

일본의 월류형 소류지 설계시공

Design and Construction for Overflow Type Small Earth Dam in Japan



이상익
동신기술개발주식회사 부사장



류기승
(주)태영엔지니어링 고문

1. 개 요

일본(日本)에 있는 소류지(小溜池)의 대부분은 일반적으로 100년 이상 전에 건설된 것인데 그 수는 21만개소나 되며, 이것은 지역 생활을 유지하고 귀중한 수자원을 확보하는 불가결한 자산이 되고 있다. 그런데 근년에 들어와서 집중호우와 지진에 의한 자연재해 증가로 2004년도에는 10회에 이르는 태풍의 상륙, 호우와 지진 등이 발생하여 그에 따른 소류지의 피해는 결계(決潰)가 340개소 이상, 큰 손상(損傷)이 약 4,600개소에 이르고 있다.

피해 형태는 대부분이 홍수에 의한 제체의 월류(越流)와 지진에 의한 제체의 활동(滑動)과 침하(沈下)이다. 따라서 소류지의 내월류성과 내진성의 향상이 요구되고 있다. 이 때문에 재해를 당한 소류지는 물론 노후(老朽)된 소류지의 안전성 회복 및 강도의 향상이 긴급연구과제로 되었다.

따라서 일본 농촌공학연구소에서는 지진과 홍수에 대응할 수 있는 소류지공법의 개발연구를 진행하여 왔는데 그 결과 “테일(tail)”이라 부르는 꼬리가 달린 대형 흙

포대를 경사(傾斜)지게 쌓고, 흙포대와 제체의 밀착성을 높여서 지진과 월류에도 흙포대가 붕괴되지 않는 공법을 개발하게 되었다.

즉, 연구한 기초기술을 토대로 시공성과 내구성이 우수하고 건설비용을 줄일 수 있는 획기적인 소류지 정비 기술인 “월류형소류지공법”을 개발한 것이다. 지역의 중요한 수자원인 소류지는 새로운 공법이 도입되어 어려운 면이 있으나 본 공법의 유효성과 과학적인 검증결과가 확인되어 2007년의 지진피해복구사업에 처음으로 채용되었다.

2. 연구내용

결괴된 소류지의 피해실태 조사결과에 의하면 소류지는 집수면적이 적으므로 월류는 매우 짧은 시간에 집중하여 생긴다. 이 때문에 본 조건에서는 몇 시간 정도의 월류수(越流水)를 정하고 그 월류(越流)에 대한 제체 하류사면의 내침식성을 평가해야 한다.

본 월류형소류지 제체 모형은 그림1과 같이 인장보강

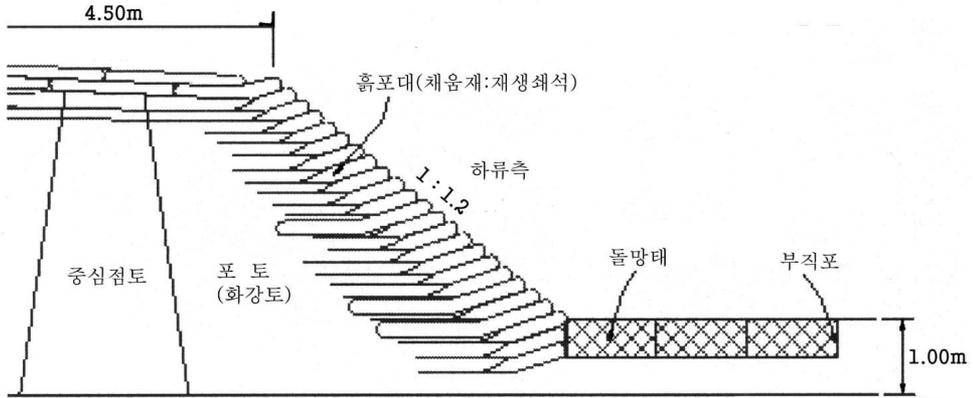


그림 1. 실물크기의 제체모형단면도

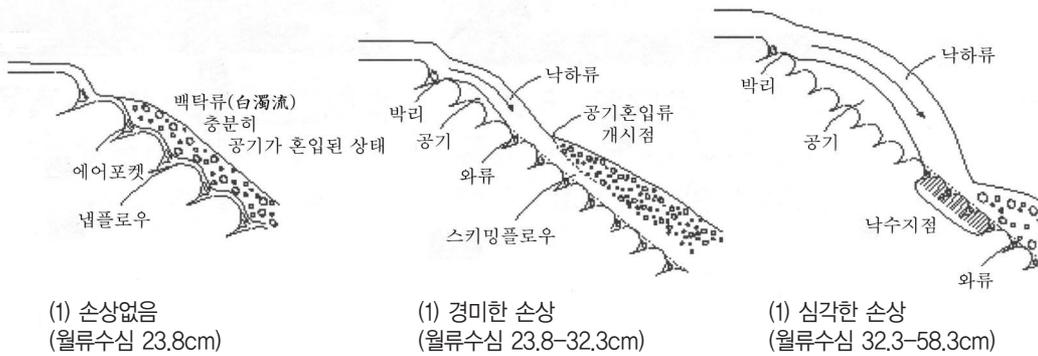


그림 2. 월류수심과 제체 하류사면의 손상

제테일과 윙을 연결한 편평(扁平)한 대형 흙포대를 제체 사면에 적층(積層)한 구조로 되어 있다. 실물크기의 월류시험에서 얻어진 내침식 성능은 다음과 같다. 월류수심과 손상도의 관계는 그림2와 같으며, 월류수심 23.8cm이하에서는 손상이 없으며, 통수시간 6시간, 월류수심 23.8~32.3cm에서는 경미한 손상이 나타났으나 충분한 내침식을 가지고 있다. 제체 사면에 흙포대를 적층하여 속채움재가 구속되어 있으므로 월류수에 의한 침식이 적은 것이다.

그러나 흙포대가 파단(破斷)되는 낙하류가 발생하면 사면의 침식속도가 급격히 빨라지는데 성토한 제체보다는 흙포대 때문에 침식 진행이 지연되므로 파괴에 이르기까지 비교적 장시간이 소요된다.

발생 가능성이 적은 돌발적인 큰 홍수가 발생하여 하류사면의 흙포대가 침식되는 경우도 제체 내 흙포대에 접촉된 테일(보조재)이 남아있으므로 제체의 구조적인 안전성이 충분히 유지된다. 따라서 본 제체 구조는 월류수심 30cm에서 월류계속시간 6시간에서도 내침식성이 있다.

인장보조재가 연결된 편평(扁平)한 대형 흙포대를 적층한 구조체는 월류수에 의한 침식방지대책으로서 효과가 있으며, 소류지 제체 외에 저수기능을 가진 흙구조물에 적용할 수 있다. 제체가 흙포대와 인장보조재에 의하여 보강되므로 급경사 소류지를 축조할 수 있기 때문에 경사지나 토지 제약을 받는 지역에서 시공할 수 있다. 그러나 자외선에 의한 흙포대 자루의 열화대책은 복토(覆土)를 하거나 식생(植生)을 하는 등의 검토가 필요하다.

3. 본 공법의 특징

그림3과 같이 “테일(tail)”과 “윙(wing)”을 연결한 편평한 대형 흙포대는 자루가 폴리프로필렌제(製)로서 보통 흙포대의 약 10배 크기이다. 이 흙포대는 테일과 윙이라는 시트(sheet)가 연결되어 있으며, 테일과 윙을 제체 내에 경사지게 적층하여 제체토와 일체로 시공한다.

흙포대를 제체 내측에 경사지게 적층한 경사쌓기공법은 일반적인 수평쌓기공법보다 약 2배의 활동저항성을 나타내었고, 진동실험에서 경사쌓기공법의 흙포대 제체는 진도7에 상당하는 진동을 가해도 흙포대의 쌓은 구조가 붕괴되지 않았다.

월류실험에서는 일시적인 홍수이면 충분한 내침식성을 가지며, 돌발적인 홍수도 안전하다는 것이 확인되었다. 흙포대 자루는 세계 각지 현장에서 제작할 수 있으며, 가벼워서 운반하기 쉬운 장점이 있다. 또한 흙포대 채움재는 구하기 쉬운 흙으로서 특수 시공장비나 기술이 필요 없다.

이 때문에 일본 국내뿐만 아니라 개발도상국에서도 보급하기 쉬우며, 소류지나 하천제방 등의 흙구조물 시공은 물론 지구 온난화에 의한 이상(異常) 기상(氣象)과 해면상승에 대한 재해방지기술로서도 활용을

기대할 수 있을 것이다.

4. 적용 사례

평전(平田)소류지는 일본 능등(能登)반도 서부의 지하정(志賀町, 시가마찌)에 있는데 옛적부터 이 지역의 귀중한 농업용수로서 이용되어 왔으며, 하류에는 마을과 농지가 흩어져 있고, 그 지형은 동해(日本海) 측에 완만한 들판이 계속된 골짜기 형상으로 되어 있다.

이 소류지는 2007년 3월 25일 발생한 능등(能登)반도 지진[M 6.9]에 의하여 제체 사면이 붕괴되어 저수기능을 완전히 상실하였다. 이 때문에 지하정(志賀町)에서는 소류지 복구를 위하여 내구성이 우수한 “월류형소류지공법”의 채용을 농촌공학연구소에 요청해 와서 이 연구소에서 기술적인 지원을 하게 된 것이다.

복구사업은 2007년 10월에 착공하여 2008년 5월에 완공하였는데 소류지 제체 시공에 소요된 기간은 2008년 3월부터 4월까지 약 2개월이다. 흙포대[1개 중량 200kg]는 모두 650개가 사용되었으며, 제체 하류사면에 15단[1단에는 약 25개의 흙포대]을 배면 측에 18°의 경사로 부설하였다.]

특별한 시공기술이 필요 없으므로 1일 평균으로 3~4단의 흙포대를 쌓을 수 있었다. 평전 소류지의 평면도는 그림4, 재해복구설계도는 그림5와 같다.

흙포대는 자외선에 의한 열화를 방지하기 위하여 50cm 두께의 흡시멘트로 복토를 하였다. 복구된 평전 소류지는 제고(堤高)는 10.5m, 길이는 60m이며, 이중 14.6m가 월류형 제체 구간이다. 또한 이 소류지에는 저수위와 월류상황을 농촌공학연구소에서 실시간으로 관측할 수 있는 계측장치를 현지에 시공하고 제체의 변형, 수압 및 토압에 대한 장기적인 계측을 하여 본 공법의 유효성을 확인하고 있다.

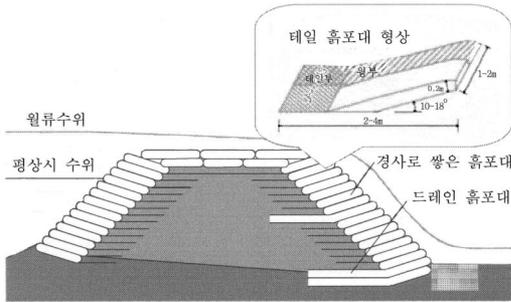


그림 3. 월류형 소류지 제체 단면도

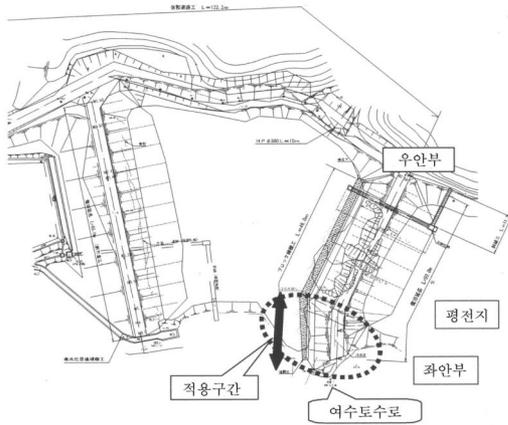


그림 4. 평전(平田)소류지 평면도

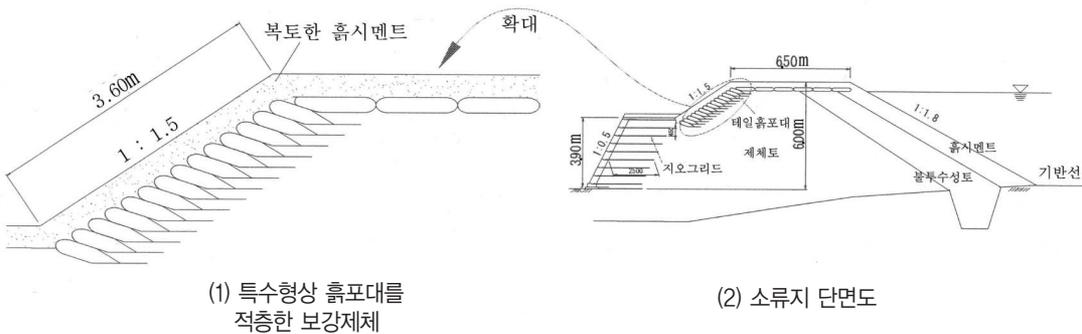
5. 맺음말

본 “월류형소류지공법”은 일본 농림수산성에서 관민체휴기술연구개발사업[2002~2008] 인가를 받아 “(독)농촌공학연구소”와 “삼정화학산자(주)”, “동전설계(주)”, “(주)구보다”로 조직된 신기술연구개발조합과 공동연구에 의하여 개발되고 특허를 받은 공법이다. 따라서 본 공법으로 설계시공을 하려면 특허권(特許權)이 있는 관련기관의 허가를 받아 설계시공을 해야 할 것이다.

參考文獻 :

1. 農村工學研究所 編 :特殊形狀土囊を用した越流許容型ため池堤本体の耐侵蝕性能, 平成19年度 農村工學研究所成果情報
2. 農村工學研究所 編 :能登半島地震で被災したため池強化復? -災害に強い“越流許容型ため池工法”で被災池の水源をよみがえらせる- 農研機構 平成20年 6月 17日

기획 : 정세웅 편집부위원장(schung@chungbuk.ac.kr)



(1) 특수형상 호포대를 적용한 보강제체

(2) 소류지 단면도

그림 5. 평전 소류지 재해복구 설계도