

## 히로시마현 도도가와(堂堂川) 사방댐<sup>1</sup>

오점곤<sup>2\*</sup>

### 1. 사방댐시설의 배경

도도천의 사방댐은 후쿠야마(福山) 사방댐의 일부로서 1600년대 건축재료, 제염.제철의 공업용 연료, 생활연료 등 임산자원의 무분별한 이용으로 인한 산림의 황폐화와 자연재해로 인하여, 화강암으로 이루어진 급경사로 이루어진 산지로부터 토석류피해가 발생하게 되었다. 따라서 토사유출의 억제대책으로 무단으로 벌채를 금지하고 나무를 식재하여 산림을 녹화하는 방법과, 산지주변에 사방공사와 함께 직접적인 계류의 침식을 막기 위하여 사방댐(砂留), 흙막이 등의 구조물이 시설되었다.

### 2. 사방댐의 역사

도도천은 후쿠야마 간나베정 대자 동중조 동산에서 발원하고, 일급 하천 아시다천의 지천인 다카야천으로 합류하는 연장 4km의 계류이다. 유역 지질의 대부분이 백악기의 흑운모 화강암과 유문암이지만, 특히 화강암은 심층까지 풍화되고, 표토가 유출되기 쉬운 상황에 있었다. 산지는 천연갱신이 진행되기 어려웠고, 조림도 시행되지 않았기 때문에 황폐해져 수차례의 재해를 당하고 있었다.

에도시대의 기록에 의하면 1614년 태풍피해를 받았고, 이 무렵부터 토사재해가 현저하게 나타나기 시작했다. 이로 인하여 후쿠야마번(福山藩)은 번의 중요한 시책으로 전역에 걸쳐 사방공사를 실시하고, 도도천을 포함하여 “사류”로 부르는 사방댐을 많이 축조하였다.

에도시대의 사방공사에 대해서는 불분명한 점도 많지만, 후쿠야마성 박물관 소장의 「미다니게문서」로부터 덴포연간(天保年間, 1830년~1844년)의 사류시설 권장기록이 발견되거나, 에도시대 사방공사의 최초 단서를 알려주는 귀중한 자료가 되고 있다.

현재 도도천 유역에는 11기의 사류가 있는데, 도도천 6번 사류는 1835년 시공된 기록이 있는 오래된 사류로 규모도 큰 것이고, 성벽을 연상시키는 돌담은 지금도 견제하고, 옛날 기술의 우수함을 보여주고 있다.

<sup>1</sup> Dodogawa erosion control dam, Hiroshima, Japan

<sup>2</sup> 산림기술사사무소엘림엔지니어링 Elim Engineering, Korea Forest professional Engineer Office Association, Changwon 641-851, Korea

\* 교신저자 E-Mail : oj9567@yahoo.co.kr

1950년부터 토사저지로 인한 토석류발생 정지 및 사방환경 정비사업으로 거석을 정리하였고, 30년전 현직원들이 사방댐 구조물을 발견하고 지금같이 정리하여 공원화하였다.

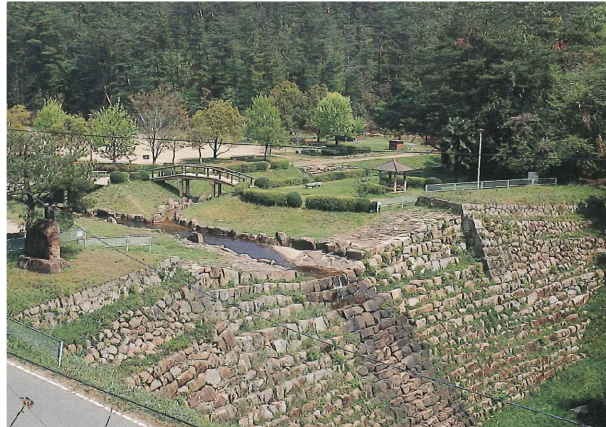


그림1. 도도천 6번사류

### 3. 사방댐 구조적 형식

도도천의 사방댐에 적용된 구조적인 형식은 돌붙임 토사댐(堰堤), 석괴단적(개적)댐(堰堤), 지탱식 벽체, 석벽제방의 4 종류가 있는데, 전체적으로 돌을 이용하여 변형이 되지 않는 단 쌓기를 실시하였으며 전면은 대부분 외부 압력에 강한 아치형태를 이루고 있다.

#### (1) 돌붙임 토사댐(堰堤) 형식

이 형식은 기본 모양이 흙댐의 경사면에 유수에 의한 경사면 붕괴 방지를 주목적으로 하며 전석(大割石, 300kg이상)을 반수면에 붙여 만든 형식이다. 댐의 전면구배는 20%~40%정도로 설치되어 있으며 뒤쪽에는 토사로 채워져 있는데, 토석류가 유출되어 퇴적된 상태의 모양을 나타내고 있다.

계류의 상부에 퇴적되어 있는 흙더미가 홍수에 의해 유출되지 않도록 흙의 표면을 잘라 내거나 고르게 해서 거의 균일한 표면으로 되어 있고, 물이 모여서 흘러내리기 쉽도록 완만한 활모양으로 만들어 큰 돌을 표면에 붙여서 흙이 내려오는 것을 막을 수 있도록 한 것을 볼 수 있다.

이 공법은 응급조치로 흙더미의 표면에 돌을 붙여서 경사면을 보호하도록 했는데, 초기에 적용된 공법으로 보인다. 또한 돌의 표면위로 쓸려내려가는 토석류가 하류의 논밭, 가옥, 농업용 저수지 등에 피해를 주었기 때문에 이 흙막이 구조물의 뒤쪽에 토사를 억제할 수 있는 저류 기능을 가지는 사류를 구축하여 배후지를 소형못(池)으로 만들었다고 생각된다.

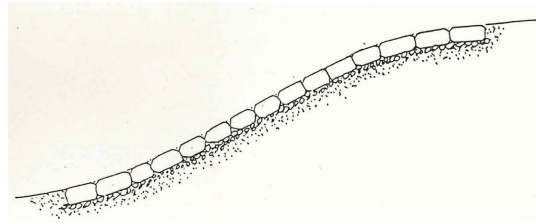


그림 2. 돌붙임 토사댐(堰堤) 형식

## (2) 석괴단적(개적) 댐(堰堤) 형식

이 형식은 앞면을 깎잡석으로 할석하여 1:0.4~1:0.9 정도의 구배로 횡단면<sup>각</sup>에 계단 모양으로 층층이 쌓아서 뒷채움으로 잡석이나 할석돌을 채워서 앞부분 돌을 고정시켜 댐으로서의 안정을 유지할 수 있을 정도의 깊이를 두어 구조체의 횡단모양이 받침 형태가 되도록 뒷면을 비교적 완만한 구배로 절토 또는 성토를 하여 사면을 필요에 맞게 돌붙임을 하여 보호하고 배후지에는 흙막이가 되도록 하는 형식으로서 구조적으로 가장 안정된 형식이다. 계단 모양의 돌쌓기 방식이 갑옷을 닮아있어 개적(鎧積)이라고도 부르며 메이지 시대의 대표적인 댐 형식으로 자리 잡았다. 메이지 시대, 네덜란드의 고용 기술자인 「요하네스 텔리케」의 지도에 의해 교토의 不動川의 수원인 카바타에 있는 사방댐, 오츠 지역 天神川 상류에 있는 개적댐, 같은 지역 자연휴양림 내에 있는 통칭 네덜란드 댐 등이 이 개적 댐에 속한다.

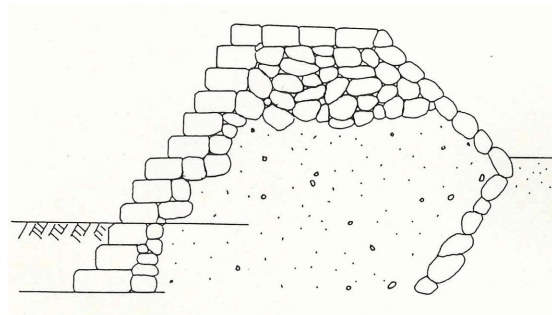


그림3. 석괴단적(개적) 댐(堰堤) 형식

후쿠야마의 사례에는 도도천 1,5,6번[단 5,6번은 (3)의 형식의 가능성도 있다]의 사례가 이 형식에 해당된다. 도도천 및 그 주변에 있는 수계에 많은 사례가 있고, 표면적으로는 비슷하지만 명확한 석괴단적 형식은 그 수가 많지는 않다. 그 정도로 특수한 기법이며, (3)의 형식과 함께 후쿠야마 사례군의 하나의 특징이라고 할 수 있다.

앞면의 단적석의 구배는 도도천 3번, 5번이 1:0.6, 6번이 1:0.9이다. 이러한 형식의 돌쌓기의 역학적인 구성은 기본적으로는 중력식에 의한 힘의 조합방식으로 안정성을 확보한다. 기초

부, 밑부분의 일정 높이까지는 전석을 사용하고, 차례대로 층층이 쌓는 방식으로 상부까지 쌓아 올립니다. 이 형식은 석괴의 힘의 방향의 조합이 직각방향이기 때문에 끝부분의 지반에 고정시키는 지질이 나쁘더라도 댐은 토사의 압력에 대하여 안정성을 가지는 구조로 되어있는 점에서 그 특징과 옛날사람들의 지혜를 엿볼 수 있다.

이 석괴단적(개적) 댐 형식은 처음부터 토사유출에 의한 재해의 사전예방을 목적으로 축조된 것이며, (1)의 토사댐 형식과 같은 흙막이 기능이 아니라 온전히 저류기능을 목적으로 축조된 것이라고 볼 수 있다.

### (3) 지탱식 벽체 형식

이 형식은 전면을 커다란 갠돌(할석)을 일정한 구배로 횡단면에 계단모양으로 층층이 쌓아, 그 뒷채움으로 잡석이나 할석돌을 채우면서 전면석을 고정시켜 쌓아 올라가는 것은 (2)의 석괴단적 댐 형식의 전면석 쌓는 방법과 같지만, 이 전면석 부분에서 어느 정도 뒤의 위치에서 전면석 부분과 평행하게 후면석 부분을 시공하여 2중의 석벽체로 만든 것이다. 댐의 천단 부분에 천단석을 붙여 전체적으로 평행 사변형 모양을 구성하는 형식이다.

전면석 부분과 후면석 사이에 잡석이나 할석돌로 채워져 있기 때문에 이 평행사변형은 매우 튼튼하게 되어 있습니다. 이 구조형식은 도도천 3번 사류의 배후지 전면부의 굴삭조사에 의해 판명되었다.

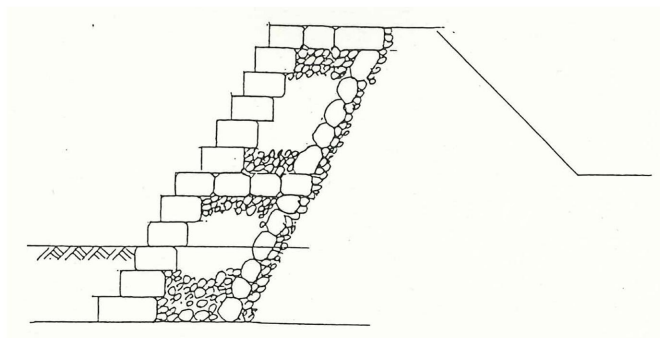


그림4. 지탱식 벽체형식

이와 같은 2중의 석벽구조물이 된 것은 퇴적된 토사의 산이 유수에 의해 붕괴되는 것을 막기 위해서 토사의 산을 자르고 적당한 구배를 주어 표면에 큰돌을 기대어 쌓아올리고 토사의 유출을 먼저 막았기 때문이다. 즉 막이 기능을 가진 사류를 만들었고, 그대로라면 강도가 약하기 때문에 얼마 후 적당한 거리를 두고 앞쪽으로 쏠린 위치에서 기초가 되는 암석 바닥면까지 굴삭하여 그곳에 기초가 되는 갠돌(角割石)을 설치하고 그 위에 흙막이로 해두었

던 후면석 부분에 평행하게 큰돌을 계단 모양으로 층층이 쌓아올린다. 이 전면석과 후면석 사이를 뒷채움한 부분은 잡석이나 할석돌을 사용하여 밀실하게 채워서 강도를 높인 결과 이러한 구조물이 완성되었다고 생각된다.

#### (4) 석벽 제방형식

이 형식은 전면을 일정한 구배(1:0.4~1:1.0)로 깎돌(할석)을 쌓아올리고 뒷채움돌로 잡석이나 할석돌을 채워 토사의 압력에 석벽체와 뒷채움돌의 층이 일체가 되어 작용하도록 구축된 형식이다. 구조적인 성질상, 적당한 높이로 작은 단을 만들고 거기서 더 나아가 위로 쌓아올려간다. 이 형식은 석벽체의 기본적 형식이라고 해도 좋으며 돌쌓기의 구축기법의 발전과 함께 벽체 구조의 대표적 형식으로, 그 역학적, 시공적 우수성 및 공간적 우수성(석괴단적과 비교하여 유수축 방향의 공간이 짧은 것)이 발휘된 것이다.

사료로서 석괴단적 형식과 비교하여 강도에서는 떨어지지만 흙막이를 주체로 한 응급조치적인 공법은 아니다. 돌을 쌓아올려 전체적으로 석벽체를 구성하는 형식이기 때문에 돌끼리의 일체성, 즉 돌 사이의 접촉면적이 커지도록 내부마찰에 의해 확실하게 맞물려(會端맞춤이라고 한다) 있는 것이 결정적인 포인트이다. 그러기 위해서는 돌쌓기를 시공하는 석축 기술이 완성도를 결정하는 중요한 요건이 된다고 하겠다.

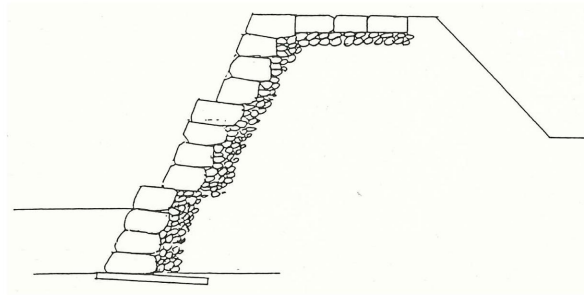


그림5. 석벽제방형식(단면)

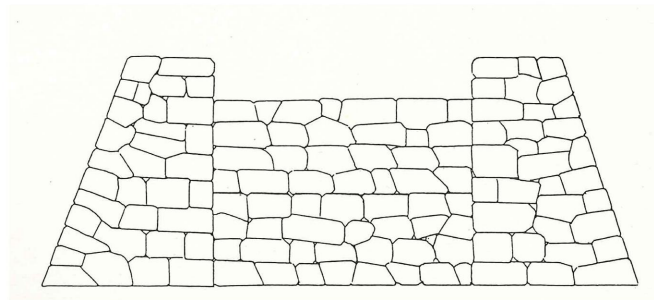


그림6. 석벽제방형식(정면)



#### 4. 사방댐의 관리

도도천의 사방댐은 최초 시설하여 사력의 퇴적이 완료되면 다시 사방댐을 증축하여 사방댐의 저류기능을 높이고 산각이 보호되도록 하여 현재까지 유지되었다는 기록과 증축된 외관적인 모양을 가지고 있었다. 또한 2006년부터는 6번 사류를 시작으로 도도천 유역의 8개 사류가 지역적, 기술적인 귀중성을 인정받아 등록유형문화재로 등록되어 관리되고 있었다.



그림7. 도도천3번사류와 문화재명판



그림8. 아치형 사방댐

현재의 관리체계는 자원봉사단(Volunteer)이 자발적으로 조직되어, 토석류의 발생에도 꺾이지 않고 싸우면서 구축한 조상들의 공적을 기리고 그들의 노력을 잘 보호하며 관리하고 있다. 현재 도도천 사방시설을 관리하고 있는 자원봉사단체의 이름은 “도도천 반딧불이 동호회”로서 풀베기와 사방댐 정비 등 하천청소, 도도천 주변의 산림이나 하천의 보전활동 등 도도천을 체계적으로 정비 및 관리하고 있다. 또한 다슬기를 방류하여 반딧불이(환경적인 하천정비 정도의 척도)가 잘 생육하도록 목표를 정하고 있다.

관리의 주체는 행정기관과 지역주민들이 협력하여 관리 및 정비를 하고 있으며, 관리에 사용되는 예산은 기업체와 언론사가 자기들의 홍보를 위하여 시행하는 공모사업에 신청하여 당첨되면 예산지원이 되는 방식으로 충당하고 있다.

구체적인 관리방법으로 특이한 것은 계류의 기슭사면에 피안화(彼岸花)를 식재하여 사면에 쓰레기 투기를 예방하였고, 계류주위 도로변에 추기에 개화하는 벚나무를 식재하여 “힘내라 반딧불이”라고 안내판을 설치하였다.

6번사류 상부의 퇴사부지를 이용하여 조성된 도도공원은 일본정원풍으로 정비되어, 벚나무, 등나무 등 계절을 장식하는 나무들, 야면석으로 수로를 정비하여, 봄은 벚꽃놀이, 여름은 물놀이, 가을에는 단풍놀이 등, 사계절을 통하여 활기차고, 사람들의 휴식의 장이 되고 있다. 특히 도도공원에서는 매년 가을에 「간나베우드페스티벌」 등 이벤트가 개최되고 있습니다.



그림9. 피안화(彼岸花)



그림10. “힘내라 반딧불이”

## 5. 맺는말

사방댐이 국민들의 생활과 함께 축조되고 관리되는 바람직한 형태라고 볼 수 있으며 특히 사방댐이 유형문화재로 등록되어 있는 것은 재해예방에 대한 사회적인 관심이 집중된 결과라고 할 수 있다. 최근 우리나라에서는 저사의 기능이 다하였다고 사방댐의 준설을 실시하는 현실을 보면서 저사를 위한 사방댐 증축은 우리에게 시사하는 바가 크다.

사방댐의 외관을 보면 하층부에는 거석을 이용하여 층상으로 잘 축석되어 있는데, 증축된 것으로 보이는 상층부에는 사용된 돌의 크기도 상대적으로 적고 쌓여진 돌의 모양은 축석기술이 조금 떨어지는 것으로 보이며 천단부근에는 콘크리트를 일부 사용하여 고전미가 감소된 느낌이 들었다. 이것은 산업의 발달로 인하여 인력에 의한 기술과 사용되는 재료가 변화되는 하나의 과정으로 이해되었다.

우리나라에서도 이와 같은 사방구조물이 있을 것으로 추정되므로 참고문헌과 시설물을 찾는 노력이 필요하며, 현재 시설되어 있는 사방시설물을 국민들이 이해하고 함께하는 관리체계의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

## 6. 참고문헌

- 廣島縣 후쿠야마 사류 안내(福山藩 砂留 案内)
- 한국산림공학기술연구회. 2010. 일본 히로시마현의 사방사업 연수자료집(堂堂川の 砂防). 69~84.