

탄금호 조정경기장 조성공사 시공 VE 사례

글 이제훈 \ 탄금호 조정경기장 조성공사 현장 대리 \ 전화 043-848-8095 \ E-mail sssniper@ssyenc.com

1. 머리말

탄금호 조정경기장 조성공사 현장은 국제대회인 2013년 충주세계조정선수권대회를 개최하기 위해 조성되는 공사현장으로 대안 설계인 콘크리트 폰툰과 건물 4개동(그랜드스탠드, 마리나센터, 보트하우스, 피니쉬타워) 및 원안설계인 부지조성을 시공하는 현장이다.

당 현장이 위치한 충북 충주시 가감면 일대는 예로부터 한반도의 중심지역으로 여겨졌으며 현재에도 국보인 중앙탑 및 중원고구려 비를 비롯하여 삼국시대의 유물이 많이 발굴되고 있는 지역이다. 당 현장의 문화재 시발굴 조사결과 동일지역에 삼국(고구려, 백제, 신라)시대의 유물이 발견되어 문화재 보존에 따라 부지계획고가 약 1m 이상 올라가고, 마리나센터 및 보트하우스의 위치를 변경하는 등 설계의 약 70%가 변경되어 짧은 공사기간내에 설계변경을 진행하면서 바로 시공하는 방법인 Fast Track과 같은 방법으로 공사를 수행할 수 밖에 없었다.



[그림 1] 현장 조감도

2. 공사개요

(1) 공사개요

- ① 공사명 : 탄금호 조정경기장 조성공사
- ② 공사위치 : 충북 충주시 가감면 탑평리 탄금호 조정경기장 일대
- ③ 공사기간 : 2011. 04. 29 ~ 2012. 12. 31
- ④ 발주자 : 충주시

(2) 공사규모

- ① 토목
 - 부지조성 : 133,531㎡
 - 중계도로 : 2.4km (토공 : 1.0km, 부유식교량 : 1.4km)
- ② 건축
 - 건축면적 : 6,164㎡ (1,864평)
 - 연면적 : 9,769㎡ (2,955평)
 - 그랜드스탠드 : 3,279㎡ (2층)
 - 마리나센터 : 2,838㎡ (3층)
 - 보트하우스 : 3,436㎡ (2층)
 - 피니쉬타워 : 214㎡ (3층)

3. 현장 시공 VE

당 현장을 시공함에 있어 가장 중점적으로 검토한 내용은 공기 단축이다. 문화재 시발굴 조사지연으로 공사기간이 연장되어 17개월에서 20개월로 늘어났지만, 2012년 4월말에야 문화재를

복토할 수 있어서 실질적으로 공사를 수행하는데 주어진 기간은 약 8개월 가량이었기 때문이다. 또한, 문화재 때문에 설계의 약 70% 이상이 변경되어 짧은 기간내에 설계변경을 하면서 공사를 수행할 수 밖에 없었다. 그 중 몇가지 설계변경 사례를 설명하고자 한다.

3-1. 연결암거를 연결교대로 형식 변경

1) 개요

중계도로의 토공 접합부 및 콘크리트 폰툰과의 연결을 위하여 당초에는 연결암거 B(6.0m)×H(3.5m)×L(20.0m)로 설계되어 있었으나, 탄금호의 평균 수위가 EL.65.0으로 가물막이를 설치하지 않고는 시공이 불가능했으며, 기초 지반이 불량한 총적토층으로 부등침하가 예상되었다.

이에 따라, 연결암거를 연결교대 B(7.0m)×H(2.5m)×L(4.0m)로 변경하여 시공하기로 결정하였다. 기초 지반을 사석으로 치환하고, 가물막이를 설치하지 않고 탄금호의 수위가 가장 낮은

EL.63.2일 때 연결교대의 기초를 인근부지에서 제작, 크레인으로 거치 후 벽체 및 슬래브를 타설함에 따라 공기 및 공사비를 절감할 수 있었다.

3-2. 콘크리트 폰툰 진수 방법 변경

1) 개요

콘크리트 폰툰을 진수함에 있어 당초 설계에는 콘크리트 폰툰의 들고리에 Wire 50mm를 사용하여 크레인으로 진수하는 것으로 되어 있었다. 그러나, 현장에서 검토한 결과 콘크리트 폰툰에 하중이 집중되어 균열 및 뒤틀림이 발생할 수 있으며, 콘크리트 하중이 약120ton으로 Wire에 하중이 집중될 경우 파단이 생겨 안전상에 문제가 있을거라 판단되어 항만공사에서 많이 사용하는 조금구를 사용하여 콘크리트의 하중을 적정히 분산시키는 한편 Wire의 직경을 36mm로 변경하였다. BIM을 이용한 3차원 가상 현장 구현을 통해 장비 배치 계획, 가설시설물, 야적장 위치 등의 시각적 검토 후 콘크리트 폰툰을 진수하였다.

표 1 중계도로 접합부 변경사례

개선사례	당초	변경	비고
개요도			
형식검토	연결암거 : B(6.0m)×H(3.5m)×L(20.0m)	연결교대 : B(7.0m)×H(2.5m)×L(4.0m) + 사석치환	
금액검토	<ul style="list-style-type: none"> • 연결암거 설치비 : 49백만원 • 연결암거 자재비 : 37백만원 • 가물막이 설치비 : 50백만원 • 총 소요금액 : 136백만원 	<ul style="list-style-type: none"> • 연결교대 설치비 : 12백만원 • 연결교대 자재비 : 11백만원 • 사석운반비(자재비 무대) : 12백만원 • 총 소요금액 : 35백만원 	금액 : 101백만원 절감
공기검토	<ul style="list-style-type: none"> • 가물막이 설치 : 15일 • 기초 지반 정리 : 3일 • 기초 및 슬래브 타설 : 28일 • 뒷채움 및 되메우기 : 3일 • 총 소요일수 : 49일 	<ul style="list-style-type: none"> • 사석부설 및 면정리 : 3일 • 기초 콘크리트 타설 : 7일 • 교대 기초 거치(크레인이용) : 1일 • 벽체 및 슬래브 타설 : 7일 • 뒷채움 및 되메우기 : 3일 • 총 소요일수 : 21일 	공기 : 28일 절감
기능검토	<ul style="list-style-type: none"> • 기초지반이 총적토로 부등침하가 예상되어 사석 치환으로 부등침하 방지 • 연결교대 기초를 인근부지에서 제작 후 크레인으로 거치함으로써 공기를 단축하고, 물막이 미설치로 공사금액 절감 • 연결암거에서 연결교대로 변경함에 따라 설치비 및 자재비 절감 		

표 2 콘크리트 폰톤 진수 방법 변경사례

개선사례	당초	변경
콘크리트 폰톤		
진수방법	550ton 크레인 2대 + Wire 50mm 사용	550ton 크레인 2대 + 조금구 + Wire 36mm 사용
금액검토	대안설계로 공사금액 변동 없음	
가능검토	<ul style="list-style-type: none"> • 조금구를 사용하여 하중이 분산되어 콘크리트 폰톤에 하중이 균일하게 전달됨으로써 콘크리트 폰톤에 하중집중 및 균열, 뒤틀림 방지 • 조금구를 이용하여 Wire의 직경을 50mm에서 36mm로 변경하였으며, Wire의 파단 위험 방지 • BIM을 이용한 3차원 가상현장 구현을 통해 장비 배치 계획, 가설시설물, 야적장 위치 시각적 검토 	

3-3. 수로암거 암거(현장타설 → PC 암거설치)

1) 개요

당 현장 부지의 평균 수위는 EL.65.0이고 암거 기초의 레벨은 EL.63.5~64.0으로 가물막이나 가배수로 없이 시공하기에는 많은 제한이 있었다. 이에 현장타설로 계획되어 있던 암거를 PC암거로 변경하여 공사기간을 절감(당초 32일 → 2일)함에 따라 가

물막이 미설치 및 물푸기 비용을 절감할 수 있었으며, PC암거를 공장제작함으로써 품질을 향상시킬 수 있었다.

3-4. 마리나센터 및 보트하우스 기초형식 변경

1) 개요

당 현장의 문화재 발굴로 인하여 문화재 관련 마리나센터와 보트

표 3 수로 암거 변경사례



개선사례	당초(현장타설)	변경(PC암거설치)	비고
개요도			
시공순서	<ul style="list-style-type: none"> • 기초지반 정리 → 기초콘크리트 타설 → 벽체 및 슬래브 타설 → 뒷채움 및 되메우기 	<ul style="list-style-type: none"> • 기초지반 정리 → PC암거 설치 및 인장 → 뒷채움 및 되메우기 	
금액검토	<ul style="list-style-type: none"> • 암거 설치비 : 70백만원 • 암거 자재비 : 53백만원 • 가물막이 설치비 : 30백만원 • 총 소요금액 : 153백만원 	<ul style="list-style-type: none"> • PC암거 설치비 : 102백만원(자재비 포함) • 접합부 시공비 : 5백만원 • 접합부 자재비 : 3백만원 • 총소요금액 : 110백만원 	금액 : 43백만원 절감
공기검토	<ul style="list-style-type: none"> • 가물막이 설치 : 15일 • 기초지반 정리 : 5일 • 기초, 벽체, 슬래브 타설 : 32일(암거 3개소) • 뒷채움 및 되메우기 : 3일 • 총소요일수 : 55일 	<ul style="list-style-type: none"> • 기초지반 정리 : 5일 • PC암거 설치 및 인장 : 2일(암거 3개소) • 뒷채움 및 되메우기 : 3일 • 총소요일수 : 10일 	공기 : 45일 절감
가능검토	<ul style="list-style-type: none"> • 가물막이 미설치 및 물푸기기간 절감으로 원가 절감 • PC암거 공장제작으로 품질 향상 • 동바리등 미설치로 시공시 안전성 향상 		

표 4 기초 형식 변경사례

개선사례	당초	변경	비고
개요도	<p>토 사 지지층 말뚝 기초</p> <p>① 오거굴착 ② 오거인발 및 충전액 주입 ③ 최종경타 또는 시멘트 밀크 분출교반</p>	<p>케이싱 토 사 지지층 말뚝 기초</p> <p>① 오거(T4)굴착 및 케이싱 회전 삽입 ② 오거(T4)인발 및 충전액 주입 ③ 최종경타 또는 시멘트 밀크 분출교반</p>	
시공순서	<ul style="list-style-type: none"> Auger로 Preboring → PHC파일 삽입 → Auger 인발 → Cement Paste 주입하여 충전 	<ul style="list-style-type: none"> T-4(천공기)로 천공후 Casing삽입 → PHC파일 삽입 → Casing 및 T-4 천공기 인발 → Cement Paste 주입하여 충전 	
장점 및 단점	<ul style="list-style-type: none"> 소음 및 진동이 적음 공벽 붕괴의 위험이 있음 암반층에 시공 제한 	<ul style="list-style-type: none"> 모든 지층에 시공 가능 공벽 붕괴의 위험이 없음 Casing 삽입시 소음 발생 	
금액검토	<ul style="list-style-type: none"> PHC 파일 총 연장 : 961m SIP 공법 시공시 : 28백만원 	<ul style="list-style-type: none"> PHC 파일 총 연장 : 687m PRD 공법 시공 : 69백만원 증액 	금액 : 41백만원
가능검토	<ul style="list-style-type: none"> 지반이 사석으로 매립한 매립지로서 SIP공법 사용 제한 PRD공법을 사용함에 따라 공벽붕괴 위험이 없고 품질 향상 		

하우스 2개동에 대한 문화재청의 심의 결과, 문화재 보존으로 최종 결정됨에 따라 마리나센터는 당초대비 하상방향으로 36m이 동, 보트하우스는 당초대비 우향 10° 이동 및 파일 위치를 이동하여 시공을 실시하였다. PHC파일을 당초 SIP공법으로 시공하려고 하였으나, 지반이 사석으로 매립한 매립지형이기 때문에 암반 천공이 가능한 PRD공법으로 변경하여 시공하였다.

4. 탄금호 현장 특수구조물 부유식교량 (콘크리트 폰툰) 소개

4-1. 부유식 교량의 개요

- 부유식 교량이란 사하중과 활하중을 지탱하기 위해 물의 부력을 이용한 피어와 기초를 필요로 하지 않는 들보로 생각할 수 있다.
- 일반적으로 부유식 교량은 수심이 깊은 지역 또는 연약지반과 지진이 잦은 지역에 유리하며, 시공 기간이 짧고, 건설과정에서 환경손실이 적으며 주위 환경과 조화를 이루어 훌륭한 경관을 제공하는 이점이 있다.
- 해안과 항구지역 공간개발과 에너지개발의 증가를 충족시키기 위한 부유식 교량을 비롯한 부유식 도로, 수중 부유식 터널, 부유식 해상공항, 부유식 방파제 등 부유식 구조물은 상당한 가능성을 제공한다. 또한, 해양구조물인 부조식 구조물은 고정식, 매

립식에 비해 대수심이나 연약층 지역에서도 작업이 유리하다.

4-2. 당 현장 부유식 교량의 특징

표 5 부유식 교량의 특징

폰툰 제원	<ul style="list-style-type: none"> 40.0L × 7.0B × 1.15H/합 소요함수 : 42 합
구조형식 (콘크리트 폰툰)	<ul style="list-style-type: none"> 일체식 구조 차로폭 : B=7.0m (2차로) 격실 (종방향 : 3EA × 횡방향 : 11EA) 항주파영향
콘크리트 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> 고강도 콘크리트 ($f_{ck}=50.0\text{MPa}$)

4-3. 부유식 교량의 시공 순서

① 제작장 부지 조성

② 철근조립 및 가꾸집 설치

③ 콘크리트 타설

④ 양생

⑤ 가치

⑥ 진수

⑦ 게류파일 설치

⑧ 정가치

자재야적장 및 폰톤제작장 등 조성

강재가꾸집 설치, 콘크리트 피복두께 확보

밀면 및 모서리부의 충진관리
EPS재 부력방지를 위한 블록 재하

공장제재와 같은 양생환경 조성
사례분석에 따른 온도, 시간관리 준수

부유식교량의 하중과 작업조건을 반영한
장비 투입

진수시 조금구를 이용한 양중 및 진수

대형버지선에 의한 수평유지 및
항타시 수직도 관리

시공오차 최소화 -
밸런스 박스로 견현 유지

4-4. 시공단계 BIM 활용

3차원 가상현장 구현을 통해 장비 배치 계획,
가설시설물, 야적장 위치 시각적 검토

작업여건	인양검토편	작업여건	인양검토편
<ul style="list-style-type: none"> 가설높이: 3.4m 작업반경: 15.5m 부재하중: 188톤 	<ul style="list-style-type: none"> 하이드로: 470톤 볼길이: 21.4m 인양능력: 195.5톤 	<ul style="list-style-type: none"> 가설높이: 5m 작업반경: 27.0m 부재하중: 188톤 	<ul style="list-style-type: none"> 크롤러: 550톤 볼길이: 49.0m 인양능력: 190톤

장비 및 시뮬레이션을 통하여 작업반경 및
위험구역의 범위 사전파악 등으로 무재해 실천

4-5. 부유식 교량 연결 및 견현 유지

부유식 교량 연결 (커넥터 와이어 및 전단기 설치)

완중 고무

A Detail

B Detail

완중 고무

커넥터 와이어

전단기

C DETAIL

D DETAIL

부유식 교량(폰톤)의 수평동요저감을 통한 차량의 주행성능 개선

견현 유지 (밸런스 박스 설치)

부력조절로 구조물의 균형유지

5. 맺음말

당 현장은 짧은 공사기간내에 문화재까지 발굴되어 설계내용이 대부분 변경되어, 설계도면이 결정되면 바로 시공하여 공사를 수행하였다. 위에서 제시한 사례외에도 현재 실정보고 수십건이 진행중이며 설계변경 예정중에 있다. 위에서 제시한 개선사례들은 공기를 단축시키는데 상당히 큰 도움을 주었으며, 공기가 촉박한 타 현장에도 적용된다면 당사의 이익실현은 물론, 국가예산 절감 방안으로 제시함으로써 대관신뢰도 또한 증진시킬수 있을거라 기대된다.

또한 당 현장의 부유식 교량(콘크리트 폰톤)을 시작으로 좀 더 많은 부유식 구조물에 대한 연구와 품질개선, 시공경험 등으로 기술력을 축적하고 다가오는 부유식 구조물 시장에 준비를 하면 부유식 구조물에 따른 블루오션 시장이 열리지 않을까 기대해 본다.

마지막으로 짧은 공사기간내에 설계, 시공, 원가, 품질, 안전 모든 면에서 모든 직원이 합심하여 공사를 수행한 탄금호 현장 직원들 모두에게 박수를 보내고 싶다. S