

벽골제의 방조제 가능성에 관한 연구

A Study on Possibility of the Byeokgolje Dam as a Sea Dike

박 상 현* , 최 강 원** , 이 광 야** ,
Park, Sang-Hyun Choi, Kang-Won Lee, Kwang-Ya
엄 명 철** , 안 중 식***
Um, Myung-Chul An, Joong-Sig

Abstract

Tideland reclamation has been known to begin in 13th century in the eastern coast of Ganghwa Island during the Mongolian invasion in Korea. Traditionally, the tidal reclamation projects have been developed in the coastal with nearly flat inter-tidal zone where tidal difference is high. There were two reasons for the development of tideland reclamation. One was the need to increase food crop production and the other was the protection of the existing farmland from high tidal action in the coast.

The Byeokgolje dam built in AD 330 could be considered as one of the earliest monument for tideland reclamation project as the low part of the dam site is below the seawater level during high tide. The lower part of dam might be embanked in early stage to prevent sea water flow and saline water intrusion in the crop soil layer. The low dam had contributed the sedimentation in the near shore for the sequential development of tidal areas afterward. In 1415 during Chosun Dynasty, the upper part of the dam was supposed to be embanked to store more water resources for the reclamation of tidal wetland in the shore. The 3km long and 4.3 m high dam had stored 106 million m³ of water and 5 gates for irrigation water intake and floodwater discharge. Among 5 gates, 2 gates in both side of the dam were used to release floodwater during monsoon season. The gates in the dam were not sufficient to release of flood discharge and prevent the collapse of the dam in 1420. After the disaster, the dam was not used for irrigation purpose until it was reformed as an irrigation canal bank to supply water from Seomjin dam to the tidal reclamation area at the Dongjin and Mangyeong River estuary areas in 1920s.

In conclusion, the Byeokgolje dam would be constructed as a seadike to prevent the tidal flows and saline water intrusion in the crop area and extended its height to store more water for the tidal land reclamation in 15 century. More systematic study would be followed to assure historic and engineering base of this view.

* 농업기반공사 경남본부 의령지사 (pshpark@karico.co.kr)

** 농업기반공사 농어촌연구원

*** 농업기반공사 용수관리처

I. 서론

풍수가들에 의해 어미 호랑이의 자궁에 비유되어온 김제지역에 불후의 벽골제(碧骨堤)가 1700년 전에 탄생되었다. 벽골제는 금산사의 봉우리인 모악산(母岳山)에서 발원하는 원평천 강물을 넓은 호수에 저류하여 주변 농지에 용수를 공급하고 동진강 연안의 삼각주 평원에 농경 문화를 꽃피워 왔다. 벽골제의 하류 8 km 연안은 Fig.1과 같이 새로 조성되는 새만금호의 유입부로서, 벽골제에 담긴 지혜는 새만금사업을 환경과 조화를 이루어 추진하는데 소중한 귀감이 된다.

벽골제는 330년에 축조된 이후 조선 초기 세종 2년인 1420년경에 발생한 홍수로 제방이 결괴된 뒤 저수지의 기능이 상실되었으나, 농지와 주거지로 이용되고 있다. 김제시 중심부의 평야 지역과 호남선 철도구간은 벽골제의 옛 저수지구역이다. 1920년대에 담수호 지역은 대규모 농지로 조성되고 제방은 섬진강 상류에 설치된

운암제에서 약 20,000 ha의 김제 지역 농지에 용수를 공급하기 위한 수로로 변경되어 지금까지 이용되고 있다. 벽골제는 원래 다섯 개의 수문을 통하여 가뭄 시 여러 지역의 논에 신속하게 물을 대고 장마철에는 홍수를 하류지역에 고르게 분산하여 피해를 줄이도록 계획된 것으로 보인다. 벽골제는 제방 내의 농지를 서해에서 밀려오는 높은 조위와 파도로부터 보호할 뿐만 아니라, 연안의 조석 흐름을 완화시키고 부유물을 가라앉혀서 새만금 지구 연안의 갯벌과 삼각평원이 생성되는데 이바지하여 왔다.

본 연구는 최근 고고학계에서 제기되고 있는 벽골제의 방조제 가능성에 대하여 해안 수리학적 관점에서 현장 지형과 조석의 특성 및 토양 시료를 분석하고 이를 역사 자료와 비교하여 규명토록 수행되었다.

II. 벽골제에 관한 고찰

벽골제는 고려 중기 때 김부식(1145)이 쓴

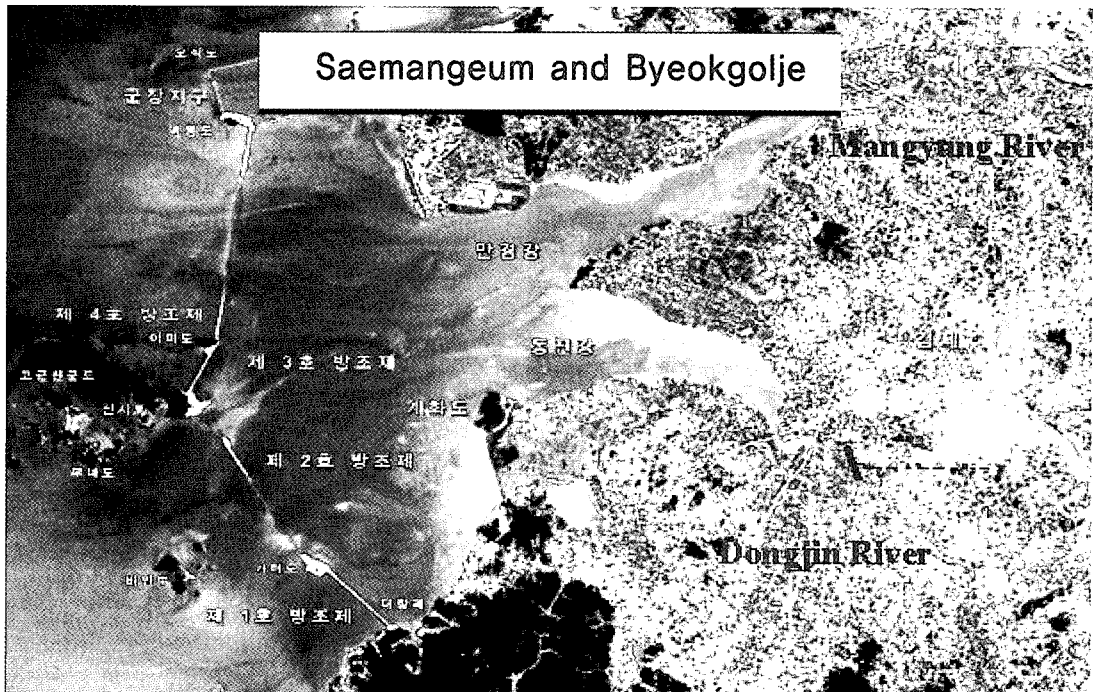


Fig. 1. Byeokgolje dam in the upstream of Saemangeum project area

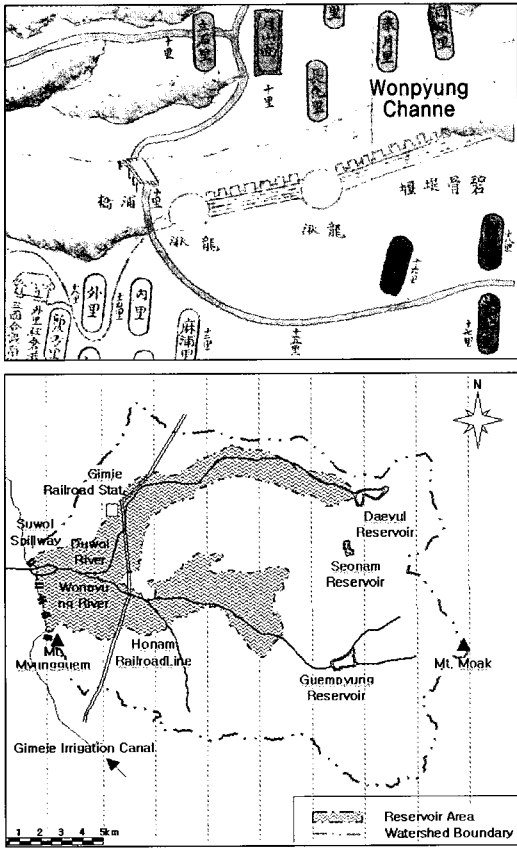


Fig. 2. Old map in 19 century and estimated reservoir area in Byeokolje dam

삼국사기의 신라본기에 흘해왕 21년에 축조되었다는 기록에 의하여 서기 330년에 시축된 것으로 알려져 왔다. 또한, 윤무병(1976) 등은 벽골제 구간을 삼국사기에 명기된 시축되었을 당시의 언장이 일천팔백보(始開 碧骨池 堰長 千八百步)라고 한데 비추어, 1보를 6척으로 환산하여, 약 3,240 m로 추정하고 이 구간을 벽골제의 남쪽 시점인 명금산 산록에서 부량면 포교(계다리)에 인접한 월촌면 신덕리까지 구간으로 추정하였다. 특히, 벽골제의 축조 주체에 대하여 강봉원(2003)은 벽골제의 축조 시기에 백제가 이 지역을 지배하였다면 이는 고이왕(AD 260~261) 이후 확립된 중앙 집권적인 국가 발생의 결과로 볼 수 있으며, 마한에서 이 지역을 지배하였다면 지역 주민들이 독자적

으로 축조하고 이를 국가에서 수용한 것으로 평가하고 있다. 삼국사기에 신라 원성왕 6년(AD 790)때 전주 등 7개 주에서 인원을 징발하여 증축하였다는 기록과 일화는 벽골제 형태를 짐작하는데 도움을 준다.

이때, 벽골제 연안의 용추(龍湫) 연못에 살던 심술곳은 용의 장난으로 지지 부지하던 보수 공사 구역에 김제 태수의 딸인 단야(丹若)가 가서 장정들에게 거문고를 뜬어주고, 용의 제물로 자진하여 용추에 투신하려던 마음을 하늘이 감복하여 공사가 완료되었다는 이 고장의 전설은 초기의 벽골제는 낮은 지대에 만들어진 몇 개의 저류지가 확장되었을 가능성을 짐작하게 한다. 이 전설의 용추는 19세기에 제작된 Fig.2의 벽골제 부근 도면에도 두개의 작은 연못 형태로 나타나 있다.

또한, 현재는 김제 용수간선 수로의 흐름 방향에서 왼쪽 뚝으로 사용되는 벽골제 제방은 1975년 봄에 김제시의 지원으로 윤무병(1975)이 참여하여 발굴되었고, 제방의 북쪽에 남아 있는 장생거(長生渠) 등 수문이 복원되었다. 발굴 사업은 주로 장생거 수문지역을 A 지구로 하고 남쪽 수문지인 경장거(經藏渠) 부근을 B 지구로 정하여 조사되었다. Fig. 3은 장생거 남단에서 발굴 조사된 김제 용수간선 수로로 이용되는 뚝의 형태와 이곳에서 조사된 뚝의 단면 형상을 보여주고 있다. 발굴 결과, 제방 구축을 위한 성토 공사는 대략 세번에 나누어 축조된 것으로 나타났다. 바닥의 첫번째 토층은 약 2.5m의 황갈색 점토층이며, 그 위의 두번째 층은 약 0.85m의 황갈색 점토층이며 세번째 층은 0.7m 정도의 갈색 토층이다. 제방 하부는 두께가 2cm 정도인 흑색의 식물 탄화층이 나타났는데 이 식물들은 저습지에 무성하게 자생하던 갈대의 균락으로 식별되었다.

또한, 남쪽의 경장거 부근에서 조사된 발굴 결과, 성토층의 높이는 3.35m이며 기초 토층의 식물 탄화층은 2~3cm 로서 장생거 부근보다 성토층 높이가 얇은데 비하여 탄화층은 두

겹게 나타났다. 이와 같이 탄화층이 두꺼운 것은 경장거 부근의 지반이 장생거 쪽보다 높기 때문에 토양 염분이 적게 분포되었으며 토양의 포화도가 적기 때문에 식물 군락을 형성하는데 유리하였기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 발굴단은 기초 지반층이 석괴가 혼입된 적색의 산토층으로 구성된 점에 비추어 두께가 0.55m인 이 토층은 연약한 지반을 보강하기 위한 1단계 층이며 그 위의 성토 재료가 장생거와 기초층과 같이 황갈색 점토를 사용한 점에 미루어 두 전체 구간의 1단계 공사는 동일한 계획으로 시행된 것으로 분석되었다. 더욱이, 그 위층에는 재와 함께 타다 남은 숯 부스러기와 회청색의 토기 조각으로 볼 때 이 토층을 완공하고 이를 독으로 사용한 것으로 보고 있다. 한편, 발굴단은 제방과 수문 석주 등은 시축할 때부터 경영한 것으로 간주하였으나, 설치 시기에 대한 과

학적인 조사는 시행되지 못하였다. 다만, 기초부의 탄화된 식물 층에 대하여 원자력연구소에서 방사선 탄소에 의하여 연대를 측정한 결과, 이는 AD 330년에서 AD 374년까지 기간 중에 축조된 것으로 분석하였다.

한편, 조선왕조실록에는 벽골제에 관하여 많은 기록이 남아있다. 서울학데이타베이스연구소(1997)가 발행한 국역 조선왕조실록에 의하면, 1408년에 전라도 병마 도절제사 강사덕(姜思德)은 벽골제를 수축하고 노비를 두어 둔전을 경작하도록 태종에게 건의를 받은 바 있으며, 김제 출신의 전라도 관찰사인 박습(朴翊)이 벽골제 현장을 돌아보고 벽골제의 길이가 7,196척이고 넓이는 50척, 수문이 네 곳이며, 가운데 세 곳은 돌기둥으로 세워져 있음을 보고하며, 아래의 묵은 땅은 제내의 3배나 된다고 보고한 내용이 있다. 여기에 기록된 벽골제

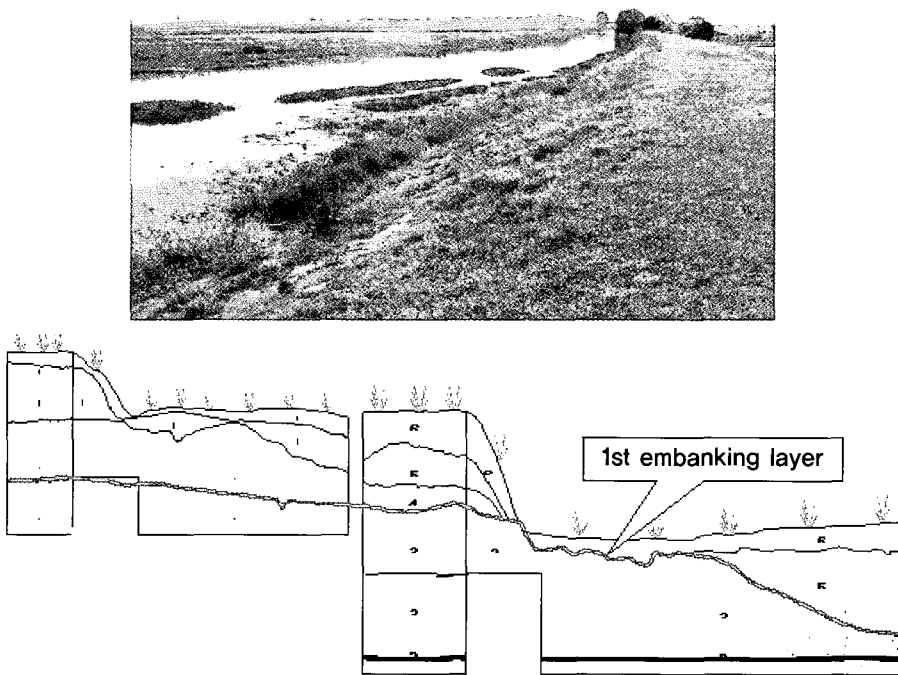


Fig. 3. Cross section of Byeokolje dam

길이는 1척을 0.25 m로 환산할 때, 1,800 m 정도로서 삼국사기의 기록보다 축소된 규모이다. 박습이 보고한 세 곳의 돌기둥은 북쪽으로부터 장생거, 중심거 및 경장거를 뜻한 것으로 판단된다. 이에 따라서, 태종은 1,415년 봄부터 대규모 수축을 시작하여 9월부터 10월에 물막이 공사를 마무리하였다. 이는 강사덕의 건의 이후 7년간의 준비 과정을 거친 후에 축조 공사를 수행한 것으로 보인다. 중수 당시에 두 개의 수문이 높은 외곽에 설치되었다. 즉, 벽골제 북쪽의 원평천을 넘어선 곳인 김제시 신덕동과 장화리 사이의 수월(水越) 마을 동쪽 입구에서 북쪽으로 향하여 있는 무네미 수문의 유적지는 최북단에 위치하는 제1 수문인 수여거(水餘渠)이며, 최남단에 위치한 제5 유통거(流通渠)는 벽골제 내부에서 홍수시 범람하는 물을 방류하는 여수로(餘水路)이다. 태종조 때, 우사간 최순(崔洵)의 상소 내용은 벽골제 중수에 따라서 저수위가 상승하고 둑 내부에 저수량 규모가 증대된 결과를 뒷받침하는 내용으로서 그의 상소내용은 벽골제 증축으로 제내에 살던 백성들이 침수로 인하여 전토를 잃은 자가 많으니, 이들에게 둑 아래의 가까운 땅을 나누어 주기를 바라는 것이었다.

태종에게 박습은 둑 아래 토지가 둑 위보다 3배나 되지만 아직까지 개간하지 못하고 있다고 하였으며, 판광주 목사 우희열(禹希烈)의 상소는 벽골제 아래의 진지(陳地)가 6천결(結: 1결은 1ha로 추정됨)이나 되지만 그 고을 농민 만으로는 경작할 수 없으므로 인구가 조밀하고 땅이 협착한 경상도 주민을 이주토록 건의하였다. 이에 따라서 벽골제 중수 이후 해안습지로 남아있던 벽골제 아래의 지역은 저수지의 물이 공급되는 간척 농지로 변화된 것으로 판단된다.

이와 같은 대대적인 증축 공사에도 불구하고, 5년 뒤인 세종(1420년) 때에 전라도 관찰사는 큰 풍우로 벽골제가 터져서 둑 아래 있는 전답 2,098결이 피해를 보았다고 보고하였다.

또한, 세종에게 전라도 관찰사는 풍년이 들 때 수축하기로 하고, 둑 내부의 침수된 농지를 경작하도록 둑을 헐어줄 것도 요청하였다. 이에 대하여, 전라도 수군 도절제사인 박습은 이에 반대하여, 방죽을 쌓았다가 다시 무너질 때의 죄를 무서워하는 관원들과 부역을 기피하는 농민들의 뜻을 좇지 말고, 다시 수축할 것을 요청하였다. 그러나, 왕은 풍년이 들 때를 기다려 수축하라고 하였다. 세종 지리지에 의하면, 원래 김제는 백제시대에 벽골현이었으나 신라 때 김제군으로 바뀌었으며, 세종 당시 인구는 2,065명에 불과하였다. 이는 벽골제 붕괴 이후, 농지가 황폐해져서 농민들이 다른 곳으로 이주한 데 따른 것으로 판단된다. 조선왕조실록에 벽골제가 다시 등장하는 것은 정조 때이다. 왕은 벽골제의 매몰이 심하여 제방의 언저리를 알 수조차 없게 된 것을 애석하게 생각하였다. 또한, 왕은 호남과 호서의 구분이 벽골제를 기준으로 하였다고 하였다.

Ⅲ. 벽골제 현장 조사

벽골제 부근의 지형과 제방 구조물에 대한 조사가 2003년 5월에 농업기반공사 농어촌연구원에서 실시되었다. 현재, 벽골제 주변의 토지는 대부분 논으로 이용되고 있으며, 중심거가 있었던 부근에 있는 용골마을은 마을 이름

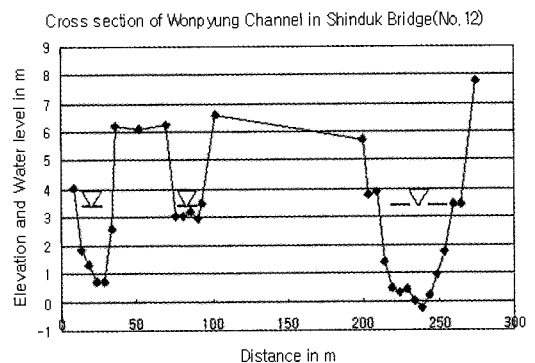


Fig. 4. Cross section and sea water level of Wonpyeong creek at Byeokgolje dam

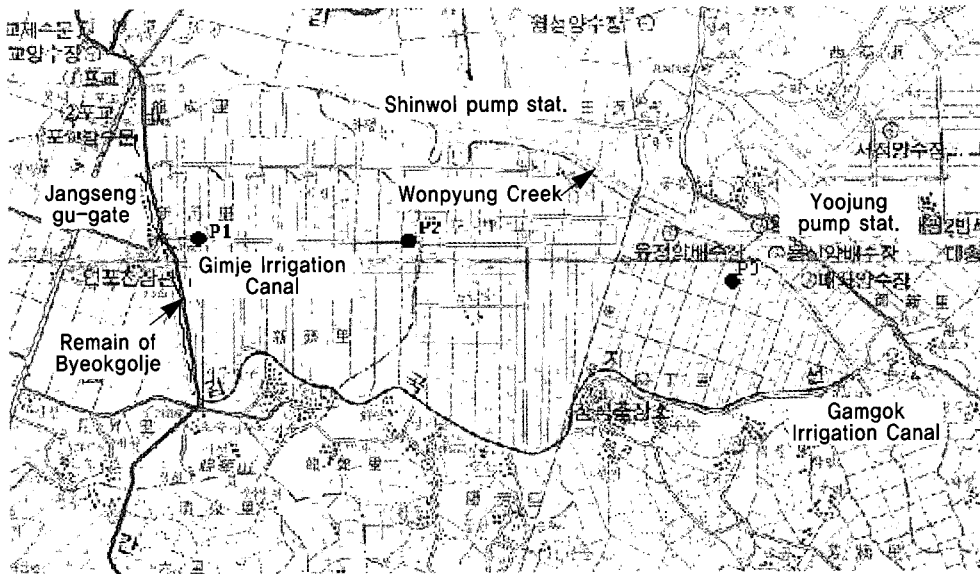


Fig. 5. Soil survey at the inner part of Byeokgolje dam

으로 볼 때 이곳에 용추가 있었음을 짐작하게 한다. 또한, 벽골제 북쪽 구간을 통과하는 원평천에 대하여 농업기반공사(1999)가 측량한 결과는 Fig. 4와 같이 원평천의 바다 표고가 평균 해수면 보다 0.3m 정도가 낮으며, 만조 때는 바닷물이 평균 해면 이상으로 (+) 3.5 m 까지 올라오므로 이곳이 연안 해역이었음을 나타내고 있다. 또한, 이 지역의 농경지 표고는 3.8m에서 4.8m 정도 까지이다. 이러한 지형 높이는 새만금 해안의 대조 때 만조위인 3.5 m 보다 0.3m~1.3m 정도이며 연안의 파도 높이가 7m 에 이르기 때문에 만조시 파도가 진입하면 이곳 농지는 바닷물에 의한 염분 피해를 받았던 지역으로 판단된다.

실제로 벽골제 하류에 1930년 경에 설치된 해창 배수갑문은 바닷물의 피해를 개선한 것으로서 이 갑문이 설치되기 전까지 바다에서 소금배가 김제역 상류의 소점동을 거쳐서 봉남면 신응리까지 올라갔다고 한다. Fig.4에서 No. 12 지점은 벽골제를 통과하는 원평천의 단면으로서 계다리(浦橋)가 설치되었던 용성리 마을이 있는 작은 섬 지역이다. 용성리의 표고는 6m 정도로서 이 섬은 원평천의 홍수와 바닷물

의 입출로 인하여 만들어진 것으로 판단된다.

벽골제 내부 지역의 토양 특성을 파악하기 위하여 토양 시료를 2001년 5월 8일에 채취하였다. 이 조사는 Fig. 5와 같이 벽골제 내부의 농지를 대상으로 auger boring 조사를 실행한 것으로 벽골제의 중심부인 용골마을의 득안쪽의 논(p1)에서 시작하여 원평천이 유입하던 곳인 유정양배수장 옆의 논(p3)까지 세 점에서 실시되었다. 조사 라인은 남쪽 200 m 지점에 있는 연포천 배수로와 평행토록 하였다. 이의 시료 분석 결과는 Fig. 7에 나타나 있으며, Stat. no.1은 벽골제 부근의 시료채취 지점(Fig. 5에서 p1)을 나타내며, 2 지점은 삼평리 마을(p2), 3지점은 가장 상류인 유정양배수장의 채취지점(p3)을 나타낸다. 또한, 채취 토양의 토층(layer)은 표층으로부터 아래로 50 cm 의 간격으로 네층(1L,2L,3L,4L)으로 구분하여 2m 깊이에 대하여 조사하였다.

벽골제 부근의 조사 1지점(Stat No.1)에서 1층에서 2층까지 1m 정도 하층부는 모래 성분이 많으며, 상류 지점으로 갈수록 모래는 감소하고 있다. 미사질 토양의 분포에 있어서 제방 부근은 표층에서 비교적 많으며, 상류측에서는

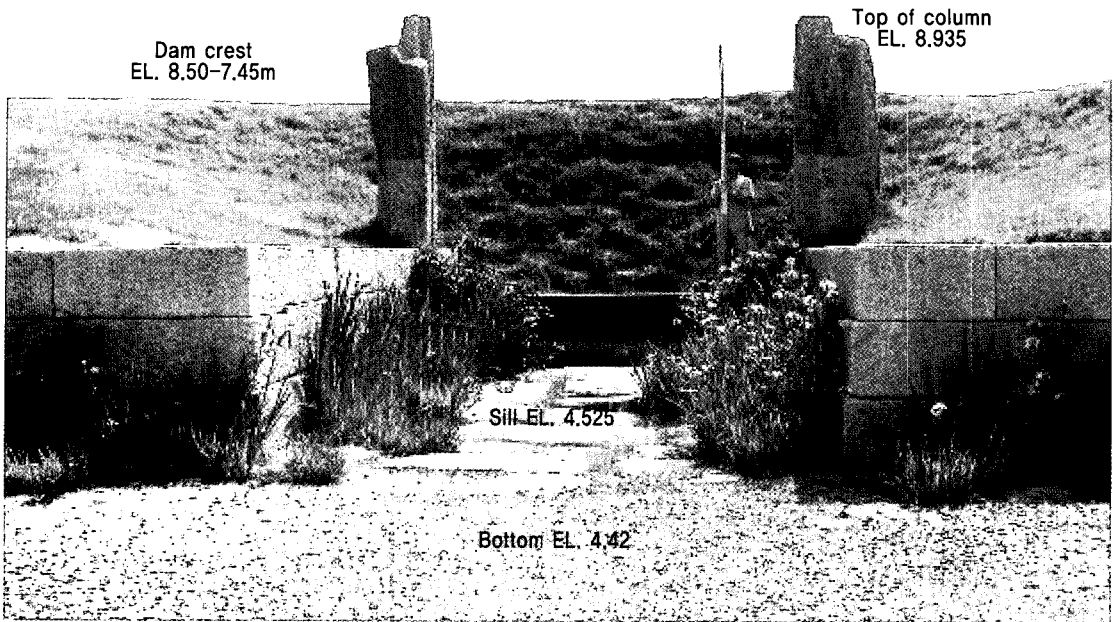


Fig. 6. Topographic survey in Jangsaenggeo gate of Byeokgolje dam

저층부에서 많으나, 전구역에서 고루게 분포된 편이다. 점토질 토양은 표층부에 집중적으로 분포되어 있다. 표층부의 토양이 1m 두께로 점토질이 하층부에 비하여 우세한 것은 벽골제 설치 후 인위적인 객토나 자연적인 하천 퇴적에 의한 것으로 판단된다.

특히, 하부 층에서 채취된 토양은 전체적으로 회색의 색깔을 나타내는 전형적인 미성숙 상태의 개흙이다. 이러한 토양 구조는 2001년 김제역 부근에서 용수로 공사 중 수로 바닥에서도 나타난 해성토의 형태이며, 김제역 지역과 인근의 호남선 철도 지역은 벽골제 담수호 지역에 속한다. 이러한 하층부 토양의 분포는 당초 간석지 상태에서 바다의 조수 흐름과 파도의 진입 영향을 직접적으로 받던 하류과 1지점에 조수와 함께 모래가 비교적 많이 유입하여 쌓여 있는데 비하여 상류쪽인 3지점에서는 조수 흐름이 완만하여 부유토사가 많이 퇴적되어 있는데 기인한 것으로 판단할 수 있다. 이곳 표층 토양은 전형적인 하해혼성 평탄지 토양인

만경통과 김제통의 토양으로 구분된다.

또한, 표토층에서 1.25 m 이하인 표고 3.4 m 정도에서 암회색의 점토층이 나타나는 것은 벽골제 축조 당시 지표층의 표고인 3.4 m 에서 객토와 퇴적 등으로 표토층이 높아진 것으로 평가된다. 따라서, 이 지역은 현재 만조위인 3.5 m 보다 다소 낮기 때문에 바닷물로 침수되거나 토양이 포화되는 지역이었을 가능성이 높은 지역이다. 토양층의 염분 농도를 파악하기 위하여 전기전도도를 측정된 결과, Fig. 7에 나타내었으나, 염분 수준이 낮기 때문에 이러한 토양구조로서는 벽골제 설치 이후의 장기적인 염분의 변화를 예측하기에 충분하지 못하였다.

IV. 벽골제의 방조제 가능성

벽골제에 관한 동지역지승람의 기록은 벽골제가 일반 내륙에서 축조된 의림지나 공검제와 달리 간석지에서 축조된 방조제일 가능성을 나

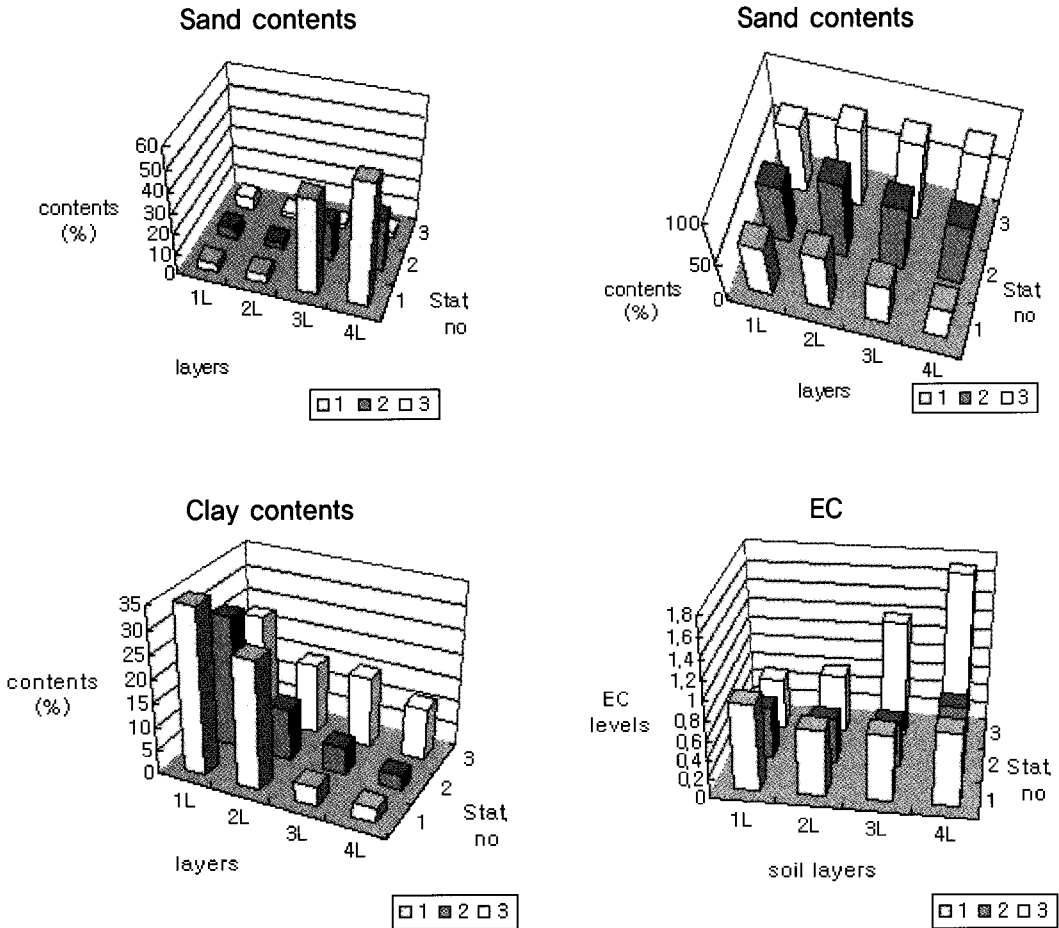


Fig. 7. Soil characteristics in the field of Byeokgolje dam

타내는 것이다. 즉, 동지여지승람의 기록에 조선시대 태종 15년(1415년)에 시행된 벽골제의 수축 공사가 9월 20일에 기공하여 10월 13일에 준공되었고 조수와 파도의 기세를 죽이는 곳(潮波奮激處)에서 실시하고 아름드리 나무를 박고 흙을 다져서 공사하였다는 결과는 벽골제가 원평천 연안에서 급격한 조수 흐름과 파도에 대응하기 위하여 많은 축조재료와 공사 인력이 짧은 시일 내에 투입하여 방조제 물막이 공사에 집중한 결과를 나타내는 것이다. 즉, 이 보수 공사에서, 인부 1만 여명이 동원되어 신털피(草鞋山)을 이루는 막대한 공사가 2개월간 시행되었다는 기록은 홍수기를 피하고 추수가

가 끝나는 기간에 인부를 모집하여 감조 구역이던 원평천의 수로 폭 150 m 구간에서 하천 폭이 줄어들어 따른 급류 속에 나무와 토사를 집중적으로 투입하는 이른 바 끝물막이(final closure) 공사에 주력한 기간을 뜻하는 것으로 판단된다. 조선실록에서 박습이 태종에게 벽골제 수문을 수축하겠으니 석공 3인을 보내주시면 각 고을의 군인을 모아 20일까지 기초를 닦고 쌓기 시작하겠다고 요청한 기록에서 볼 때, 석재가 필요한 수문의 제작과 설치 및 기초공사 등은 미리 수행한 것으로 판단된다

따라서, 태종 때 보수된 벽골제는 조수와 파도에 대응하기 위하여 설치된 방조제이다.

또한, 벽골제의 시축 당시인 AD 330년대에 조수가 드나들던 원평천을 막았다면 벽골제는 명백하게 방조제이다. 이러한 가능성에 관하여 윤무병(1976) 등이 참여하여 연구한 벽골제 발굴단의 조사 보고서에서 평가할 수 있다. 즉, 벽골제 발굴단은 식물 탄화층 밑의 기초토양을 흑회색 점토층이라고 보고하고 있는데 이 층의 바닥 표고를 기록하지 않고 있기 때문에 이를 현재의 해수면과 비교하여 바닷물이 침수하던 지역임을 확인하기 어렵다. 그러나, 벽골제의 높이를 장생거의 경우 4.3m 라고 보고한 점과 2003년 조사에서 현재의 벽골제 둑 표고가 장생거 상류 교량 부근에서 약 7.45m인 점에 비추어 볼 때, 벽골제의 시축 당시 이 구역의 습지 표고는 3.15m 정도로서, 만조위가 3.5m 이므로 둑이 없으면 바닷물에 침수되거나 기초 토양이 염수로 포화되던 지역이었다. 본 연구에서 조사된 장생거 부근의 둑 내측에서 낮은 논의 바닥 표고는 3.85 정도로서 만조위보다 높으나, 이는 파도가 0.5m만 밀려와도 쉽게 바닷물에 잠기게 되며, 벼 등의 뿌리근역(root zone layer)이 0.6m 정도이므로 둑이 만들어지기 전에는 토양의 염분피해를 입었을 가능성이 높다. 또한, 벽골제 부근의 논바닥 표고는 4.7m 정도로서 만조위보다 높으나 이는 인위적인 객토나 서해안의 부유토를 함유한 바닷물의 오랜 퇴적 작용으로 형성된 간석지에서 둑이 축조되었을 가능성이 크다.

윤무병(1976) 등의 발굴 보고서에서 남쪽의 경장거 부근의 둑이 2차 또는 3차에 걸쳐서 축조되었을 가능성을 제시하였는데 이는 태종 때 점토로서 약 1.9m 정도를 높였을 가능성이 있다. 즉, 바닥의 1층은 황갈색 점토로 되어있으며, 그 위의 1.9m 구간은 회갈색 점토층 또는 황갈색 압축 점토층으로 시작하는 다른 토질로 구성되며, 특히, 남쪽의 경장거 구간에서는 숯과 토기 파편이 발굴되었기 때문이다. 더욱이, 태종 때, 우사간 최순 등이 벽골제의 침수에 따라서 제 내에 살던 농민들이 전토를 잃은 데 대

하여 둑 아래 땅을 나누어 주라고 요청한 것은 둑을 대대적으로 높임에 따라서 발생한 결과로 판단된다.

이와 같은 태종의 야심적인 노력에도 불구하고 벽골제는 축조 후 5년 뒤인 세종 2년(1420년)의 홍수로 파손되어 그 기능이 상실되었다.

벽골제가 결궤된 원인에 대하여 이장우(1998)는 벽골제의 수축 당시, 설계홍수량은 $467 \text{ m}^3/\text{s}$ 에서 $860 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 추정하고 이러한 홍수가 발생하였을 때 수문의 단면 부족과 이에 따라서 수면이 토사제보다 높아져서 이를 넘어선 데 따른 피해로 분석하였다. 그는 벽골제의 유역면적은 280.6 km^2 이며, 만수 면적은 37 km^2 , 수심은 3m로 산정되었다. 이에 의하여 홍수시 수위 변화를 간단하게 계산할 때, 결궤 사고가 만수면 상태에서 250mm의 강우가 유역에서 발생하였고 수문이 개방되지 못하였다면, 둑 내부에 $70 \text{ km}^2\text{-m}$ (7천만 m^3)의 물이 저류되고 1.9m의 수위가 증가되는데 이는 둑을 넘게 되는 상태이다.

또한, 다섯 개의 수문 폭을 합하여 총 20m이고, 월류 수심을 3m로 가정하여 월류량을 계산하면, 약 $220 \text{ m}^3/\text{s}$ 이 되어 유입량의 50% 이하의 홍수만을 배제할 수 있으며, 수심이 4m로 높아져도 월류량은 $336 \text{ m}^3/\text{s}$ 정도이므로 제방을 월류하게 된다.

이 당시에 벽골제의 오랜 물관리 경험을 지녔던 제방 관리자들이 홍수철에 만수 상태로 수위를 관리하거나, 수문을 닫고 있었을 가능성은 적으며, 홍수 배제 능력이 적은 수문의 설치로 인한 파손의 가능성이 높다. 그 당시의 기술로서 수문의 폭을 넓히는 것은 도르레로 수문을 작동하는데 무리일 수 있으며, 수문의 수를 늘리는 것도 배수로 공사 규모가 증대되고 누수의 위험도 커지기 때문에 어려운 일이다.

원평천을 완전히 제방으로 막아버렸는지 혹은 그곳에 홍수 물넘이 시설을 하였는지는 알 수 없으나, 연약한 하천 지반 위에 석재 등으로 물넘이 구조물을 설치하는 것은 침하와 누수의

위험이 있으며, 장생거와 경장거 등의 수문은 홍수 시 호수의 내외 수위차가 약 3 m에 이르는 낙차공 수로의 흐름이 발생하므로 이러한 격류가 발생할 때 수문 부근의 제방 구조물은 부분적으로 유실될 위험이 있다. 또한, 원평천을 횡단하여 하천을 독으로 쌓았더라도 바닥면을 따라 누수와 세굴의 위험이 크다. 따라서, 벽골제 제방의 누수는 독의 높이가 9 m 이상이나 되고 지반이 연약한 원평천 부근에서 발생하였을 가능성이 많다. 따라서, 초기의 벽골제는 원평천의 남쪽을 따라서 제방을 쌓고 현재의 벽골제와 "L" 자 형태로 연결한 후 물을 가두어 사용하였을 가능성이 있다. 이는 19세기에 제작된 Fig. 2의 지도에서 벽골제를 따라서 설치된 두개의 저류지인 용추의 위치가 모두 원평천 남쪽에 있는 점에 미루어 볼 때, 이 구간의 습지 지역이 벽골제 북쪽보다 낮거나 저류 능력이 크기 때문인 것으로 판단된다.

한편 일본의 고야마다히로이찌(小山田宏一, 2002)은 윤무병(1975)의 발굴보고서에서 벽골제를 저수지 제방으로 보고 있으나, 저수구역을 복원하면 논 개밭에 적당한 귀중한 충적평야가 없어서 버리게 되며 벽골제가 해발 2 m의 저지대에 위치한 점을 들어서 벽골제를 방조제로 보았다. 석조 수문은 저수지에서 물을 빼내는 취수문(樋門)이 아니며 만조 때 해수의 침입을 막고 간조때 열어서 제방 내부의 물을 배수하는 수문(배수갑문)으로 보며 현재의 벽골제는 해안선이 후퇴한 결과 평야 가운데에 고립된 것이라고 평가하였다. 또한, 최영박(1988)은 벽골제를 백제가 축조하였다는 설은 신뢰성이 없지만, 비옥한 하천하류를 이용한 농경이 인위적인 저수지 공사까지로 발전된 것이라고 하였다. 또한, 성정용(2002)은 청구도를 비롯한 조선 초기의 지지에 해안선이 지금과 별다른 차이가 없게 표시되어 있고 조선시대에도 관개제언으로 사용된 기록이 있어서, 벽골제의 방조제적 성격은 좀더 검토할 필요가

있다고 하였다.

이번 2003년 6월에 조사한 장생거의 바닥 표고는 4.525 m 이며 이는 만조위보다 높으므로 벽골제의 석재 수문은 전적으로 해수의 진입을 막는 것 보다는 저수위를 높여서 저수량을 확보하고 홍수 때에는 강우 초기에서 유량이 증가하여 첨두 유량(peak discharge)에 이르는 과정에서 홍수의 일부를 저류하였다가 유출량이 줄어들 때 방류하기 위한 저류 용량(surcharge volume)을 확보하기 위하여 만조위보다 높게 설치한 것으로 판단된다.

결론적으로 벽골제는 330년 경에 원평천 연안의 해안 습지에 낮은 방조제를 설치하였거나, 양쪽에 저류지 형태로 설치하여 이용하였을 가능성이 있다. 또한, 조선 초기에 태종이 원평천을 막아서 벽골제를 확대하였으나, 수문의 폭이 작고 원평천 부근의 높은 독의 연약한 지반에서 홍수시 유실되었을 가능성이 있다. 이와 같이 3세기에 축조된 벽골제는 소규모의 방조제일 가능성이 높으며, 이는 우리나라 간척의 역사를 고려 몽고 침입 때인 1235년에 강화도 북동쪽인 승천포에서 간척 사업이 시작되었다는 기록보다 900년 이상 앞서서 수행한 간척사업의 효시로 평가된다.

또한, 벽골제는 제방 내의 농지를 서해에서 밀려오는 높은 조위와 파도로부터 보호할 뿐만 아니라, 1700년 동안 외곽 연안의 조석 흐름을 완화시키고 물속의 부유물을 가라앉혀서 새만금 지구 연안의 갯벌과 삼각평원이 생성되는데 이바지하여 왔다. 동진농지개발조합(1995)에 의하면, 1927년 12월에 섬진제가 준공됨에 따라서 용수원이 풍부해 진 1930년 대 이후, 만경강 연안의 옥구 및 진봉 지역에 조성된 12,700 ha의 간척지와 동진강 연안의 계화도 지역에 조성된 약 4,500 ha의 간척지를 비롯한 2만 ha의 농지는 벽골제 설치 이후, 이 지역의 연안이 점진적인 부유물질의 침전에 의하여 조성된 구역이다.

V. 결론

벽골제가 일반 내륙에서 축조된 의림지나 공검제와 다르게 간석지에서 축조된 방조제일 가능성은 동지여지승람의 기록과 일본의 고고학자의 연구 결과에서 찾아볼 수 있으며, 이를 뒷받침하기 위하여 현지 조사를 통하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 벽골제는 서기 330년에 시축할 당시, 주변의 토지는 갈대 등이 자라는 연안 습지이었으며, 약 3m 이하의 낮은 독으로 축조되었을 가능성이 있다. 독의 기초 지반은 해안 점토질로서 구성되며, 바닥 표고는 3.15m 정도로서 만조 때에 조수에 의하여 운송된 사질의 해안 축적토양으로 판단된다. 이 때 축조된 독의 높이는 약 2.7m 정도로 짐작되며, 이와 같이 벽골제는 조수의 침입을 막고 습지의 제염을 통하여 농지로 개발한 결과이므로 벽골제는 방조제로 축조된 것으로 판단된다.
2. 조선 태종은 독 하류에 조성된 간석지를 농지로 이용하기 위하여 벽골제를 대대적으로 증수하여 독의 높이를 약 1.9m 정도 높였을 가능성이 있다.
3. 이에 따라서, 하류에 약 7000 ha의 농지가 조성되었으나, 5년 뒤, 홍수로 인하여 독이 높게 형성된 원평천 구간의 연약지반의 누수 등으로 붕괴되어 저수지 기능은 상실되었으며, 1930년대에 섬진제에서 용수를 공급받기 전까지 벽골제 부근에 소류지인 용추를 이용하여 농업용수를 활용한 것으로 판단된다.
4. 벽골제 설치 이후, 독 하류에 점진적인 조수 흐름의 감소에 따라서 바닷물 속에 함유된 부유물의 침전이 가속되어 동진강 하류 연안의 퇴적 구간이 확산되어 간석지가 더욱 발달하게 되었다.
5. 본 연구는 주로 수리학적인 관점에서 수행

된 결과로서 이를 역사학적으로 입증하기 위하여 고고학 분야의 전문가가 참여한 세분적인 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김부식, 1145, 삼국사기.
2. 강봉원, 2003, 한국고대 국가형성에 있어서 관개수리의 역할, 한국상고사학보 제39권, 한국상고사학회.
3. 농업기반공사, 1999, 새만금지구 간척종합개발사업 수문조사보고서, p. 250.
4. 동진농지개발조합, 1995, 동진농조 70년사, p. 77.
5. 서울학데이터 베이스 연구소, 1997, 증보판 CD-ROM 국역조선왕조실록 제1집.
6. 성경용, 2002, 백제의 토목기술에 대한 토론 요지, 고대 동아시아와 백제:개교 제11회 백제연구 국제학술회의, 충남대학교 백제연구소 편 pp. 224-228.
7. 윤무병, 1976, 김제 벽골제 발굴보고, 백제연구제 7집, 고대연구사 139호 17집, 충남대학교.
8. 윤무병, 1998, 벽골제의 제방과 수문, 김제 벽골제 수리민속유물전시관 개관기념 국제학술 토론회 발표논문집, 김제벽골제개발위원회 김제시편 pp. 9-15, 신아출판사 김제.
9. 이장우, 1998, 벽골제의 수공학적 고찰, 한국수자원학회논문집, 제31권 제4호, 1998.8, 한국수자원학회.
10. 정진형, 1982, 증보 벽골제사, 대흥출판사.
11. 최영박, 1988, 한국의 수공기술의 발달, 한국수문학회지 제21권 제1호, p. 52.
12. Korean National Committee of ICID, 2001, History of Irrigation in Korea.
13. 小山田宏一, 2001 到來 人 治水 技術, 古代 土木 技術 狹山池 博物館 圖錄.
14. 小山田宏一, 2002 百濟 土木 技術, 고대 동아시아와 백제: 개교 50주년 기념 제 11회 백제 연구 학술회의, 충남대학교 백제연구소 편 pp. 207-223.