

제체 덧쌓기에 의한 농업용저수지 독 높이기 사업

- 진천 백곡저수지를 중심으로 -



한 명 열
한국농어촌공사 진천지사
백곡지구 공감소장
hhh3414id@ekr.or.kr



음 성 진
한국농어촌공사 진천지사
백곡지구 공사감독
sungjinum@ekr.or.kr

1. 머리말

우리나라는 국토의 65%가 산악지형이고 하천의 경사가 급하여 비가 오면 하천으로 빠르게 도달하고 연강수량의 3/2이상이 6월~9월의 장마와 태풍기간에 집중되어 홍수기에는 크고 작은 홍수가 빈번히 발생하고 갈수기에는 가뭄이 반복하는 등 물관리에 불리한 자연조건을 가지고 있는 것이 특징이다.

이에 용수 확보와 홍수 조절을 위한 방법으로 농업용 저수지를 축조하여 관리하고 있으며 2007년 기준 총 17,649개소 중 한국농어촌공사에서 3,326개소를 관리하며 약 474천ha의 농경지에 농업용수공급과 함께 하류 하천의 수질개선 및 홍수 조절, 생태 환경에 기여하고 있다.

최근 기상이변으로 농업용수의 부족이 심화되고 그 외에도 하천유지용수 및 환경관리 용수 등 많은 부분의 용수부족이 심화 되고 있는 반면 지역이기주의와 지가

의 상승 등으로 댐을 건설하기 위한 적지가 적고 신규건설이 점점 어려워져 효율적인 수자원 활용차원에서 기존 농업용 저수지 등 기존 시설을 최대한 활용하는 것이 바람직하다는 대안으로 농림수산식품부와 국토해양부는 이미 '05년부터 실무 검토를 통해 최종 172개소를 재개발 대상지로 선정하였으며 금회에 소개하고자 하는 백곡저수지도 그중 하나의 저수지이기도 하다.

백곡저수지는 충북 진천군 진천읍과 백곡면에 걸쳐 약 232ha의 만수면적과 유효저수량 2,150.4만m³을 가지고 있는 충북 최대의 저수지로 1949년 SIPHON저수지로 축조된 후 1984년 미호천대단위종합개발사업을 통해 현재의 저수지로 1차 증고 한바 있으며 금회 제당 증고 2.0m를 통해 추가 저수량 486.8만m³를 확보하여 갈수기 추가 용수량 확보 및 홍수 등 재해예방은 물론 수변개발사업을 통한 지역주민의 삶의 질 향상에도 기여할 것으로 기대되고 있다.

본고는 제체 덧쌓기로 시공중인 백곡저수지의 일반적 현황과 전반적 추진계획 및 주요공종별 사업 현황에 대해 소개 하고자 한다.

2. 백곡저수지 기본설계

2.1 지구 기본현황

사업대상지인 백곡저수지는 지방하천인 백곡천에 축조된 농업용저수지로서 기본적인 현황은 다음과 같다.

○ 위 치	충북 진천군 진천읍건송리, 백곡면 석현리 일원
○ 수해면적	2,975ha
○ 지형 및 경사	대부분 10~40°의 경사, 20° 이상인 지역이 57%로 대부분의 유역이 급경사임.
○ 지질현황	변성암류, 화성암류, 최적암류로 구성
○ 인문 및 사회	총가구는 2002년 35,807호⇒ 2007년 40,922호로 14.3%증가하였으나 인구는 3.6%증가 하였고 농가 가구와 농가 인구는 2002년 대비 10.2%, 9.4%씩 감소하고 있다.
○ 기상자료	청주관측소의 1967년~2010년까지 44개년간 자료 이용 분석

2.2 저수지 시설제원 현황

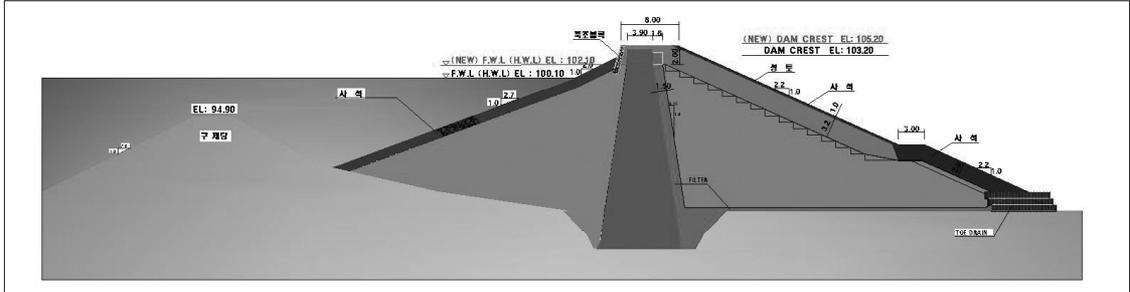
구 분	기존시설 현황	사업시행 이후	비 고
1. 저 수 지			
저수면적	232.0ha	243.4ha	상시만수위 기준 (증11.4ha)
계획홍수위	EL.100.1m	EL.102.1m	(증 2.0m)
유효저수용량	2,150.4만㎥	2,637.2만㎥	(증 486.8만㎥)
계획홍수량	883.0㎥/s	2,042.0㎥/s	(금회) PMF
최대방류량	-	1,695.0㎥/s	

구 분	기존시설 현황	사업시행 이후	비 고
2. 제 당			
형식	필댐(균일형)	(좌 동)	
제당마루고	EL.103.20m	EL.105.20m	(증 2.0m)
제당길이/높이	410.0m / 27.2m	401.0m / 29.2m	(감 9.0m / 증 2.0m)
제당마루폭	8.0m	10.0m	(증 2.0m)
제당경사	1:2.7 / 1:2.2	1:2.7 / 1:2.2	
3. 여수토방수로			
형식	레디얼게이트	레디얼게이트	
여수토길이	42.5m	42.5m	
방수로폭	42.5m	42.5 ~ 68.8m	(증 0 ~ 26.3m)
방수로길이	146.0m	165.3m	(증 19.3m)
4. 방 류 설 비			
복통	2R=2.0m, L=132.0m	(좌 동)	
5. 취 수 설 비			
형식	취수탑 (복식구조)	(좌 동)	
취수구	B1.7×H1.7×3공	B1.7×H1.7×4공	(1공 추가)
취수탑높이	26.4m	28.4 m	(증 2.0m)
연결교량	B2.4m×54.0m (T-Beam교)	B4.4m×37.0m (Precom 거더교)	

2.3 주요공종별 사업계획

1) 제 당

저수지 용량의 증대 방법으로 기존 제체 하류부에 제당을 신설하거나 저수지를 준설하여 독을 높일 수 있는 방법도 있으나 백곡 저수지는 치수와 이수측면에서 볼



때 지질적으로 두 높임이 가능하므로 두 높임과 준설을 혼재하여 추가 저수용량을 확보하는 효율상 유리할 것으로 판단되어 제당 2.0m 수직형 덧쌓기에 의한增高로 계획을 수립하였다.

가) 댐마루고 결정

- 도파고 결정

- SMB법과 Saville의 도표에 의한 도파고 0.75m

• 계산식에 의한 도파고 결정

$$R=0.00086 V^{1.1} \times F^{0.45}=1.11m$$

※ SMB법과 Saville의 도표에 의한 도파고와 계산식에 의한 도파고를 비교하여, 큰 값인 1.11m 적용

• 지진에 의한 도파고 0.37m

- 댐마루고 결정

상시만수위, 계획홍수위와 적정여유고를 고려하여 댐마루고를 검토하였다.

구분	만수위 (EL.m)	도파고 h_w	지진도파고 h_e	여유고 h_i	여유고 (m)	댐마루고 (EL.m)
상시만수위 (계획홍수위 기준)	102.10	1.11	0.37	1.5	2.98 (3.00)	105.20

나) 비탈면보호공

- 내제 사석규모 결정

내제 사석의 설치는 파랑에 의한 침식, 수위 급강하시, 진동에 의한 유출 및 기상작용에 의한 풍화 등을 방지하기 위해 제당마루공 까지 설치하는 것으로 계획하였으며, 사석의 두께는 파고를 고려한 최소사석 두께 0.6m, 최소필터 두께 0.23m 최소 사석공의 두께는 0.61m 검토 되었으나 설계기준상 최소 1.0m 이상을 추천하고 있어 1.0m 결정 하였다.

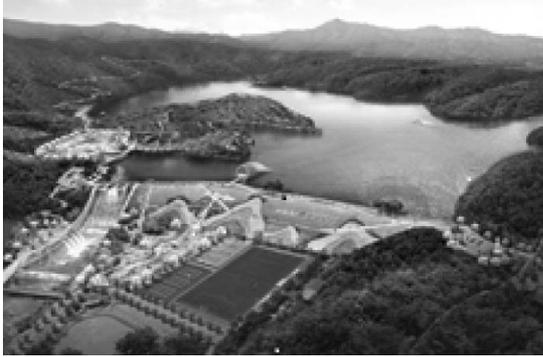
상단표고 (EL.m)	파고 (m)	사석 평균경 (D_{30} , cm)	최소 사석두께 (cm)	최소 필터두께 (cm)	최소 돌볼임두께 (cm)	계획두께 (m)
105.20	1.48	38	60	23	61	1.0

- 외제측의 비탈면 보호공

- 제당 덧쌓기 후 식생을 조성하여 동결방지 및 우수에 의한 침식 방지
- 우수배제를 위한 U형 측구를 소단에 설치하여 사면유실 및 세굴 방지

다) 기타 조경계획

- 저수지 제당외제는 진천군의 역사테마공원과 연계하여 지역의 랜드마크가 될 수 있도록 구상



- 방문객의 편의를 위해 제당 상단에 주차장1개소 및 산책로, 취수탑 전담대 등과 연계 조성
- 비탈면은 진경산수의 새·해·산·물을 모티브화 하여 기존 사석과 신규사석을 이용하여 조성
- 산수폭포와 산수공원을 조성하여 힐링뮤직 페스티벌등 지역문화행사에 기여 계획

2) 여수로 방수로(물넘이 시설)

물넘이 시설은 할당된 저류공간에 계획저수량을 초과하는 홍수량을 안전하고 효율적으로 방류할 수 있도록 하는 구조물로서 현재 백곡저수지는 문비식 여수토를 설치하여 운영되고 있다. 백곡저수지 물넘이 시설은 가능최대홍수량(PMF)을 효과적으로 방류할 수 있는 최적의 여수로 규모로 결정하였으며, 접근수로, 조절부, 급경사수로 및 감세공으로 구성되며 각 구성요소에 대한 설계시 안정성, 시공성, 환경성, 경관성 등을 종합적으로 고려하여 계획하였다.

가) 계획홍수량 결정

농업용 댐의 계획홍수량은 200년 확률홍수량, 기왕 최대홍수량, 지역 최대홍수량 중 큰 값을 계획홍수량으로 하며, 필댐에서는 20%를 증가시킨 유량을 기준으로

하되 붕괴에 따른 인적, 물적 피해가 크게 예상되는 지구는 가능최대홍수량(PMF)을 계획홍수량으로 하도록 되어 있는바, 본 백곡저수지는 산지지형에 위치하고 하류지역은 농경지와 주민시설로 구성되어 있어 붕괴에 따른 인적, 물적 피해가 일반적인 대규모 댐에 비해 클 것으로 예상되어 가능최대홍수량을 적용하여 물넘이(여수로방수로) 규모를 결정하였다.

구 분	첨투유입량(m³/s)	설계홍수량(월류량, m³/s)
유 량	2,042.00	1,673.00

나) 방류량 산정

방류량 산정을 위한 웨어공식은 다음과 같다.

$$Q = CL_e H^{3/2}$$

여기서, Q : 유량(m³/s), C : 유량계수, H : 접근속도수두를 포함한 총수두(m)

L_e : 웨어마루의 유효길이(m),

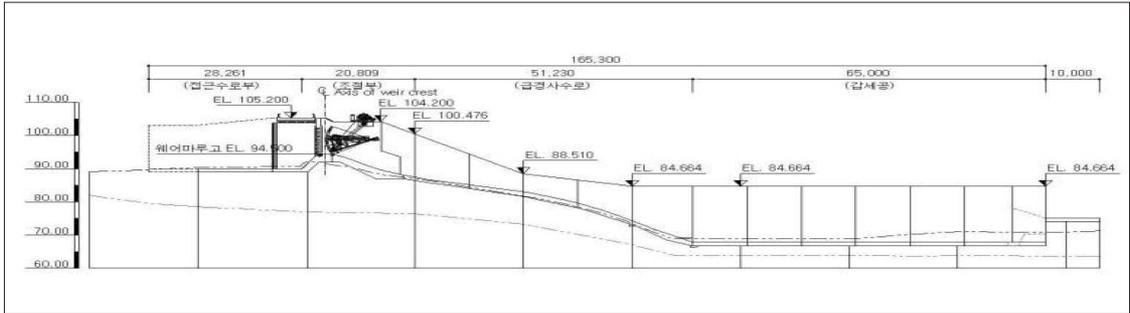
$$L_e = L - L_p = L - 2 \times (N \times K_p + K_a) \times H$$

(N : 교각의 수, K_p : 교각수축계수, K_a : 교대수축계수)

저수지 수위 (EL,m)	H_e (m)	H_e/H_d	C/C_0	C	방류량 (m³/s)	비 고
94.5	0.0	0.000	0.782	1,623	0	
100.5	6.0	0.789	0.970	2,077	1,149	
102.1	7.6	1.000	1.000	2,141	1,684	
102.3	7.8	1.026	1.003	2,149	1,757	계획홍수위
102.5	8.0	1.053	1.007	2,156	1,831	

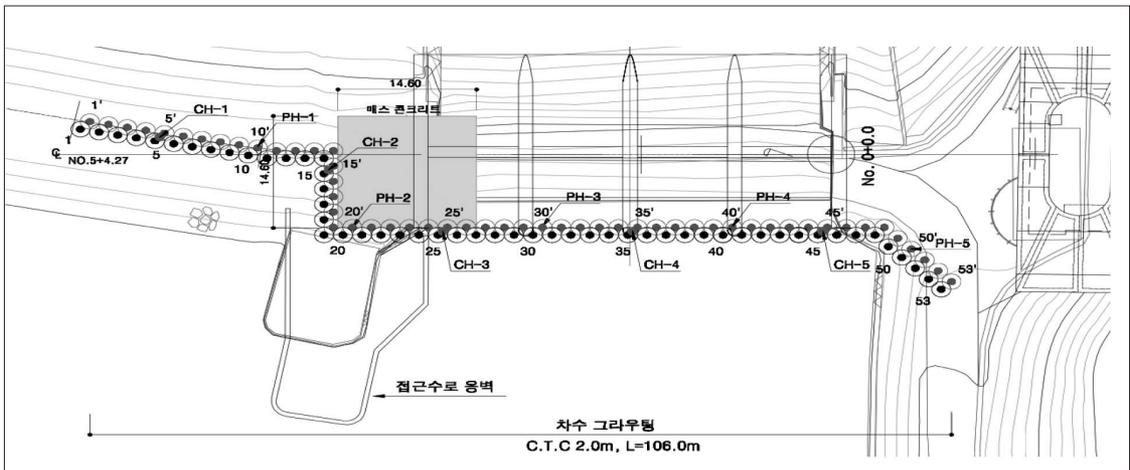
다) 구조물 계획 현황

여수로 방수로 수리 구조물에는 위치별로 접근수로부, 조절부, 급경사수로부, 감세공 등이 있으며, 교량 구조물에는 조절부 상단에 공도교 등이 있다. 여수로방수로 구조물의 계획현황은 다음과 같다.



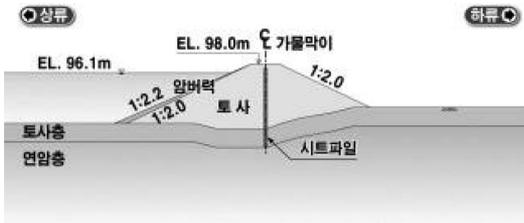
※ L=165.3m, B= 42.5~68.8m, 레디알 게이트 9.5 x 8.5 x 4련(L=42.5m)

라) 여수토 방수로 기초 처리계획



- 여수토 방수로의 기초지반 연암층 3m이하에서 수압시험 결과 루전치(Lu)는 2.8로 양호한 수밀성을 나타나고 있어, 연암층 이하 3m 이상에 차수그라우팅을 적용하여 계획
- 그라우팅 배치는 여수토구조물, 접근수로옹벽까지 확장, 여수토 구조물 뒷채움재는 점토재료로 적용
- 제당 종점구간에 기존 그라우팅과 20m 이상 중첩하는 그라우팅을 추가, 기존 그라우팅과의 원만한 접속과 누수방지를 위한 상류측 그라우팅 재배치를 통해 차수성을 강화

마) 여수토 방수로 가물막이 계획



- 가물막이 형식: 토사+시트파일+피복석
- 가물막이 차수: 시트파일, 차수시트 설치
- 가물막이 관리수위: EL. 96.1m
- 가물막이 연장: 137.19m
- 가물막이 최대 높이: 12.1m
- 가물막이 전체 폭: 5.0~41.4m
- 차수시트 높이: EL. 97.4m(20년 빈도 홍수위, VE 반영)

바) 기타 조경계획



- 수문의 명칭은 가칭 새나래 수문이라 칭하고 각종 이벤트가 가능한 워터 스크린 도입
- 방문객의 편의를 위해 저수지 제당 및 취수탑과 연계한 산책 동선을 만들어 내방객의 편리성 제고

- 수문조작실 2층은 내방객이 자유로이 출입하여 조망이 가능토록 설계 하였으며
- 하단부 연날리기 공원을 조성하여 수문조작실의 방패연 형상과 함께 지역의 랜드마크 형성

3) 취수시설

본 백곡저수지의 기존 취수시설은 복통으로 구성되어 있으며, 복통의 중단에 소수력발전 시설이 완비되어 현재 가동중에 있는 상태로 기존 취수터널을 그대로 이용하는 것으로 계획하였고, 취수공의 위치는 수위 변동시에도 항상 영농에 적합한 온수를 취수할 수 있도록 설치위치를 결정하였으며, 소요취수량을 감안하여 각 취수공의 규격을 결정하였다.

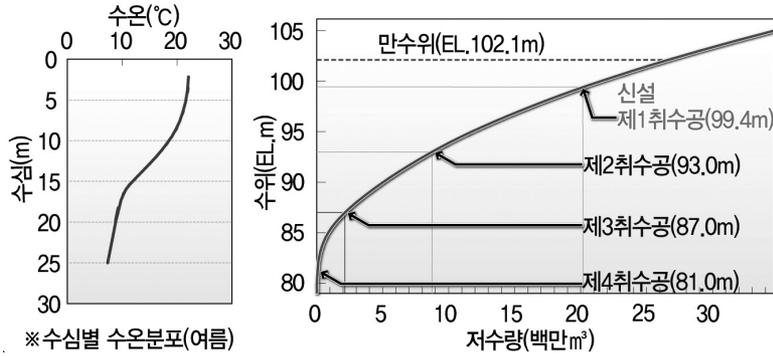
가) 용수공급계획

농업용수 33,399(천³/년) 및 환경용수 10,319 (천³/년) 등 총 43,719천(㎥/년)에 대한 저수지 모의 운영 결과 용수전용댐의 기준인 10년중의 1회 부족 물공급 신뢰도인 90% 이상으로 치수계획이 용수공급상 타당한 것으로 분석 되었다.

유입량(천 ³)	공급량(천 ³)	모의운영기간(년)	물공급신뢰도(%)
63,733	43,719	1967~2010 (44개년)	95.5

나) 취수공 위치 결정

기존 복식구조(경사형 개별격벽에 의한 온수 및 탁수 혼용 방지 - 부분적 선택취수 가능) 취수탑을 보수·보강하여 2.0m 승상하므로 기존 취수공은 존치하고 수위 2.0m 증가에 따른 추가 취수공을 만수위(EL.102.1m)에서 2.7m 하부에 설치하였다.



저수위-저수량 곡선

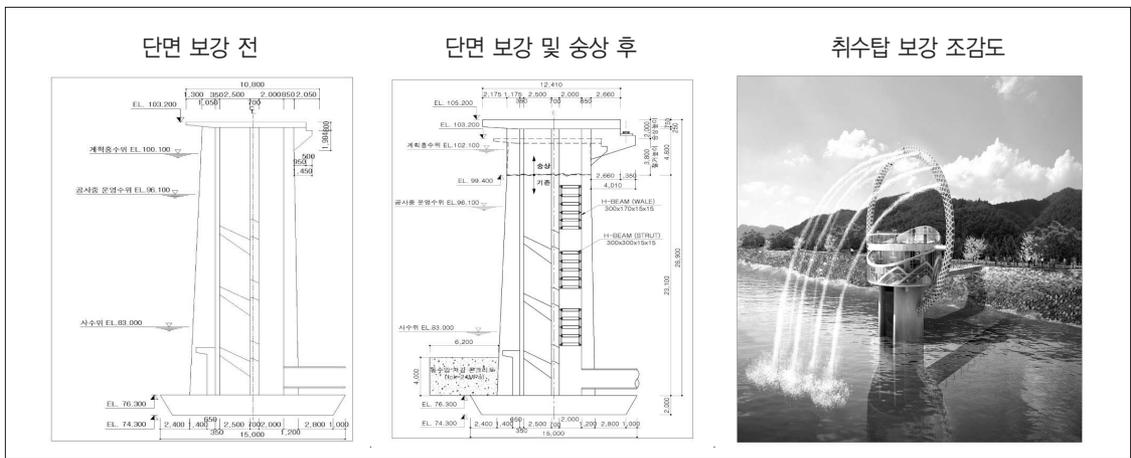
다) 취수탑 단면계획

취수탑 단면의 보강은 기존 취수탑을 이용하여 보강하는 것으로 수위증가에 따라 상단 2.0m 승상을 위해 상단부 2.0m를 커팅 하여 콘크리트를 타설하였으며 구조물의 높이 높이가 증가됨에 따라 발생할 수 있는 전도 위험 방지를 위해 철강재 내부 버팀 보강재를 활용하여 보강하고 파고에 의한 동수압 저감을 위해 수중 콘크리트 타설을 계획 하였다.

4) 기타 사업계획

가) 도로 및 교량 설치계획

백곡저수지는 제당 증고에 따른 2.0m 수위상승에 따라 저수지를 통과하는 국도 34호선 및 지방도 313호선에 접한 교량의 승상 및 재설치 등 5개소의 교량이 계획되어 있고 수위상승에 따라 수몰되는 9가구에 대한 이주단지 계획을 수립하였으며, 수위상승에 따라 수몰되는 농경지의 보전을 위해 약16ha의 농경지 매립과 백곡



면 소재지 21가구에 대한 저지대 마을의 재건축을 위한 부지 승상 등이 계획되어 있다.



교량명	연장(m)	폭(m)	교량형식	
			상부	기초
건승교	48.0	10.9	R,C 라멘교	직접기초
상승교	75.0	11.0	UDPC 빔교	직접기초
사정교	180.0	9.9	UDPC 빔교	직접기초
무명교	25.0	4.9	Edge 거더교	직접기초
출렁다리	95.0	1.5	현수형보도교	직접기초

나) 친수공간 및 조경 계획
백곡저수지 독 높이기 사업이 용수확보만을 위한 기

능적 사업에 국한 되지 않고 지역 경제 발전의 기반이 될수 있도록 본 사업에서는 수물전 옛 도로를 추억 할 수 있는 옛길조성 5km 및 이주단지 주변의 길손맞이 공원, 국도 주변에 저수지 조망이 가능한 쉼터 2개소, 수질 환경 정화를 위한 습지 7개소, 주민 운동 시설인 물안뜰 친수공원 등의 조성계획이 있으며, 천연기념물 제 454호인 미호종개의 보호를 위해 서식지 보호 대책을 수립하여 추진 하고 있다.

3. 마치면서

지난 1949년 사이핀 저수지로 축조되어 84년 1차 증고를 통해 명실상부한 충북 최대의 농업용 저수지로 농업용수 공급을 담당하였으나 금번 저수지 독 높이기 사업을 통해서는 그동안 단순한 농업용수공급의 한계를 벗어나 여러 가지의 역할이 기대되고 있는 바이다.

첫 번째는 백곡저수지 하류 진천읍의 홍수피해 방지를 위해 사전방류를 통한 홍수조절 능력의 증대로 재해 예방에 큰 효과가 있을 것으로 기대되고, 두 번째는 하천 유지용수를 상시적으로 공급하여 진천군 주민의 쾌적한 휴식 공간 제공과 더불어 하천의 수질개선에도 상



당한 영향이 있으리라 사료되는 바이다.

세 번째는 무엇보다도 금번 사업을 통해 독 높이기 사업이 농촌의 생활환경에 영향을 미칠 수 있는 요소로 부각되는 것은 최근 각광받고 있는 저수지 수변의 연계 개발을 통해 저수지환경개선과 더불어 찾아오는 방문객에게 쾌적한 공간 제공과 함께 살기 좋은 농촌의 이미지를 부각시킬 수 있으며 주변 주민에게는 삶의 질 향상과 함께 방문객들로 하여금 농촌의 부가가치를 창출하여 소득을 올릴 수 있는 좋은 기회가 될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

그러나 향후 지속적으로 저수지의 환경유지 및 시설의 선량한 관리를 위해서는 유지관리 비용의 투자가 시급한 실정이나 본 사업에서 그러한 부분이 한계를 보이고 있어 다수의 주민들에게 편의를 제공하는 다중 시설에 대해서는 중앙부처나 지자체의 관리비 지원이 요구되고 있는 실정이기도 하다.

또한 독 높이기 사업을 통해 지역개발의 단초가 되고 있는 시설에 대해서는 추가적인 수변 개발 및 지역개발 사업을 연계하여 사업효과의 거양이 요구되고 있어 장기적인 종합대책을 수립하여 지속적인 개발과 유지관리의 계획수립이 필요하다고 사료되는 바이다.

백곡저수지는 현재 2013년 12월 목표로 공정에 박차를 가하고 있는데 2013년 상반기가 지나면 주요시설 및 경관분야의 사업이 마무리 될 것으로 보인다.

옛말에 생거진천[生居鎭川] 사거용인[死居龍仁]이라 하였다. 그만큼 살기좋은 곳인 생거진천은 백곡저수지 독높이기 사업과 함께 정부 부처의 지방분산으로 수도권에서 접근성이 더욱 용이하여 충북의 제한된 공간을 벗어나 대한민국 중심의 농촌관광자원이 될 것으로 기대되고 있다.

기획: 이달원 dwlee@cnu.ac.kr