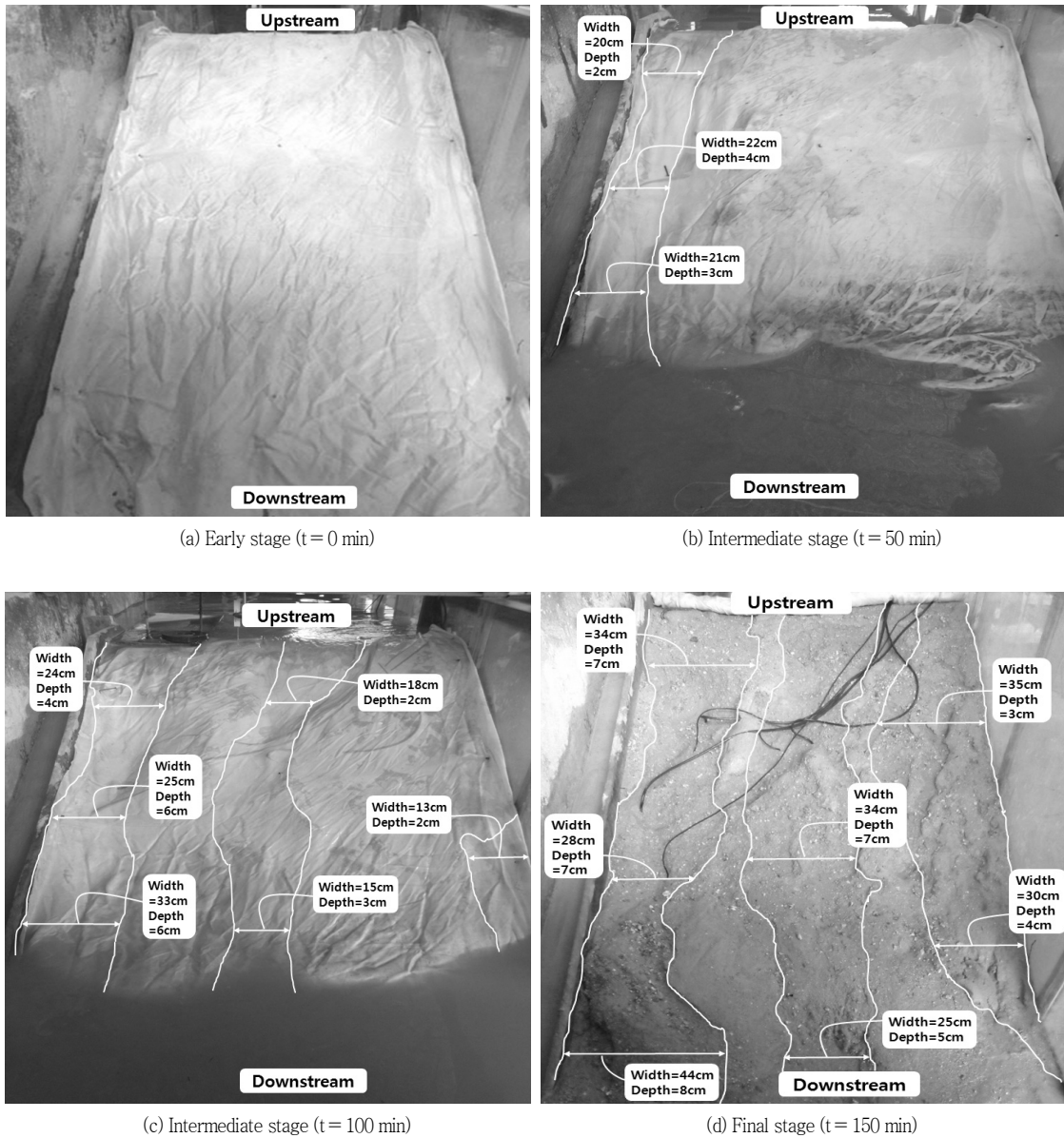


Fig. 7 Pattern of failure at overtopping

붕괴가 시작되어 폭 20~22 cm, 깊이는 2~4 cm로 나타났다.

100분 경과 후 여수토 접촉부에서는 붕괴폭 24~33 cm, 깊이 4~6 cm로 증가하였다. 상류사면과 둑마루를 거쳐 하류사면 전역에 설치한 geotextile의 영향으로 세굴폭과 깊이는 매우 작게 나타났다. 하류사면 중앙부에서도 세굴로 인한 붕괴가 시작되어 폭 15~18 cm, 깊이 2~3 cm로 나타났다. 또한, 하류사면의 우측 하부에서도 세굴이 시작되어 상부쪽으로 확대되는 붕괴형태를 확인하였다.

150분 후에는 사면의 정확한 세굴과 붕괴형태 파악을 위해 geotextile을 제거 후에 측정하였다. 여수토 접촉부에서는 붕괴폭

28~44 cm, 깊이 7~8 cm로 약간 증가하였고, 하류사면 중앙부에서는 붕괴폭 25~34 cm, 깊이 5~7 cm로 확장되었으며, 하류사면 우측에서도 붕괴폭 30~35 cm, 깊이 3~4 cm로 나타났다.

월류가 진행됨에 따라 하류사면 표면으로 흐르던 물이 사면내부로 침투하여 세굴로 인해 붕괴를 발생시키는데, geotextile로 보강한 사면은 월류 시 붕괴폭과 깊이가 매우 작게 나타나 붕괴가능성을 감소시키는 보강효과가 검증되었다. 이는 사면의 붕괴를 지연시킬 수 있어 월류 시 비상 상황에 대처할 수 있는 매우 효과적인 보강방법이라고 판단된다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 농업용 저수지가 이상강우에 의해 여수토가 기능을 발휘하지 못하고 월류되었을 경우를 고려한 대형실내모형 실험을 실시하고, geotextile로 보강하였을 경우의 제체와 여수토 접속부에서의 공극수압, 토압, 침하 및 붕괴거동 등을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Geotextile 보강 시 월류에 의한 제체와 여수토 접속부 및 코어에서의 공극수압은 담수의 영향으로 증가하고 월류시 약간 상승하였으나 변화폭이 상대적으로 작게 나타나 제체보강에 효과가 있는 것으로 판단된다.

2. 제체와 여수토 접속부 및 코어에서의 토압변화는 상류사면과 코어하부에서만 급격하게 상승하였고 여수토 접속부에서는 뚜렷한 변화를 나타내지 않았으며, 경사형 코어 일부에서만 공극수의 침투를 저하시켜 국부적인 안정성을 확보하는 것으로 판단된다.

3. 일반적으로 침하량은 점차적으로 증가하는 경향을 나타냈지만 geotextile 보강 시에는 큰 변화 없이 일정하다가 월류에 의해 독마루가 붕괴되면서 급격하게 증가하는 경향을 나타냈다.

4. 월류에 의한 제체와 여수토 접속부에서의 붕괴 거동은 하류사면의 토립자가 세굴되면서 점차 하부부터 붕괴가 시작되면서 점차로 상부쪽으로 확대되는 점진적 붕괴 형태를 나타냈다. 월류 중기 이후(100분)부터는 geotextile의 영향으로 세굴폭과 깊이가 매우 작게 나타나 붕괴를 지연시킬 수 있어 월류 시 비상상황에 대처할 수 있는 매우 효과적인 방법이라고 판단된다.

이 논문은 2013년도 정부 (교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (과제번호: NRF-2011-0011920).

## REFERENCES

- Costa, L. M., and E. E. Alonso, 2009. Predicting the behavior of an earth and rockfill dam under construction. *J. of Geotech. and Geoenviron. Eng., ASCE* 135(7): 851-862.
- Fell, R., C. F. Wan, J. Cyganiewicz, and M. Foster, 2003. Time for development of internal erosion and piping in embankment dams. *J. Geotech. Geoenviron. Eng., ASCE* 129(4): 307-314.
- Foster, M. A., R. Fell, and M. Spannagle, 2000. The statistics of embankment dam failures and accidents. *Can. Geotech. J.* 37(5): 1000-1024.
- Im, E. S., M. W. Seo, I. S. Ha, and W. G. Kim, 2005. Simulation of earth-fill dam behavior subjected to water level variation using geotechnical centrifuge. *The Korean Society of Civil Engineers Journal* 25(2): 95-102 (in Korean).
- Jung, H. S., 1989. An experimental study on piping failure of earth embankment. *Journal of Korean Geotechnical Society* 5(4): 17-26 (in Korean).
- Kim, M. H., and D. W. Lee, 2009. Safety evaluation of reservoir embankment by instrument system. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 51(6): 33-43 (in Korean).
- Kim, J. H., 2001. Analysis on embankment failure due to overflow. *Korea Environmental Industry and Technology Institute* 12(2): 97-107 (in Korean).
- Kim, Y. I., K. S. Yeon, K. S. Kim, J. W. Jeong, and Y. S. Kim, 2011. An experimental study of reservoir failure phenomena according to transitional zone: spillway scour during overflow. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 53(2): 27-33 (in Korean).
- Korea Rural Community Corporation (KRC), 2011. The project of raising embankment of agricultural reservoir. <http://www.ekr.or.kr>.
- Lee, D. W., and Y. H. Lee, 2012. Behavior of pore water pressure of agricultural reservoir according to raising embankment. *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers* 54(3): 11-17 (in Korean).
- Lee, Y. H., K. I. Tokida, and D. W. Lee, 2013. The safety evaluation reservoir due to heightening embankment in Korea. *The 5th International Geotechnical Symposium-Incheon*. pp. 327-335.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM), 2011. The 4 major rivers restoration. <http://4rivers.go.kr>.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), Korea Rural Community Corporation (KRC). 2013. Statistical yearbook of land and water development for agriculture.
- Noh, J. J., and D. W. Lee, 2014. Behavior of failure for embankment and spillway transitional zone of agriculture reservoirs due to overtopping. *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers* 56(1): 71-79 (in Korean).