

시화조력발전소 건설계획 Siwha Tidal Power Plant Construction Project

박중배¹, 도은대¹, 최동지¹, 정영목²
Joong Bai Park¹, Eun Dae Do¹, Dong Ji Choi¹ and Young Mook Jung²

1. 서 론

시화방조제는 경기도 시흥시 정왕동에 위치한 오이도와 안산시 대부동 방아머리를 연결하는 길이 12.7km의 방조제로써 1994년 완공되었다. 그러나 공사가 완료된 이후 시화만으로의 해수유통이 차단되고 인근지역으로부터 유입된 오염물질이 시화호 내에 축적되어 시화호의 수질오염이 심화되어, 이에 대한 대책으로 정부는 2001년 시화호를 해수호로 유지시키기로 하였으며, 시화호 조력발전소 건설사업은 해수호의 홍수조절능력을 유지하고 발전소 가동에 의한 해수순환을 통하여 시화호의 수질을 개선할 목적과 CO₂ 저감대책에 대응하는 대체에너지 개발을 통한 안정적 전력공급의 목적으로 계획되었다.

2. 기초자료 조사

2.1 현황조사

본 공사의 위치는 Fig.1과 같이 시화호를 형성하고 있는 방조제구간중 작은가리섬 인근이며, 사업예정지 전면 2.5km 해상에 인천항 제3항로가, 전면 3km지점에 LNG인수기지가 위치하고 있다. 시화호 내측은 간척지 조성사업이 이루어지고 있고 시화테크노벨리 및 시화2단계 도시 용지 사업이 예정되어 있으며, 시화호내 관리수위는 이러한 사업과 연계되어 EL(-)1.0m로 유지되고 있다.

2.2 해양특성 조사

조력발전소 건설계획에 따른 인근해역의 물리적



Fig. 1. 시화호 인근 현황도

1 (주)대우건설 (Daewoo Engineering & Construction Co., Ltd.)

2 (주)삼안건설기술공사 (Saman Engineering Consultants Co., Ltd.)

환경특성 및 생태환경특성 검토, 해양물리·환경·생태 수치모형실험의 검증자료 및 발전소 설계·시공·운영에 필요한 기초 자료를 제공하기 위하여 해양특성 조사를 실시하였으며 주요 조사항목은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 주요조사항목

해양물리	환경·생태
조석 및 수위관측	수질측정
조류 및 유동관측	표층퇴적물
연속부유사관측	동·식물상 조사
과량관측	퇴적율 조사

3. 조력발전의 개발규모 결정

조력발전소 건설시 고려되어야할 가장 중요한 사항중 하나는 주어진 조건하에서 최대의 발전량 확보 및 조력발전소의 규모결정이며, 이는 발전방식, 조석조건, 조지용적, 수차·수문의 규모 및 설치대수 등의 복합적인 요소에 의해 결정된다. 따라서 사업지 인근의 조석특성과 시화호의 수위에 따른 내용적의 변화 등의 자연조건과 시화호 특성을 고려한 발전방식, 수차·수문의 형식 및 규모, 각 조건별 공사비를 고려하여 최적의 발전량과 개발규모를 도출하는 과정이 필요하다. 본 설계에서는 시화호 관리수위 유지와 발전의 효율성증대 등의 이유로 창조식 발전방식을 채택하였으며, 수치 및 수리모형실험을 통해 결정된 수차 및 수문의 유량특성곡선과 1년간의 관측자료로부터 도출된 조위곡선, 최신측량자료를 이용한 시화호 내용적곡선을 이용하여 여러 가지 수차·수문 조합에 대한 발전량을 계산하였으며, 경제성 검토 및 VE/LCC 평가에 의하여 25.4MW 수차10대(시설용량 254MW)와 Culvert형 수문8대를 계획하였다. 이 경우에 대한 2002년 조위조건에서의 발전량은 552.7GWh로 계산되었다. 시화호 여건별 검토결과 기존 시화배수갑문을 연계운영하고, 운영수위를 EL(-)0.5m로 유지하는 것으로 제안하였으며, 이 경우에 대한 발전소 완공후 5년간의 평균 연간발전량은 601.4GWh로 산정되었다.

4. 시설물 계획

4.1 발전소위치 및 배치결정

Table 1. 수차·수문 조합별 발전량산정결과

(단위 : GWh)

발전기 용량	수문 대수	수차발전기 대수					
		9대	10대	11대	12대	13대	14대
21.5M W	6대	-	-	-	523.4	543.3	561.1
	7대	-	-	-	543.1	563.6	582.0
	8대	-	-	-	558.6	579.5	598.4
25.4M W	6대	-	517.5	541.9	562.8	-	-
	7대	-	537.3	562.5	584.6	-	-
	8대	-	552.7	578.9	602.3	-	-
28.4M W	6대	515.9	542.1	564.7	-	-	-
	7대	536.4	563.6	586.6	-	-	-
	8대	552.8	580.7	604.1	-	-	-

*2002년 조위조건, 기존수문 미연계, 운영수위 EL(-)1.0m

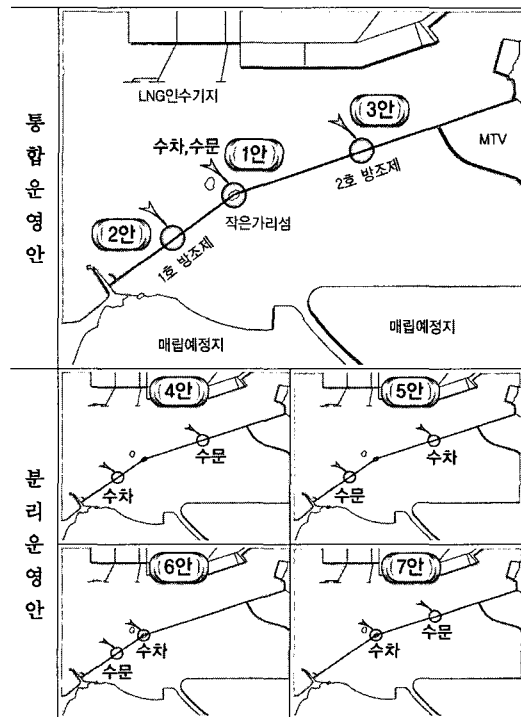


Fig. 2. 1차 배치안

시설물 배치계획은 구조물의 안전성확보를 최우선으로 고려하였으며, 기초안정성확보, 시화호 수질개선효과, 배수능력 확보, 발전소 가동시 주변영향 최소화, 인접시설과의 연계성, 시공성, 경제성 등을 주요검토사항으로 하였다.

시화방조제 전구간을 대상으로 시화호 수질개선 효과, 발전소 구조물의 기초안정성, 주변에 미치는 영향 등을 1차 검토하여 구조물 지반조건이 양호하고, LNG인수기지와 장래 개발예정인 인천남외항에 수리적 악영향이 없는 위치인 작은가리섬위에, 수차와 수문을 통합하여 배치하는 것으로 결정하였으며, 평면배치 비교안은 Fig.2 에 도시하였다.

1차 결정된 배치안에 대하여 기존방조제의 가물막이 이용안, 기존방조제의 해측가물막이이용 및 기존부지 활용안에 대하여, 각각 배치계획을 수립하여 지반조건, 지형조건, 이용여건등의 항목을 평

가하는 방법으로 2차 배치안을 검토하였다. 검토 결과 발전소구조물기초의 경압배치가 가능하며, 토공량이 최소화고, 시공중 교통처리 및 수차발전기 반입이 유리한 1안을 2차로 결정하였다(Table 2). 2차 선정된 배치안에 대해 수치모형실험을 통하여 수리특성을 검토하였다(Fig. 3). 검토결과 수문구조물을 부지측에 배치할 경우 배수시의 강한 수류가 관광부지측으로 급선회하여 와류로 인한 관광부지 호안의 저부세굴이 우려되고, 관광객의 접근안전성이 저하될 것으로 예상되어, 방류유속이 상대적으로 작은 수차발전기 구조물을 관광부지측에 배치하는 것으로 최종결정하였다.

Table 2. 2차 배치안

구 분	1안(선정안)	2안	3안
위 치	작은가리섬 전면해측	작은가리섬 호수내측	작은가리섬 우측호수내측
배 치			
기초안정성	경압 이상의 지반에 구조물 축조로 안정성 확보	안정성 확보를 위한 기초공법 필요	안정성 확보를 위한 기초공법 필요
LNG부두영향	통항선박 및 LNG부두에 영향 없음	통항선박 및 LNG 부두의 영향 없음	통항선박 및 LNG 부두 계류선박에 영향 있음
시 공 성	공사중 교통처리 유리 수차발전기 설비의 해상반입 및 갠트리크레인 이용 자동화 시공 가능	공사중 교통처리 불리 수차발전기 운반에 불리	공사중 교통처리 원활 수차발전기 운반에 불리
경 제 성	육상공작 및 가물막이 축조비 감소로 경제성 유리	가물막이 축조비는 감소하나, 기초처리비, 세굴방지공사비 및 굴착토사 처리비 증대로 경제성 불리	가물막이 축조비는 감소하나 기초처리비, 세굴방지공사비 및 차수공사비 증대로 경제성 불리

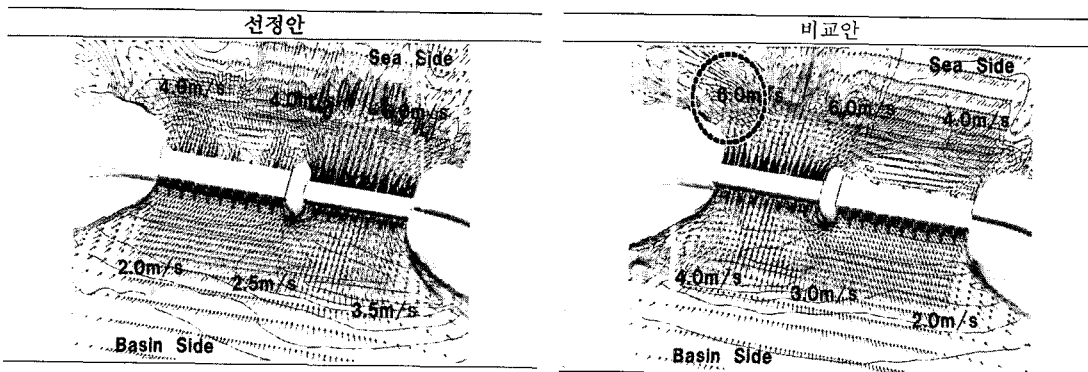


Fig. 3. 배수시 수리특성

4.2 평면배치

평면배치계획의 주요사항은 다음과 같다. 수차구조물과 수문구조물의 호수측 선형을 일치시켜 미관성을 양호하게 하였으며, 이에 따라 호수측 수문과 수차구조물의 크레인 및 스톱로그를 공용 사용을 계획하여 경제성을 확보하였다. 연결구조물 및 날개벽의 선형은 기존연구결과를 이용하여 결정하였고 수치 및 수리모형실험을 통하여 수리적 안정성을 확인하였다. 연결구조물 내부공간에 변전소를 설치하여 경관성을 제고하였다.

4.3 수차구조물

수차구조물은 최적개발규모로 검토된 25.4MW 급 Bulb형 수차발전기 10기를 기준으로 설계하였다. 수차발전기의 중심표고는 발전개시 시점중 가장 낮은 조위조건을 기준하여 파랑작용에 의한 공기혼입을 방지할 수 있는 적정위치로 결정하였고, 수차구조물의 폭은 발전기실 소요폭, 영구도로 및 유지관리 도로, 크레인폭등을 고려하여 결정하였다. 구조형식은 내부공간이 넓고 운영환경이 쾌적하며 발전시설과 도로가 분리되어 소음 및 진동을 최소화할 수 있고 장래 도로확장이 가능한 개방형 이층구조를 선정하였다.

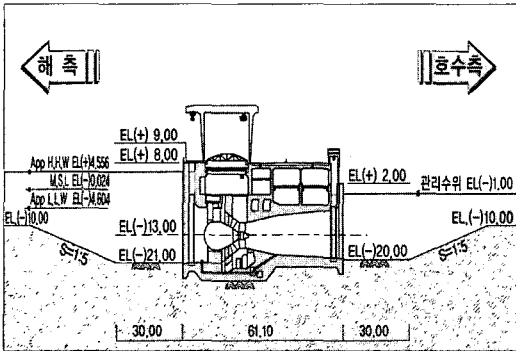


Fig. 4. 수차구조물 단면도

4.4 수문구조물

시화호 조력발전소는 창조식 발전방식을 채택하였으며, 이는 낙조시 수문과 수차를 개방하여 조지수위를 간조위까지 낮추어 창조시에 발전하는 방식이다. 낙조시 조지내의 해수를 외해로 방류하는 수문의 통수능력은 발전량 확보에 직접적인 연관이 있다. 본 설계에서는 수치 및 수리모형실험을 통하여 목표발전량을 확보할 수 있는 수문의

제원(B15.3× H12.0)을 결정하였고, 기존도로 및 유지관리도로의 수용이 가능한 컬버트형(B19.3× H24.0× L44.3)수문구조물 8련을 계획하였다.

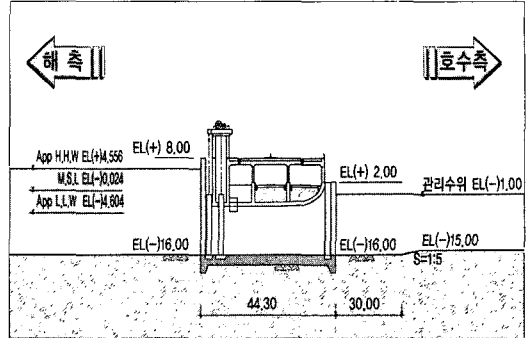


Fig. 5. 수문구조물 단면도

4.5 연결구조물

연결구조물은 발전 및 배수시 수류의 상호간섭을 방지하여 원활한 흐름을 유도할 목적과 수차구조물과 수문구조물의 기초 굴착심도 차이에 따른 구조적 문제를 해소하기 위하여 계획되었다. 형상 및 제원은 낙차 발전방식의 유입흐름에 관한 실험결과를 이용하여 이론적 검토를 통하여 결정하였고, 수치 및 수리모형실험을 통하여 흐름특성을 파악하였다. 검토결과 연결구조물 주변에서 흐름의 간섭과 와류는 발생하지 않았다. 연결구조물의 폭과 길이는 27.0m, 97.1m이고, 내부공간에 변압기실, 스톱로그 저장실, Drainage Sump를 계획하여 공간의 효율성을 증대시켰으며, 타원형 벽식 구조로 경암위에 구조물을 시공하여 안정성 또한 확보하였다.

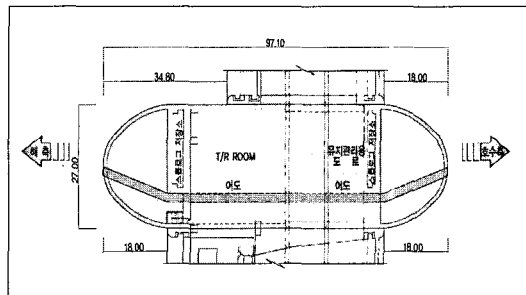


Fig. 6. 연결구조물 평면도

4.6 관광부지 계획

국제적인 발전소 해양관광개발을 고려한 시설로, 대규모 매립공사에 따른 해양오염을 방지하고 관광수요 또한 만족시킬 수 있는 적정규모인 68,100m²로 결정하였으며, 부지고는 발전소구역 기초굴착 토량의 효율적 활용방안과, 방조제구간의 동일표고로 인한 시각적 단조로움을 개선하기 위해 다양한 표고로 계획하였다. 또한 다양한 수변공간조성을 위한 구간별 기능을 부여하여 각 기능별 최적친수 호안설계를 수행하였다.

5. 사업의 효과

시화호 조력발전소가 가동하게 되면 시화호 내 수위는 최고 EL(-)1.0m에서 최저 EL(-)4.5m까지 변동하게되며, 조력발전소 운영전에 약425천m²의 조간대가 9,804천m²로 약23배에 해당하는 조간대가 새롭게 형성되는 것으로 검토되었으며, 발전량산정 시뮬레이션 결과 평상시 조력발전소 운영에 따른 연간배수량은 약51,074백만m³에 달하게 되어 시화호의 수질개선 및 생태복원 측면에서 긍정적인 효과가 있을것으로 예상된다.

조력발전소 완공후 5년간의 연평균발전량은 601.4GWh로 유류대체효과는 862배럴/년에 이를것으로 예상되며, 해양관광단지 조성으로 인한 연간 1,140,000명의 관광객의 유치로 지역경제활성화에 기여하며, 시화호의 친수공간 및 레포츠 공간 활용장소를 제공하게 될 것이다.

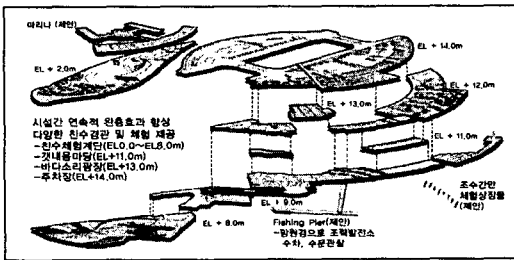


Fig. 7. 관광부지 개념도

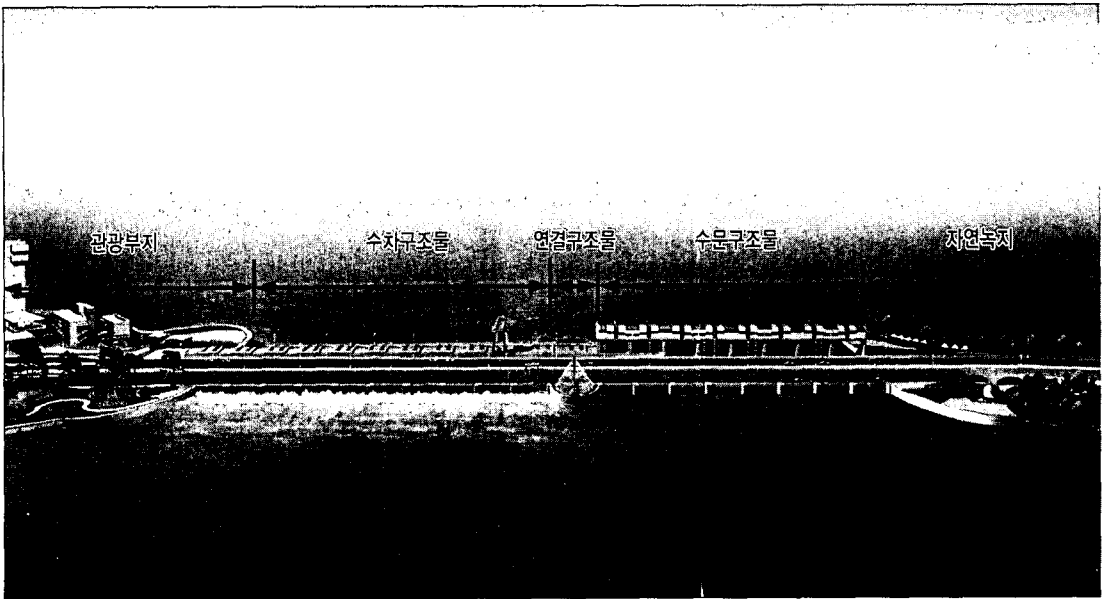


Fig. 8. 시설물 최종배치안

참고문헌

- 한국수자원공사 (2001). 시화호 최적관리방안 수립연구.
- 한국수자원공사 (2002). 시화호 조력발전소 건설사업 타당성조사 및 기본계획 보고서.
- 한국수자원공사 (2004). 시화호 조력발전소 건설공사 기본설계보고서.
- 한국해양연구원 (2003). 시화 작은가리섬 해상 1년조
석 관측 및 분석.
- 해양수산부 (2001). 해양에너지 실용화 기술개발(I):
조력·조류에너지.
- Baker A.C. (1991). *Tidal Power*.
- Bernshtein, L.B. (1978). *Tidal Power Plant*.
- Hydro Tasmania (2001). *Study of Tidal Energy
Technologies for Derby*.