

소양강댐 보조여수로 설치공사

곽성현
삼성물산(주) 건설부문

1. 사업현황

소양강댐은 건설당시('67~'73)의 설계기준에 따라 1000년 빈도의 홍수로 설계·건설되었으나 최근 기상이변 등 수문환경의 변화에 따라 댐설계기준이 가능최대홍수량(PMF)으로 강화되어, 댐 준공 이후 두 차례('84, '90)댐의 계획홍수위에 접근하는 대홍수가 발생함에 따라 소양강댐의 안전성 확보를 위한 치수 대책이 필요하게 되었다.

소양강댐의 치수능력 증대방안으로 홍수기 제한수위 변경, 보조여수로 설치, 댐중고, 상류에 홍수조절용 댐 건설, 파랑방지벽 설치 등에 대한 기술용역, 전문

가 자문 등을 실시한 결과 단기대책으로 파랑방지벽을 조기에 실시하고, 항구대책으로 보조여수를 설치하는 방안이 제안되었다.

이에 따라 최근 변경된 PMP(2000.6) 기준 및 2002년 8월 30일 태풍 'RUSA'에 의하여 발생 강릉지방의 집중호우 영향을 고려하여 PMP, PMF를 재산정하고 이를 적용한 보조여수로의 최적규모, 위치 및 형식결정, 주요구조물 배치계획, 사업비 산정 등 보조여수로 설치를 위한 계획을 수립하였다.

소양강댐 보조여수로 설치공사에 대한 조사연혁 및 과정은 다음과 같다.

- ▶ 1973. 10 소양강 다목적댐 준공
- ▶ 1992. 12 소양강댐 수문학적 안정성 검토 및 치수능력 향상 방안연구(수자원연구소), 터널 및 Weir 혼합식 여수로(Weir B=85.0m, 터널 D=15.0m, L=900m)
- ▶ 1994. 12 소양강 다목적댐 운영평가 및 수문학적 재설계(한국대담회), 터널 및 Weir 혼합식 여수로(Weir B=138m, 터널 D=20m, L=900m)
- ▶ 1995. 8 소양강댐 치수능력 증대 타당성조사 및 기본계획용역
~ 1996. 11 내린천댐(CFRD형식 H=94m, 저수용량 228백만^m)
- ▶ 1997. 2 소양강댐 치수능력 증대사업 기본설계용역
~ 1997. 12 지역주민, 지자체, 시민단체의 내린천 댐건설 반대로 백지화, NK기술자문결과 : 파랑방지벽+제한수위 조정
- ▶ 1997. 3 홍수기 제한수위 조정 운영(댐관리규정 개정), EL.190.3m → EL.185.5m(홍수조절용량 : 500백만^m → 770백만^m)
- ▶ 2001. 7 소양강댐 파랑방지벽 설치공사 실시설계, 제한수위 조정(EL.187.0m) + 파랑방지벽(H=1.0m)
- ▶ 2002. 4 소양강댐 홍수기 안정성 확보방안 연구 (수자원연구소), 단기 : 제한수위 조정, 장기 : 보조여수로 설치
- ▶ 2002. 9 보조여수로 설치공사 기본계획 용역
~ 2002. 12 보조여수로 설치, 제한수위 환원(EL.185.5m → EL.190.3m)
 - 형식 : 개수로식-완경사 구간 수로터널
 - 수문 : Radial Gate(B13.0m×H13.0m×4문)
 - 터널 : D14.0m×L200.0m×3련
 - Chute : 개수로식 B40.0m×L260.0m
 - 감세지 : Flip Bucket
- ▶ 2004. 4, 23 「소양강댐 보조여수로 설치공사」 실시설계 완료

소양강댐 보조여수로 실시설계 결과를 종합하여 요약하면 다음과 같다. 보조여수로 위치는 강원도 춘천시 동면 소양강댐 지역 일원이며, 보조여수로 형식은 터널식 여수로이다. 보조여수로의 최적규모는 소양강댐 치수능력 증대 및 수문학적 안정성 확보에 있다.

2. 시설개요

• 사업지구

- 하천명 : 한강수계 북한강지류 소양강
- 댐의 위치 좌안 : 강원도 춘천시 동면 월곡리
우안 : 강원도 춘천시 신북읍 천전리
- 보조여수로의 위치 : 강원도 춘천시 동면 소양강 댐 지역 일원
- 저수지 : 유역면적 : 2,703km²
- 연평균유입량 : 1,750백만m³ (범위 3,500백만m³ ~ 800백만m³)
- 최 고 수 위(M.W.L) : EL. 200.5m(PMF시)
- 계 획 홍 수 위(H.W.L) : EL. 198.0m(200년빈도)
- 상시 만수위(N.H.W.L) : EL. 193.5m
- 홍수기제한수위(R.W.L) : EL. 190.3m
- 저 수 위(L.W.L) : EL. 150.0m
- 총 저 수 용 량 : 2,900백만m³
- 유 효 저 수 용 량 : 1,900백만m³(EL. 193.5m ~ EL. 150.0m)
- 홍 수 조 절 용 량 : 500백만m³ (EL. 198.0m ~ EL. 193.5m)
- 저수면적 : 64.3km²(EL. 193.5m)
- 만수면적 : 70.0km²(EL. 198.0m)



소양강댐전경

• 본 댐

- 형식 : 중심코아형 사력댐(E.C.R.D)
- 댐마루고 : EL 203.0m
- 댐길이 : 530.0m
- 댐높이 : 123.0m
- 댐체적 : 9,591,200m³
- 댐저폭 : 550.0m
- 댐경사 : 상류 1:2.0 ~ 1:2.3
하류 1:1.8 ~ 1:2.0

• 여수로

- 시설 규모
 - 설계홍수량 : 20,715m³/s(PMF)
 - 최대방류량 : 14,200m³/s
 - 계획방류량 : 5,500m³/s
- 기존 여수로
 - 형식 : 개거식 여수로
 - 월류웨어정고 : EL. 185.5m(H=3.5m)
 - 월류웨어폭 : 65.0m

- 문비 : Tainter Gate B13.0m×H13.0m×5련
- 감세공형식 : 플립버킷형(Flip Bucket Type, B=55.0m, L=60.0m)
- 보조여수로
- 형식 : 완경사 터널식 여수로
- 월류웨어정고 : EL. 185.5m(H=3.5m)
- 월류웨어폭 : 58.8m
- 터널 : 1터널 1,276.4m, 2터널 1,206.4m
- 문비 : 유압실린더식 Radial Gate B14.7m×H14.0m×4련
- 감세공형식 : 플립버킷형

- 선착장 진입도로
 - 연 장 : 429.7m(확장구간)
 - 도로폭 : 9~10.5m
 - 차도폭 : 7.5m(아스팔트 포장)
 - 보도폭 : 1.5~3.0m(점토블록)

- 선착장 주차장
 - 위 치 : 댐우안 상류 0.64km 지점
 - 부지계획고 : EL.198.0m(200년 빈도 홍수위)
 - 총부지면적 : 7,035㎡(2,128평)
 - 주차대수 : 소형 114대, 대형 2대
 - 부대시설 : 이벤트광장, 화장실

- 발전소
 - 시설용량 : 100,000kw×2대
 - 유효낙차 : 67m~110.5m
 - 사용수량 : 낙차 90m에서 251m³/sec
 - 방수로 : 개거식 장방형 수로



기존여수로



보조여수로 유입부



선착장 진입도로



선착장주차장

(폭 39.4m~9.4m×연장 110m)

• 건축물

- 물 문화관 : 철근콘크리트 구조
(1,718.63㎡, 지하 1층, 지상 3층)
- 위치 : 댐우안 상류 0.23km 지점 (기존 소양휴게소 철거 후 신설), 세미나실, 체험과학관, 주제과학관, 자료실, 지역문화교류관, 주차장 등
- 터널관리동 : 철근콘크리트 구조(324.11㎡, 지상 1층)
- 수문관리동 : 철근콘크리트 구조(259.20㎡, 지상 1층)
- 전 망 대 : 목구조(26.63㎡, 지상 1층)

• 고사분수

- 높이 : 주분수 100m, 보조분수 1 25m, 보조분수 2 15m
- 분사량 : 6.56㎥/m

• 생태체험장

- 부지면적 : 94,910㎡
- 시설물 : 에코센터, 저류지, 물체험장 등

• 홍수예경보 시설

- 우량관측소 : 12개소
- 수위관측소 : 8개소
- 경보국 : 6개소
- 수 질국 : 9개소
- 평화의담단말국 : 3개소
- 보령담 단말국 : 10개소



물문화관



팔각정



고사분수



생태체험장

- 한강홍수통제소단말국 : 1개소

3. 사업효과

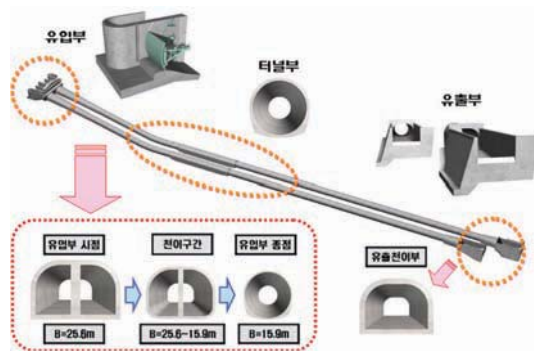
소양강댐 보조여수로 사업이 완공됨으로서, 첫째로 보조여수로의 최적규모는 가능최대홍수량(PMF) 유입시 댐 안정성 확보, 계획홍수량 (200년 빈도)시 계획홍수위 이하(EL.198.0m)로 유지되어 민원발생 해소, 홍수기 제한수위 환원 (EL.185.5m → EL.190.3m)으로 용수공급(145백만m³/년) 및 발전량 증대(20GWh/년), 댐 주변 노후시설에 대한 보수, 보강 및 자연친화적 댐 주변 정비, 사토장을 생태복원하여 자연과 인간이 공존하는 공간 창조, 관광 수요 증대에 따른 지역주민의 "삶의 질" 향상, 지역 문화 활동이 가능한 공간 창출이다.

- 이상 홍수에 대한 댐설계 기준강화(빈도별→ PMF) : 댐설계기준(건교부, 2001)
- 관리기간중(1974년~현재) 2차례('89, '90) 댐 계획홍수위 및 설계홍수량에 근접하는 대홍수 발생
- 최근 재산정(2000년)된 PMF와 '02 강릉호우 등 댐 수문학적 안정성 미흡
- 댐하류 지역주민(단체)의 댐안정성에 대한 불안감 팽배

- 댐 안정성 보장을 위한 보조여수로 설치 요구(춘천 경실련, 2000. 10. 31)
- 국가 차원의 홍수기 댐안전 대책 수립 건의(춘천상공회의소, 2002. 9. 18)
- 감사원 "자연재해대비 실태감사" 결과(2003. 6. 15) 소양강댐 수문학적 안정성 미흡
- 치수능력 증대방안 검토결과 보조여수로를 설치 → 댐 안정성 확보

• 소양강댐 보조여수로 구성

소양강댐 보조여수로 설치공사는 접근수로 및 월류부, 천이부, 도류부, 감세공으로 구성되며, 터널은 유입부(천이부)와 상부터널, 개착터널, 하부터널 및 유출부(천이부)로 구성된다.



소양강댐 보조여수로 설치공사 구성

구분	댐계획 (200년 빈도)	기왕홍수실적		최고수위 (EL.200.5m)기준 (1,000년 빈도 홍수량(댐계획) 12,392m ³ /s
		1984년 9월	1990년 9월	
홍수량	10,500m ³ /s	11,995m ³ /s	10,653m ³ /s	
홍수위	EL.198.0m	EL.197.79m	EL.197.99m	

• 수리적 안정성

접근수로 및 월류부

- 접근유속은 설계기준 4.0m/s을 만족하는 200년빈도일 때 2.5m/s 임
- 설계수두 15.0m
- 월류부 폭은 유량계수를 적용하여 58.8m임
- 월류부 표고는 EL,185.5m



천이부 (유입부)

- 유입부는 자연환경 훼손을 최소화하고 원활한 사류흐름을 유도하기 위해 터널내에 설치
- 수리계산결과 통수단면적이 75% 이내를 만족하기 위해 155m의 천이부 구간 필요



공기흡입 장치 (Aerator)

- 형식은 Groove형이며 WS77과 TRAJ프로그램(USBR)을 이용하여 수리계산 수행
- 최대공기량 : 213m³/s
- 공기유입속도 : 36.7m/s
- 규모 : 1.0m×1.0m



터널부

- 터널단면적에 대한 통수단면적의 비가 75%이내의 개수로 흐름이 되도록 설계
- 수리학적 원활한 흐름을 유도하고 시공성을 고려하여 상부 경사터널은 14° 로 계획
- D = 14.0m×2런
- 최대유속 : 38.8m/s(PMF시)



감세공 (유출부)

- 지형조건을 감안하여 Flip Bucket 형을 채택
- 감세공폭 : 19.4m
- 사출궤도 : 68m(PMF시)



4. 보조여수로 시공

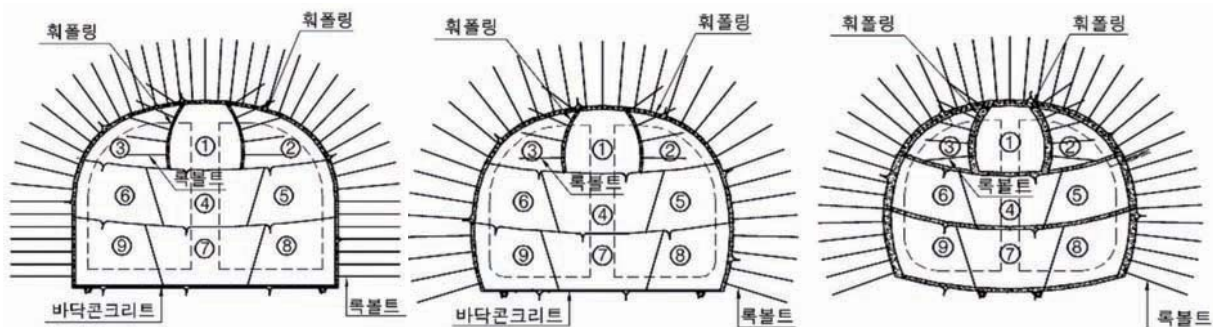
· 유입부 구조물



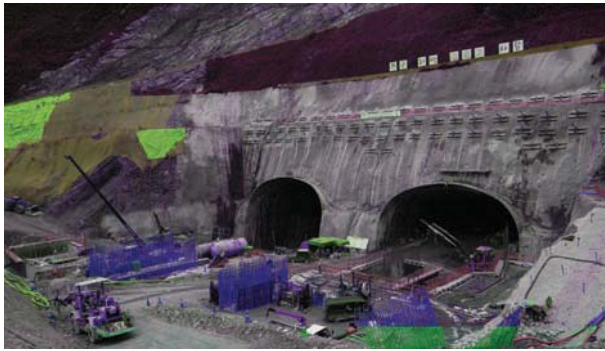
• 터널 시공

- 접근 수로 및 월류부는 수문이 설치되며, 유입부 구간은 터널단면이 가장 크며(굴착단면적 413m²), 격벽이 설치되고 천이구간으로서 시공 중 많은 기술적 검토가 요구되는 구간이다. 터널시공은 상부터널

과 하부터널을 나누어서 굴착하였는데, 시공중 대규모 스투트 단층이 나타나 이에 대한 보강대책을 강구하였으며, 특히 유입부 구간은 대단면, 변단면, 근접, 경사터널으로서 시공 중 충분한 기술적 검토를 수행하여 안전시공에 만전을 기하였다.



유입부 대단면 터널 지보패턴



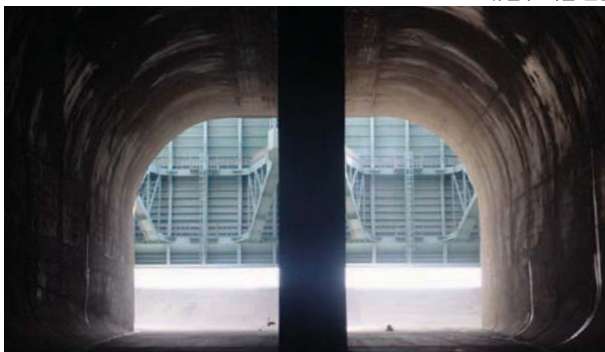
유입부 터널 전경



유입부 터널 분할굴착(상반)



유입부 터널 분할굴착(중반/하반)



상부터널 - 유입부 천이부



하부터널 분할굴착



하부터널 굴착완료



하부터널 라이닝 시공



하부터널 - 도수로 및 유출부 천이부구간

• 개착터널



콘크리트 타설



거푸집 설치



구조물 시공 전경



구조물 완료 전경

• 유출부 구조물



토공사 전경



구조물 시공 전경



구조물 완료 전경



구조물 완료 전경

5. 국내 최대단면 터널

소양강댐 보조여수로 터널공사는 국내 최대 단면을 갖는 대단면 터널이다. 특히 본 터널 공사중 지반이 취약한 단층대를 대단면 터널로 통과하면서 여러 가지 기술적 어려움을 겪었지만, 삼성건설에서 다져온 터널 시공경험과 기술적 노하우를 바탕으로 이를 잘 극복하고 안전하게 준공에 이르게 되었다.

본 터널공사를 통하여, 대단면 경사터널의 굴착 및 라이닝 시공기술, 터널 위험도 평가관리 기술, 지질 불량구간 이중지보기술, 근접병설터널 필라부 보강

기술 등의 기술을 보유하게 되어 대단면 터널에 대한 기술력을 확보할 수 있는 소중한 기회가 되었다.

끝으로 본 터널공사가 무사히 준공될 수 있도록 수고하신 많은 관련 기술자들과 기술자문과 관심을 가져주신 모든 분들께 감사의 말씀을 전하는 바이며, 앞으로 터널기술의 세계최고가 되도록 더욱 노력하고, 끊임없이 발돋움하는 삼성건설의 모습을 통해 글로벌 리더로서 자리매김할 수 있도록 최선을 다하겠습니다.