

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

□ 평가항목 : 사전조사 및 설계기준의 적정성

1) 각종 현황조사 및 관련 계획 검토

- 투기장 1, 2구역 등 동일 해역 조건 내 유사시설 검토, 1단계 준설량 및 시기 검토, 후속 공정인 컨부두 1-1단계 등 주변 현황 조사 및 분석 적정
- 항만기본계획, 지역 관련 계획 등 상위 계획 검토를 통한 투기계획, 호안 단면 설계 반영 등 적정, 수토용량 재검토 및 기존 시설 이설 등을 위한 부산청 등 3개 기관 협의 사항 적정

2) 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료 조사

- 기초조사 용역 대비 수심측량 확대를 통한 투기장 호안 구역 지반고 상세 확인, 2구역 내 수토고 확인을 위한 지형측량 시행 등 적정
- 기초조사 용역 대비 시추 및 시험굴조사, 현장시험 등을 확대하여 현장 내 연약점토층 상세 확인 등 최적설계를 위한 기초자료 수집 적정
- 인근 투기장 내 호안 의 피해사례 조사 및 원인 분석을 통해 해당 현장의 시사점 도출 적정

3) 항만기능에 부합하는 설계기준 등

○ 설계기준 설정

- (설계과) 장기 구조물 안정, 마루높이 산정 등을 위한 50년 빈도 설계과는 기초조사용역에 비해 동일하거나 상향 설정하였으나 시공 시 안정검토를 위한 10년 빈도 설계과의 경우 2구간은 기초조사용역에 비해 작게 설정됨에 따라 남방과제 등 선행 공사 시행이 지연될 경우 시공 시 안정성 확보 대책 필요(공통질의를 통해 여유공기 3개월 반영하였음을 확인)

평가 사유

- (설계조위 등) 설계조위는 기초조사와 동일하게 도출하였으며, 설계풍속, 조류속은 기초자료조사에 비해 상향 설정하여 시공 중 안정성 확보 노력

○ 안전율 및 지지력 기준

- 안전율은 활동, 전도, 원호, 허용지지력 등 적정 설정하였으며, 허용 압밀 침하량을 기초자료조사보다 보수적으로 설정하여 안정성 확보 노력

○ 기타 설계조건

- 내진 등급을 기초조사는 II등급으로 설정하였으나 기본설계에서는 I 등급으로 설정하였고 여수토에 대한 내구수명도 별도 설정함

□ 평가항목 : 시설계획의 적정성

1) 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설 계획의 적정성

○ 해역특성을 고려한 구간별 대비방안

- 남방파제 및 남방파호안 케이슨 거치 전과 후 S계열 파랑 노출 조건 등 해상 조건을 고려하여 1구간, 2구간의 내습과 별도 설정

- 각 구간별 이상파랑 내습을 고려한 시공계획 및 피복재 규모를 차별화하여 설계하였으나 2차 이상파랑 내습시 설계과는 방파제 등 선행 공사의 케이슨 거치를 가정하여 산정함에 따라 미거치 시 대안 필요(공통질을 통해 여유 공기를 3개월 반영하였음은 확인)

○ 투기장 운영과 이용관리를 고려한 시설계획

- 태풍으로 인한 피복재, 상치 등 피해 현황과 준설토압, 부등침하 등 준설토 투기장에서 발생할 수 있는 사례 분석 및 이에 대한 주 검토사항 제시

- 피복석 규모 상향을 통한 시공, 운영 시 내파 안정성 강화, 블록식, 케이슨식 등 직립제의 단점을 보완한 광폭 사석경사제 도입, 배면 경사 완화, 3중 필터 시스템 적용 등을 대안으로 제시

- 기존 2구역 호안 증고 구간은 복합매트 대신 기존 필터매트를 적용하였으며, 호안 증고 단면 중 CD-4 구간의 경우 기초조사에 비해 침하 등 안정성 일부 저하 우려되나 지반조사 결과를 고려한 최적 단면임을 설명

평가 사유

2) 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

○ 진해신항 투기장 3구역 개발시기 검토

- 최근 부산항 신항 및 진해신항 항만개발 여건 변동을 반영하여 향후 발생 가능한 준설토량과 투기 시기를 검토하였으며, 검토 결과에 따라 '29년까지 신항에서 5,998천 m^3 , 진해신항에서 32,306 m^3 발생하는 것으로 산정
- 동 준설토 투기를 위해 '26년부터 2구역 증고구간, '27년부터 3-1 구역 내 투기 필요함을 산정, 적절하게 제시

○ 투기장 2구역, 3구역 수토용량 검토

- (2구역 증고) 최신자료와 라이다 측량 결과를 적용하여 총 수토량을 적절히 재산정하였으며 기초자료조사 용역에 비해 소폭 감소
- (3구역) 기초조사 시 수토용량 산정방안의 오류사항을 제시하고 수심측량, 등고선법 적용 등을 통해 수토용량을 재산정하였으며, 금번 설계에서 제한한 광폭 단면을 적용한 수토량 감소 여건 등을 상세히 반영함. 그 결과 기초조사에 비해 31,513천 m^3 수토용량 감소

○ 수토용량 확보계획 검토

- 기초조사 대비 수토용량이 감소하였으나, 전체 준설토 발생량의 투기가 가능함을 제시하고, 투기시기를 고려하여 3-1구간 선조성 계획 수립
- 기초조사 대비 감소한 수토용량 확보를 위한 대책은 미제시

3) 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성

○ 기존 시설물과의 연계성

- 2구역 투기장과의 접속부 구간에 설치된 기존 TTP는 제거 후 투기장 1구역 방파호안 전면 보강용으로 이설 계획 수립하였으며, 방파호안의 현황 등을 고려 시 적절
- 기초자료조사에서는 준설토 2구역 서측호안과의 접속부에서의 준설토 유출 방지를 위해 CGS공법을 제안하였으나, 기본설계에서는 전 구간 필터 및 차수 매트 적용으로 제안
- 해저 관로 설치 현황, 등록 사항 정정 대상 토지 등 검토 적정

평가 사유

○ 장래 계획과의 연계성

- 기초자료조사 용역에서는 블록식 단면으로 제안하였으나 기본설계에서는 무상치 광폭 사석경사제로 설계하여 상치 콘크리트에 대한 유용, 순환골재 처리 등이 불필요하며, 향후 부지조성 시 상부 사석을 전부 1-2단계에 유용하는 것으로 설계하여 공사비 절감 제안
- 장래 투기 완료 후 부지 조성을 위한 재하성토 등을 감안한 경우에 대한 안정성 검토 결과 얕은 파괴, 깊은 파괴 등에 대해 모두 안정성 확보한 것으로 제시
- 진해신항 컨부두 1-2단계 개발 시기('28) 등을 감안하여 여수토 위치 및 용량 등을 검토 제시하였으며, 장래 부두개발에 필요한 부지개량(PBD)을 고려하여 DCM 부상토 우선 제거

□ 평가항목 : 단면선정의 적정성

1) 구간별 단면선정의 적정성

○ 주요기준 적용사항

- (설계조위) 해수면 상승고를 50년 빈도로 적용하여 설계고조위를 기초자료조사에 비해 작게 산정하였으나 기초조사 결과치를 적용
- (마루폭) 양방향 공사차량 통행을 위해 8m로 확보
- (설계파) 각 시기별 이상파랑 직접 노출을 고려한 설계파를 적용하였으나, 2구간 시공 시 설계파를 기초자료조사에 비해 작게 산정하였으며, 방파제 등 선행 공사의 미시행 시 대안 필요(공통질의를 통해 여유 공기를 3개월 반영하였음은 확인)
- (피복석) 이상파랑 고려, 기존 준설토 투기장 피해사례 등을 감안하여 기초조사 대비 확대하여 1m³으로 설계
- (준설토 유출방지공) 기초자료조사 시 필터사석과 필터매트로 설계하였으나 기본설계에 필터 사석, 복합매트, 보호압사석 등 3중 필터로 강화
- (기타) 내진기준 상향 및 허용 잔류 침하량 강화 등 개선

○ 해역특성을 고려한 단면 선정

평가 사유

- 외곽시설 미설치시 외해로부터 S계열 파랑에 직접적으로 노출되는 현장여건을 고려한 호안 단면을 설정
 - 기초조사시 제안한 피복석 규모에 대한 수리모형 검증을 통해 피복석 이탈이 확인, 안정성 확보를 위해 피복석 상향, 시공 단계 조정 등 제안
 - 남측 방파제, 방파호안 등 시공 일정을 감안한 시공 시 설계파를 적용함에 따라 시공일정 지연에 따른 대책 검토 필요(공통질의를 통해 여유 공기를 3개월 반영하였음은 확인)
 - 인근 투기장에서 발생한 내부 필터 탈락 등에 따른 준설토 유출 사례 등의 방지를 위해 필터사석+복합매트+보호압사석 등 3중 필터시스템을 제안, 주변 개발행위 동시 진행에 따른 적출장 부족을 감안하여 남킨 적출장 추가 제안
- 단면 구조형식 예비선정
- 단면 구조형식은 블록형 사석경사제, 사석경사제, 케이슨식 등 6개 안의 예비단면을 선정하고 안정성, 경제성 등 8개 항목별 비교 평가결과 제시
 - 블록형 사석경사제, 사석경사제, 덤벨형 사석경사제에 대해서는 안정검토 및 수리모형실험 시행하였으며, 세 가지 대안 모두 안정한 것으로 확인
 - VE/LCC 분석 결과 가장 우수한 무상치 광폭 사석경사제를 단면 확정하였으며, 수리모형실험 결과를 반영하여 소단 높이, 피복석 규모 등 조정
 - VE/LCC 분석 시 단면별 확보 가능한 수토량 차이 등은 미반영
- 투기장 호안 단면 개선사항
- 기초조사 대비 마루폭, 피복석 규모, 준설토 유출 방지공, 지반처리 등을 개선하여 반영하였으나 시공시 2구간 설계파 검토 필요
 - 기초조사 단면으로 제시된 블록식 사석경사제에 비해 향후 부지조성 단계에서 블록 유용이나 순환골재 처리 불필요, 상부 사석 전량 유용 등 경제성 개선사항을 제시
- 2구역 호안 증고단면 산정 및 개선사항
- (CD-4호안) 원안은 토석경사제로 설계되었으나, 지반조사결과를 반영한 단면 최적화를 위해 하부 강제치환 미설시 단면으로 제안. 하부 치환 미설시에 따른 침하 안정성에 대한 검토 결과 미제시

평가 사유

- (서측·남측 호안) 원안은 현장타설 블록식이었으나, 기본설계에서 사석경사제식으로 제안하였으며, 순환골재 처리량 최소화 등 VE결과 제시

2) 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

○ 단면의 시공성 확보방안

- 광폭 사석경사제 단면 축조를 위한 DCM 전용선, 사석시공 선단 등의 투입계획을 제시하였고 인근 개발사업 중복 등에 따른 적출장 부족 문제 해소를 위해 남측 적출장 추가 조성 제시
- 남측 방파제 등 시공일정을 고려하여 각 이상파랑 내습시기를 고려한 단계별 시공방법을 제시하였으나, 방파제 등의 케이슨 거치 지연 등 여건 변경 발생 시 시공방법 미제시(공통질의를 통해 여유 공기를 3개월 반영하였음은 확인)

○ 유지관리 용이성 확보방안

- 상부폭을 8m로 확보하여 단면안정성을 강화하고 사석경사제 적용으로 부동침하 위험 저감 제시하였으며, 피복석, 지반 처리 등 기초조사설계 대비 안정성 증대를 통한 유지관리가 최소화됨을 제시

3) 시공 중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

○ 시공 중 이상파랑 내습 시 안정성 확보 방안

- 남측방파제, 방파호안 등의 케이슨 거치 일정을 고려한 이상파랑 내습 조건을 산정하였으며, 동 이상파랑에 대한 안정성 확보를 위해 단계별 시공방안을 도출
- 1차 이상파랑 내습시 안정성 확보방안은 수리 실험 등을 통해 적정성 등을 제시하고 있으나, 2차 이상파랑 내습시 안정성 확보방안은 남방파제 등의 미시공에 따른 여건 변경 시 대안 미포함(공통질의를 통해 여유 공기를 3개월 반영하였음은 확인)

4) 상부시설 계획의 적정성

○ 상부시설 배치계획

- 호안 조성 및 투기 시 작업자 및 관리자의 이용성과 안전성을 확보하기 위한 상부 계획 제시, 기초자료조사에 비해 회차장, 해충퇴치기 등 추가 확보

평가 사유

○ 상부시설 세부계획

- 광포 사석경사제 적용으로 양방향 통행 가능, 회차장 추가 확보에 따른 안전사고 예방, 해충발생 확인을 위한 CCTV 및 퇴치기 설치 확대

□ 평가항목 : 구조물 세부설계의 적정성

1) 설계외력 및 구조물 세부설계

○ 설계고조위 등 결정

- (설계고조위) 설계기준에 제시된 5가지 방법 중 지진해일고 반영방법을 제외한 4가지 방법으로 설계조위 결정 후 50년 빈도 해수면 상승고 적용하여 고조위를 산정한 결과 3.711m로 기초자료조사에 비해 작게 산정되었으나, 동등이상 조건 적용을 위해 기초자료조사 적용
- 기초자료조사에서는 매미 내습 시 남방과제, 방파호안, 투기장 완공 시 가장 폭풍해일고가 높은 것으로 산정하였으나, 기본설계에는 동 케이스는 미실험(결과 차이는 미미)
- (마루높이) 이상조위, 파랑 등의 자연상황과 인근지역 적용사례, 항만개발 계획 등을 고려하여 5가지 방안으로 산정
- 입찰안내서 제한 사항을 적용하여 DL+9.00m로 결정, 제안 단면형식에 마루높이 적용한 수리모형실험 결과 월파가 없어 배면 안정성이 확보되는 것으로 제시

○ 안정성 검토

- (원호활동) 3구역 투기장 1, 2구간에 대하여 투기장 축조 완료 시, 투기 완료 시에 더해 향후 부지개량을 위한 상재하중을 반영한 원호활동 안정성 검토 실시하였으며, 각 안전율을 확보하는 것으로 제시
- (침하 및 부등침하) 1, 2구간 잔류침하량은 0.41m~1.49m로 기준으로 제시한 5.00cm를 모두 만족하며, 종방향 각변위차 최대 1/1,680으로 기준치인 1/500을 만족하여 안정한 것으로 제시
- (파이핑 안정성) 1, 2구간에 대한 침투해석에 의한 파이핑 검토 결과 한계 유속 및 한계 동수경사 이내로 모두 만족하여 안정성 확보한 것으로 제시

2) 피복재 및 세굴방지공 등 기타설계

평가 사유

○ 피복재 결정

- 시공시 외곽시설(남측방파호안 및 남방파제) 축조 상황에 따른 구간별 파고를 적용하여 피복재 규모 및 시공순서 등 결정
- 남방파제 축조전 이상과랑 내습을 고려하여 1구간 제체 사석을 DL-5.00m로 시공하는 것으로 제안하였으며, 1, 2구간 피복석 규모를 확대하여 1.00 m³로 설정 제시, 기초조사 대비 큰 규모로 확대되었으나, 계산식에 의한 도출 결과 대비 안전율은 크지 않음
- 2구간 시공 시 남방파제 등 케이슨 거치 지면 시 안정성 확보 여부 미제시 (공통질의를 통해 여유 공기를 3개월 반영하였음은 확인)
- 여수토 토출구 흐름을 고려한 피복재 규모를 적정 제시(흐름에 대한 사석의 안정질량 산정식에서 수로상 사면의 경사(θ) 적용에 일부 오류 있으나 피복재 규모에는 영향 없음)하였고, 피복석 이탈 방지를 위해 토출구 저면에서 DL+0.00, 구간을 수중 채움콘크리트 적용하여 피복석 일체화 노력(기본설계서에 필요시로 반영되어 실시설계에 반영하는 것으로 이행확약)

○ 세굴방지공

- 기초자료조사에서는 세굴방지공이 불필요하는 것으로 제시, 기본설계에서는 필요한 것으로 제시되어 DCM 부상토를 개량 유용하는 것으로 제시
- 수치모형실험 결과에 따르면 북측방파호안 서측 접속부 전면에서 최대 국부 세굴심이 발생하는 것으로 확인되었으나 2.03m이상의 두께로 DCM 부상토 개량 유용 시 세굴의 영향은 없는 것으로 제시

○ 준설토 유출방지공

- 3구역 호안의 투기장측은 준설토 유출 방지를 위해 께뚝림 저항력과 완충 효과가 큰 복합매트(100KN/m)를 제시
- 복합매트 상층에 보호압사석을 거치, 3중 필터시스템을 구축하여 수위차에 의한 전수압 대비 저항력이 큰 것으로 제시

○ 북방파호안(서측) 접속부 사석재 검토

- 북측방파호안(서측)과 접속 시 통수면적 감소로 인한 유속증가에 대응한 재체의 안정성 검토 결과 사석의 안정질량을 충분히 확보하였고, 시공 편의성을 고려하여 소조기 접속하는 것으로 시공계획 수립

평가 사유

○ 적출장 및 기타시설계획

- 기존 적출장인 안골적출장 사용 선석 부족과 송도적출장의 컨부두 건설에 따른 편입 등으로 사용이 어려움에 따라 신규 적출장 위치를 검토
 - 남권에 적출장을 설치하는 것으로 제안하였으며, 바지선 견인력 및 상재하중 등 검토결과 안정성 확보한 것으로 제시, 부산항 신항 진입항로를 고려한 해상교통 혼잡, 육상 운반 시 교통혼잡 유발 등에 대한 대책 필요
 - 입찰 안내서 제시 내용에 따라 준설토 육상투기여건을 고려하여 투기용 적출장 활용이 가능한 대규모 회차장 3개소 설치
- (오탁방지막 및 등부표) 오탁방지막 및 공사용 등부표는 예정공정 및 외력조건 등을 고려하여 단계별로 설치하는 것으로 계획하였으며, 오탁방지막의 구조검토 및 부유사 확산 효과 등 적정 제시

□ 평가항목 : 수치 및 수리모형실험의 적정성

1) 수치모형 실험의 적정성

○ 설계과 정밀검토

- (실험조건) 재체 안정성 분석을 위한 해측 설계과 실험조건은 남측에 시공 예정인 방파제, 방파호안, 컨부두 등의 건설 시기를 고려하여 다양한 실험조건을 적용하였으며, 투기장측 안정성 검토를 위한 조건도 추가
- (단계별 설계과) 남측 방파제 등 적용 조건을 고려한 시공 중 설계과는 10년 빈도 설계과를 적용 산정하고, 축조 후 안정성 검토는 50년빈도 설계과와 바람장에 의한 추산방법으로 산정하였으나, 시공 중 설계과의 경우 남방파제 등 케이스 적용 지연 등을 고려한 대안 미제시
- (검토결과) 해측 설계과는 태풍 매미를 적용한 바람장에 의한 추산방법이 가장 크게 산정되었으나, 이는 100년 빈도로 임시호안인 투기장의 성격을 고려하여 기초조사와 동일하게 50년 빈도 심해설계과 추산방법을 적용하였고, 호안 투기장측은 10년 빈도 W~NNE 풍파에 의한 추산방법을 적용

○ 해양환경분야

- (해수유동/침퇴적) 현상대 대비 준설토 투기장 및 남방파제 등 외곽시설 건설 후 상태를 비교할 경우 최강 조류속은 4cm/s정도 증가하고, 서측과 항 입구부에 연간 5~10cm 침식 발생한 것으로 제시

평가 사유

- (부유사/여수토 확산) 투기장 시공 시 시행되는 주변 건설공사의 현황을 고려하여 부유사 발생량을 제시하였으며, 오탉방지막 효율 등 고려 산정, 여수토는 가장 취약한 여수조건과 10년빈도 강우 등을 적용하여 확산 검토

○ 특화분야

- (해일고) 폭풍해일고 산정을 통해 설계조위에 활용하였으나 기초자료조사 용역에 비해 가장 취약한 조건은 배제하여 작은 값으로 산정(차이는 미미) 되었으며, 지진해일고 산정을 통해 내진 해석에 활용
- (세굴 등) 여수관로 유출 흐름 분석을 통해 오탉방지막 안정성 확보 계산 및 최대 세굴심을 계산하였으며, DCM 부상도 개량유용 심도를 고려할 때 안정성을 확보한 것으로 제시하였으며, 북측방파호안 접속부의 흐름분석을 통해 최대 세굴심을 산정하고 세굴방지공의 적정성 검토 시행

2) 수리모형실험의 적정성

○ 단면 수리모형실험

- 투기장 호안 단면 선정을 위해 블록식 사석경사제, 사석경사제, 덤벨블록식 사석경사제에 대한 불규칙 파랑에 의한 수리특성 및 안정성 검토 시행
- 기본설계안에 제시된 사석경사제에 대한 수리실험 결과 시공단계 설계과 내습 시 피복석이 이탈함에 따라 피복석 규모를 상향하고 광폭 상치 적용으로 율파가 발생하지 않도록 설계
- 기초조사 단면 적용 시 투기장측 필터사석 붕괴 현상을 확인하여 보호압사석을 적용한 안정성확보 방안 제시

○ 평면 수리모형실험

- 가장 취약한 조건으로 예상되는 북측방파호안과의 접속부 수리특성 및 안정성 검토를 통한 평면계획 수립을 위해 평면 수리모형실험 수행
- 북측방파호안 접속부 완공 후 회절파 외력에 의해 기초조사에서 제시한 피복석 이탈을 확인하여 피복석 규모를 상향하고 오목부 파랑 집중 확인됨에 따라 1공구 TTP 보강 제시

3) 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

평가 사유

- 파랑과 조류, 조위 및 부유사 등은 관측치와 수치해석 결과를 비교 시 신뢰성을 확보함을 제시하였고, 수리실험의 경우 파랑, 모형제작 등을 정밀하게 재현하여 단면 및 평면계획의 신뢰성 확보

□ 평가항목 : 부대시설의 적정성

1) 여수토, 구조물 표지시설 등의 적정성

- 여수토 계획의 적정성
 - 환경영향평가 협의 의견과 투기장 호안 1공구에 반영되어 있는 내부가호안 임시여수토 계획 등을 감안하여 1, 2구간 여수토 위치 제시
 - 2구간 여수토는 내부가호안의 방제 여수로 설치를 고려하여 투기장 3구역 전체를 대상으로 강우배제 유역을 산정하여 기초조사용역 대비 여수토관을 5기 증설하였으며, 최신 강우강도 자료 적용
- 구조물 표지시설의 적정성
 - 공사중 주변 통행선박 및 주·야간 안전성 확보를 위해 오탃방지막 위험표시등, 앵커 부이, 스마트 공사용 등부표 설치 계획을 제시하였고, 호안구조물 확인을 위한 등주 이설계획도 적정 제시

2) 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

- 공사장 주변 적출장의 활용현황 등을 고려하여 남긴 적출장을 추가로 신설하는 것으로 제안하고 대규모 회차장 조성을 통한 작업공간 확보 제시
- 관리용 차량의 회전반경을 고려하여 사업지 내 3개소의 회차장을 설치, 규모를 확대하고 해충퇴치 및 안전시설 등 적정 제시
- 남긴 적출장 이용 시 부산항 신항 진입항로를 고려한 해상교통 혼잡, 육상운반 시 교통혼잡 유발 등에 대한 대책 필요

□ 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성

1) 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리자의 동선과 작업공간을 확보하기 위해 투기장 호안 전구간에 양방향 차로를 신설하고 사업지 내 회차장, 작업기지 설치

평가 사유

- 지능형 CCTV, 자동화 변위 계측기, 여수토 부속시설 등 설치로 시설물 유지관리 편의성 도모
- 인근 투기장 피해사례 확인 및 원인 분석 등을 사전에 시행하고 대안을 제시하여 피해 발생에 따른 유지관리 비용 최소화 방안 제시하였으며, 특히 무상치 광폭 사석경사제 단면 적용으로 시공비용이 증가하나 장기적 유지관리 비용절감 가능 방안 제시
- 실제 유지관리가 필요한 경우 비용을 최소화할 수 있는 유지관리차원에서의 대안 제시는 미흡

2) 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- BIM 활용 수토량 분석, 라이더 측량 도입을 통한 정확한 수토용량 재검증하였으며, 무상치 광폭 사석경사제, 체체부 3중 필터시스템 도입으로 체체 안정성 강화
- 스마트 부유사 모니터링, IoT 연계 미세먼지 관리, 다기능 여수토 등 도입으로 해상, 대기 환경 개선 및 대구경 DCM, 3D MG 자동화 장비 도입으로 시공성 개선
- 오락방지막 위험표시, 스마트 안전모·밴드, IoT 통합 해상관제시스템 도입 등을 통해 시공 중 안전 확보

3) 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

- (해충방역) 해충피해사례 및 방제기준을 분석하여 4단계 해충방역 시스템을 수립하였으나 본 사업 시행시 제시할 수 있는 해충퇴치기 기능 개선 등에 대한 검토는 미흡하며, 2투기장 증고 과정에서 기존 해충퇴치기 사용 불가에 따른 대안 제시도 미흡, 방제여수로 등을 통한 물리 방제 적용 시 투기장 내 흐름 분석도 구체성 미흡
- (관리방안) 보안문 및 CCTV로 상시 투기장 출입관리를 제안하였고 수토히호안안정성 확인을 위한 드론 측량과 계측장비 등을 제안하였으나 금번 시공에서 포함하는 사항인지 모호하게 제시되었으며 투기장 관리의 특성 상 투기장 내측 제체를 통한 투기장 내 접근을 위한 접근로 계획 등 미흡

□ 평가항목 : 경제성(VE/LCC)분석을 통한 시설물 계획의 적정성

1) 경제성 분석기준, 절차의 적정성

평가 사유

- VE의 경우 국토부 지침, 매뉴얼에서 제시한 수행기준을 준수하였으며, LCC 분석도 항만분야 예타 수행 총괄지침 등 관련 기준 준수

2) 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 각 분야별 총 25건의 아이디어를 도출하여 VE/LCC 분석을 수행하였으며, 성능 34.1% 향상 및 LCC 4.4% 절감으로 가치 70.6% 개선한 것으로 제시
- (핵심 아이디어) 준설토 투기장 피해사례 분석과 장래 부지개발 시 유용성 고려 등을 통해 무상치 사석경사제를 제안하여 성능이 62% 향상되었으며, 피복재 규모와 마루폭 확대를 통해 가치가 각각 13.4%, 14.7% 향상
- (주요 아이디어) 3중 필터시스템을 적용한 준설토 유출방지공, 서측호안增高형식 변경 등을 통해 가치 향상되었으며, 시공성, 내구성 개선을 위한 다양한 아이디어도 반영

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 김원중

(인)

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

1. 평가 개요

- (목적) 최첨단 스마트물류허브 항만인 부산항 부산항 진해신항의 적기 개발시 발생하는 준설토 처리가 필요하며, 부족한 투기장 확보를 위해 전면 해역에 준설토투기장 (호안 2,493m) 건설
- (총사업비/공사기간) 3,617억원/ 착공일로부터 42개월 이내
- (사업내용)

구 분	수 량	내 용	비 고
투기장호안	2,493m	· 준설토투기장 조성을 위한 호안구조물	
부대시설	1식	· 오탉방지막, 여수토, 항로표지시설, 투기장2구역 증고, 지장물처리계획 등	

2. 세부 항목별 평가

1. 사전조사 및 설계기준의 적정성

1-1. 각종 현황 및 관련계획 검토

- 각종 현황조사
 - 부산항 신항 기존시설 및 진해신항 계획시설 현황 분석
 - 부산항 신항 : 남컨베이어부지 / 부산항 진해신항 : 투기장 1,2구역, 북측방파호안, 남측방파호안, 남방파제, 킨부두 1-1 및 1-2단계, 1단계 준설토
- 관련계획 검토
 - 상위계획(3건), 지역 관련계획(5건), 항만 관련계획(6건)
 - 수토용량 재산정 및 투기계획 재분석
- 관계기관 협의결과 반영(3개 기관, 7개)
 - 인근 제작장 및 적출장 사용가능 여부, 기존 등주·해충퇴치기·CCTV 이설 협의 등
- 투기장호안 시공 및 피해 사례조사 : 24건
 - 내파안정성 확보 방안, 준설토유출 방지대책, 보호압사석 등 배면 보호대책 등

◆ 평가의견

- 기초조사 대비 주변시설 현황조사, 관계기관 협의, 시공 및 피해사례 조사분석 등 상세한 조사분석을 수행함

1-2. 수심 및 지형측량, 수중위험물, 지장물 등 기초자료 조사

- 수심 및 지형측량 : 멀티빔(11,228,000m²), 투기장 2구역 서측·남측호안 현황 및 수토포 확인
 - 투기장 호안(수심) 1구간 : DL(-)9.0~13.1m / 2구간 : DL(-)13.1~24.0m
 - 2구역(지형) : 남측호안 DL(+)1.3~옹동투기장측 DL(+)8.0m
- 지반조사 : 시추조사 32공(해상), 시험굴조사 2개소(2구역), 현장 24종, 실내 17종
- 수중위험물, 지장물 등 조사
 - 수중위험물 : 해저가스관로(DCM 장주 추가 2~4열 블록식 보강→ 하중분산)
 - 수중지장물 : 인공어초 201개 (2공구 사업구역과 간섭 없음)
 - 투기장2구역 지장물 : 표지판 10개, 등대(등주) 1개, 유문등(해충퇴치기) 24개, 구명부환 3개, CCTV/스피커 5set, 기타 116개로 총 159개

◆ **평가의견**

- 수심 및 지형측량, 지반조사, 수중위험물 및 지장물 조사 등을 기초조사 대비 추가적으로 실시함

1-3. 항만기능에 부합한 설계기준 등

○ 설계파

구분		50년	10년	10년(투기장내측)
1구간	파고	2.2m	3.3m	0.6m
	주기	16.5s	14.4s	4.6s
	파향	S	S	NNE
2구간	파고	2.0m	2.8m	0.6m
	주기	16.5s	14.4s	4.6s
	파향	S	S	WNW
적용	구조물안정, 마루높이산정	오타방지막, 시공시안정검토	보호압사석 검토	

- 설계조위 : AHHW 1.906m + 폭풍해일고 1.541m + 해수면상승고 0.351m = 3.798m
- 설계풍속 : 최대풍속 26.1m/s(S), 순간최대 60.0m/s(SE), 평균 3.4m/s
- 조류속

구분	1구간	2구간	북측방파호안 접속부
조류속	72cm/s	92cm/s	75cm/s
설계적용	오타방지막		시공중 사석안정검토

○ 재료의 단위 중량

구분		무근con'c	철근con'c	석재	준설토	사석	해수
단위중량 (kN/m ³)	수상	22.6	24.0	26.0	15.0	18.0	10.1
	수중	12.6	14.0	16.0	4.9	10.0	

○ 콘크리트 설계기준 강도

구분	적용조건	설계강도(MPa)
무근	-	30
철근	여수토	35

○ 상재하중

구분	상시(kN/m ²)	지진시(kN/m ²)	견인력(kN)
투기장호안	15.0	7.5	-
남권 적출장	15.0	-	500

○ 허용침하 및 변위 : 잔류침하 및 각변위 기준강화로 유지관리 최소화

구분	허용잔류침하량	수평변위(상시/지진시)	허용각변위
투기장호안	5.0cm	10cm/20cm	1/500

○ 내진설계조건

구분	등급	성능수준	재현주기	유효수평지진가속도	최대가속도	동적변위
북측방파호안	I	붕괴방지	1,000년	0.124g	0.176g	10cm이하
내부가호안	II	붕괴방지	500년	0.088g	0.162g	10cm이하

○ 내진기준 : I 등급, 지표면 최대가속도 0.173g

○ 내구등급 : 1등급, 목표내구수명 100년 이상(여수토 적용)

◆ 평가의견

- 투기장 내측 보호사석 검토를 의한 설계과, 구간별 조류속, 남 '권' 적출장 견인력 등을 추가 검토하여 설계를 수행하였으며, 기초조사 대비 허용침하 및 변위기준 강화, 내진기준 상향(1등급), 내구등급(1등급) 적용 등을 설계에 반영함

2. 시설계획의 적정성

2-1. 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설계획의 적정성

- 해역특성을 고려한 시설계획 : 남방파제 및 남방파호안 케이슨 축조 전 S계열 파랑에 노출에 따른 구간별 보강계획 수립
 - 1차 이상파랑(25.9~10월) 파고(H1/3=3.30m)내습 대비 DL(-)5.0m 이하 시공
 - 2차 이상파랑(26.9~10월) 파고(H1/3=2.80m)에 대응하는 피복석 1.0m³급 전구간 적용
- 이용관리를 고려한 시설계획
 - 투기장 조성
 - 투기장 3구역 : 피복석 1.0m³급, 102.9m 광폭 사석 경사제, 소단 DL(-) 6.0m, 배면경사 1:1.5, 3중 필터 시스템(필터사석+복합매트(100kN/m)+보호압사석)
 - 투기장 관리 및 유지보수
 - 투기장 3구역 : 마루폭 8m(양방향 통행), 여수토 2개소
 - 투기장 2구역 남측호안 : 기존상치 5.0m+증고 폭 4.5m 추가(양방향 통행)

◆ 평가의견

- S계열 파랑에 노출에 따른 구간별 보강계획 수립, 피복석 상향(1.0m²급), 광폭 사석경사제, 배면 경사 1:1.5, 3중 필터 시스템, 마루폭 8m(양방향 통행) 확장 등을 통해 구조물 안정성 증대함
- 다만, 향후 투기장 관리 및 유지보수 측면에서 도로 등으로 이용시 무상치 단면구조의 측면부 유실 등에 대한 보완 방안은 필요할 것으로 판단됨.

2-2. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

- 진해신항 투기장 3구역 개발시기 검토 :
 - 부산항 신항 및 진해신항 항만개발 여건 변동을 반영한 발생가능 준설토량 및 투기시기 검토
- 수토용량 검토
 - 투기장 2구역 : DL(+)^{7.00m} 잔여수토량은 '24.1월 기준 4,795천m³이며, 금회 증고단면(사석경사제) 적용 시 총 수토량 6,261천m³ 최종 확보
 - 투기장 3구역 : 수심오류 및 호안제체 고려한 결과 수토용량 감 4,803천m³
 - 단면 증대 → 수토량 31,513천m³ 확보(3-1 : 12,314천m³, 3-2 : 19,199천m³)
- 수토용량 확보계획 검토 : 준설토 수토계획에 부합하는 용량 확보
 - 투기장 호안 1구간 '26년내, 2구간 '28년 1월 축조 완료 후 적기수토

◆ 평가의견

- 진해신항 개발시기 검토, 이에 따른 수토용량 및 수토용량 확보계획을 검토하여 설계에 반영하였으나, 투기장의 기본기능인 수토용량은 기초조사 대비(수심오류 등을 반영시도) 부족한 것으로 검토됨
- 입찰안내서에 따르면 기존 도서(부산항 진해신항 준설토 투기장(3구역) 호안(2공구) 축조 공사 기초자료조사 보고서 등)내용을 참고하여 동등 이상의 성능 및 재질과 공법으로 설계·시공하여야 하므로 수토용량 또한 기초조사 대비 동등이상의 확보가 필요할 것으로 판단됨

2-3. 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성

- 기존시설물과의 연계성
 - 투기장(2구역) 기존 TTP 제거 후 송도 투기장 외곽호안 전면으로 유용
 - 필터&차수메트(3-1구역 접속부 서측호안 전구간), 해저관로 암반 하부 28.48m 위치(검토결과 구조물 영향 無), 포락지 법적 검토(AHHW 이하 보상 불필요)
- 장래 계획과의 연계성
 - 무상치 광폭 사석경사제(사석전량 유용, 양방향통행 공사용 도로 활용), 회차장(3개소), 작업기지(1개소), 여수토(2개소), DCM 부상토 선제거

◆ **평가의견**

- 필터&차수매트, 해저관로, 무상치 광폭 사석경사제, 회차장(3개소), 작업기지(1개소) 등 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성을 고려하여 계획을 수립함

3. 단면선정의 적정성

3-1. 구간별 단면선정의 적정성

- 투기장호안 : 대단면 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	마루높이 : DL(+9.0m, 마루폭 : 8.0m(양방향통행))
피복석	전구간 1.0m ² 급(시공시 이상파랑 고려, 기초조사 대비 330% 적용)
제체사석	0.001~0.03m ² 급(사석유출방지)
준설토 유출방지	필터사석+복합매트(100kN/m)+보호압사석(0.03m ² 급 이하)
배면경사	1:1.5
내진성능	내진 I 등급
허용잔류침하	5cm

- 2구역 호안 증고단면

구분	남측호안	서측호안	CD-4호안
증고형식	사석경사제	사석경사제	토석경사제
마루폭	5.0m+4.5m(양방향)	5.0m+4.5m	2.0m
제체사석	Φ100mm이하	Φ100mm이하	토석
준설토 유출방지	필터매트+차수매트	필터매트+차수매트	차수매트
배면경사	1:1.5	1:1.5	1:1.5
내진성능	내진 I 등급	내진 I 등급	내진 I 등급

◆ **평가의견**

- 구간별 해역특성을 분석하여 구조물 안정성 향상을 위해 광폭사석경사제 적용, 마루폭 확폭, 피복석 증대, 준설토 유출방지공 적용, 배면경사 및 내진성능 향상 등을 설계에 반영함
- 다만, 이로 인하여 투기장의 기본기능인 수토용량은 기초조사 대비 약 30만m³ 감소하였고, 향후 전면 부두 건설시 동 호안은 매립되어 기능이 상실되는 점 등을 감안시 안정성을 확보하면서 보다 경제적인 단면으로 검토할 필요성도 있다고 판단됨

3-2. 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- 단면의 시공성
 - DCM선 2대, 적출장별 사석운반 4개 선단(5,000P급 1개, 7,000P급 3개), 남측 적출장 등 3개소 사용, 전구간 해상 작업

○ 단면의 유지관리 용이성

- 마루폭 8.0m, 1.0급 피복석, 3중 필터 시스템, $\Phi 1,600\text{mm}$ DCM, 최대지반개량을 60.1%

◆ 평가의견

- DCM선 2대, 적출장별 사석운반 선단 구성 등을 통해 시공성을 확보하였고, 유지관리 용이를 위해 마루폭 8.0m 확보, 3중 필터시스템, 최대 지반개량을 60.1% 적용 등을 설계에 반영함

3-3. 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

○ 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획

- 1차 이상파랑(25.9~10월) 파고($H_{1/3}=3.30\text{m}$)내습 대비 DL(-)5.0m 이하 시공
- 2차 이상파랑(26.9~10월) 파고($H_{1/3}=2.80\text{m}$)에 대응하는 피복석 1.0 m^3 급 전구간 적용
- 피항지 : 해상전용선(DCM선, 해상 BP선, 그래브선 등) -고현항 / 부선 및 소형선-진해항

◆ 평가의견

- 이상파랑 내습시 1차, 2차로 구분하여 시기별, 파고별로 시공 중 안정성 확보를 위한 단면 계획을 수립하고, 투입장비별 피항지를 선정하여 대비함

3-4. 상부시설 계획의 적정성

○ 상부시설 계획

- 전구간 양방향 통행, 유지관리를 회차장(3개소), 안전난간(20m 간격, 248Span), 해충퇴치기(50m 간격, 50EA), 인명구조함(24EA), 이동식 화장실(2개소), CCTV(2EA) 등

◆ 평가의견

- 전구간 양방향 통행이 가능하도록 상부계획을 수립하고, 회차장 추가확보, 안전난간 등 안전시설을 적정하게 계획함
- 다만, 향후 도로 등으로 이용시 무상치 단면구조의 측면부 유실 등에 대한 보완 방안은 필요 할 것으로 판단됨.

4. 구조물 세부설계의 적정성

4-1. 설계 외력 및 구조물 세부설계

○ 설계조위

- AHHW 1.906m + 폭풍해일고 1.541m + 해수면상승고 0.351m= 3.798m

○ 마루높이 산정 : DL(+)9.0m(입찰안내서 제한 사항)

○ 설계외력 안정성 : 대단면 광폭 사석경사제

구분	원호활동		
	축조 완료시	투기 완료시	부지개발시
1구간	1.316~1.505 > 1.3	1.465~1.864 > 1.3	1.191~1.409 > 1.1
2구간	1.312~1.505 > 1.3	1.410~1.948 > 1.3	1.288~1.592 > 1.1

○ 침하 및 부등침하

- 침하 : 0.41~1.49cm < 5.0cm / 부등침하 : 1/4,770~1/1,680 < 1/500

구분	파이핑	
	1구간	2구간
한계유속법	$V_s=1.37 \times 10^{-2} < V_{cr}=6.32 \times 10^{-2}$	$V_s=1.62 \times 10^{-2} < V_{cr}=6.32 \times 10^{-2}$
한계동수경사법	2.718 > 2.0	2.305 > 2.0

◆ 평가의견

- 설계외력, 단면안정성 검토, 수치모형실험, 수리모형실험 결과 등을 검토하여 설계에 반영 하였으며, 이에 따른 안정성 또한 확보되는 것으로 검토됨

4-2. 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 피복재 : 1.0m²급 피복석 (전구간, 외곽시설 축조 전 시공 시 이상파랑 고려)
- 세굴방지공 및 배면방지공
 - 세굴방지공 : DCM 부상토 개량유용
 - 배면보호공 : 1:1.5 경사, 소단(1구간 투기장측 : 1.5m, 2구간 투기장측 : 3.0m), 보호압사석
- 준설토유출방지
 - 3중 필터 시스템 : 필터사석+100kN/m 복합매트+0.03m²급 이하 보호압사석
- 적출장 : 적출장 3개(안골(육망산)+송도+남컨 적출장)
 - 투기장 호안 내 유지관리용 회차장(3개소)+작업기지(1개소) 조성
- 동력공급 및 기존 시설물 철거/이설 계획
 - 동력공급 : 한전 저압지중점속함에서 별도 인입 적용
 - 증고구간 기존시설물(해충퇴치기, CCTV 등) : 증고 공사 전 철거 후 재설치(이설)

◆ 평가의견

- 피복재 증대, 배면보호공 증대, 준설토 유출방지를 위한 3중 필터 시스템 적용 등을 검토 하여 설계에 반영함

5. 수치 및 수리모형실험의 적정성

5-1. 수치 및 수리모형실험의 적정성

- 수치모형실험 : 4개분야 16개항목 수행
 - 설계과 산정 분야 : 3개 항목
 - 심해설계과 : 10년, 50년빈도 설계과
 - 풍파(5년, 10년빈도 만내풍파, 6개 파향) : 투기장측 최대 0.6m 산출
 - 바람장(태풍 및 비태풍 7개 이벤트) : MEAMI(100년 빈도) 2.5m 산출
 - 파랑 분야 : 2개 항목
 - 정온도 : 명동마리나 방파제 제거후 대비 방파제 내측 정온도 20% 개선
 - 장기파랑 : 대선·사석공, DCM 비작업일수 각각 5일/년, 1일/년
 - 해양환경분야 : 6개 항목
 - 해수유동 : 투기장호안 주변에서 현재상태 최강유속 약 65cm/s, 완공 후 69cm/s
 - 부유사확산 : 주변공사 반영시 오타방지막 설치 후 확산면적 16.44km², 49.1% 확산 저감
 - 여수토확산 : 오타방지막 설치 후 확산면적 0.12km², 49.1% 확산 저감
 - 퇴적물이동 : 현재상태 및 1단계 완료 후 항입구부에서 5cm/yr 침식, 서측에서 10cm/yr 침식 예측
 - 해수교환 : 현상태 대비 투기장호안 완공후 북측해역 15일 기준 4.2% 감소, 명동마리나 방파제 제거 후 대비 제거 전 15.7%/15일 개선
 - 유류확산 : 유류 유출 약 2시간 후 북측해역으로 2.5km 이동, 방제대책 수립
 - 기타특화해석 : 5개 항목
 - 폭풍해일 : MEAMI(100년 빈도) : 해일고 153.1cm 산출
 - 지진해일 : 지진 1983년, 1993년, 가상지진 9.0 지진해일고 63.5cm
 - 수치파동수로(3D) : 회절에 의한 사석경사면의 최강 유속 2.62m/s 발생
 - 여수관로 유출(3D) : 최대 강우강도시 여수관로 유출시 오타방지막 막체부 위치에서 최대 유속 60cm/s, 최대 세굴심 90cm 발생
 - 국부세굴
 - (3D) : 최강 조류시 북측방파호안 접속부 최대 세굴심 99cm 발생
 - (2D) : 지진해일에 의한 집수정 내측 최대파압 5.3kPa 발생
- 수리분야 : 단면(11개, 축척 1/25), 평면(2개, 축척 1/60) 수행
 - 단면수리 : 투기장호안(4개), 호안배면/시공중(3개), 비교안(4개)
 - 투기장호안 : 기초조사(1, 2구간), 비교(1안~4안), 기본설계(1, 2구간)
 - 투기장호안 모두 월파랑 0(Zero), 피복재 1.0m³급 상향, 안정성 확인
 - 호안배면(기초조사/기본설계 단면)/시공중 안정성 확인
 - 투기장호안(기초조사/기본설계/비교안 단면) 수리특성 및 반사율 검토
 - 평면수리 : 투기장호안(2개, 기초조사/기본설계 평면)
 - 우각부 및 접속부 : 수리특성(월파), 제체안정성, 피복재 1.0m³급 보강

◆ 평가의견

- 4개분야 16개 항목의 수치모형실험을 수행하여 설계과, 파랑, 해양환경, 폭풍해일 등에 대하여 검토하고,
 - 단면수리모형실험(축척 1/25), 평면수리모형실험(축척 1/60)을 실시하고, 수리특성 검토, 안정성 평가를 수행하였으며, 기초조사 대비 수리특성(해수유동, 부유사 확산 등)이 우수한 것으로 검토됨

5-2. 실험결과 분석의 타당성 및 설계 반영의 적정성

- 수치 및 수리모형 실험검증
 - 파랑실험 관측값 검증, 유동실험 조위/조류 검증, 침퇴적 측량성과 검증
 - 폭풍해일 관측값 시계열 검증, 지진해일 역사지진 관측 시계열 검증
 - 축척을 적용한 설계과 제현 및 모형제작 검증
- 실험 결과 분석 및 설계적용
 - 외곽시설 건설에 따른 10년, 50년 빈도 설계과 제시, 수치모형실험으로 투기장호안 안정성 검증
 - 3차원 수치해석으로 유속에 대한 세굴영향 검토
 - 1공구 건설을 고려한 유속변화 예측으로 오탉방지막 설치

◆ 평가의견

- 수리·수치모형실험을 실시하고, 실험결과에 대한 분석을 통해 안정성을 검증하여 설계에 반영함

6. 부대시설의 적정성

6-1. 여수토, 구조물 표지시설 등의 적정성

- 여수토 : 1구간 여수토 Φ 1,200 @ 4EA / 2구간 Φ 1,200 @ 9EA
 - 다기능(여수+침전+순환), 철근콘크리트 집수정 + 콘크리트 흡관(관보호공 포함), 전면 3중 오탉방지막 설치
- 준설토 유출방지 : 서측호안 전구간 필터&차수매트 포설
- 구조물 표지시설
 - 공사중 : 오탉방지막 위험표시등, 앵커부이, 스마트 공사용 등부표(LL-26(M), 6기)
 - 완공후 : 기존 등주 이설(2회)

◆ 평가의견

- 여수토 관 추가, 전면 3중 오탉방지막 설치, 서측호안 전구간 필터&차수매트 포설, 스마트 등부표 추가 설치 등 기초조사 대비 추가시설을 설계에 반영함
 - 다만, 여수토 유속이 상당히 빠르고 낙차가 큰 점 등을 감안시 방류수 낙하지점의 피복석유실, 세굴 등에 대한 추가검토가 필요할 것으로 판단됨

6-2. 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설 계획

○ 공사용 작업장 및 적출장

- 작업장 : 남컨적출장 배후부지, 사업지 내 작업기지(1개소) 활용
- 적출장 : 안골(육망산)적출장, 남컨적출장, 송도적출장 활용

○ 기타시설

- 유지관리용 회차장(3개소) : 북측방파호안, 내부가호안, 투기장2구역 접속부
- 해충퇴치기(50m 간격, 50EA), 안전난간(투기장 호안 : 20m 간격, 248span, 투기장2구역 : 20m 간격 159span), CCTV·경보설비(신규 2개소+이설 5개소)

◆ 평가의견

- 작업장 및 작업기지 추가, 적출장 추가, 유지관리용 회차장 추가설치 등 시설계획을 적정하게 수립한 것으로 판단됨

7. 유지관리 등을 고려한 시설물계획의 적정성

7-1. 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

○ 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획

- 8.0m 양방향차로(전구간), 유지관리용 회차장(3개소), 작업기지(1개소), 지능형 CCTV, 단면일체화 여수토, 자동화 계측기(23EA) 등

○ 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 8.0m 상치, 100kN/m 복합매트, 1.0m²급 피복석, 1:1.5 배면경사 등

◆ 평가의견

- 유지관리 편의를 위한 양방향 차로, 회차장 및 작업기지 추가 설치, 단면일체화 여수토, 유지관리 비용절감을 고려한 복합매트, 피복석 증대 등 추가시설을 설계에 반영함
- 다만, 향후 도로 등으로 이용시 무상치 단면구조의 측면부 유실 등에 대한 보완 방안은 필요할 것으로 판단됨.

7-2. 신기술, 신공법 도입의 타당성 및 효과분석

○ 신기술, 신공법 적용 적정성 : 안정 5건, 시공성 7건, 환경·기타 8건 등 총 20건

- 안정 : 8.0m 무상치, Ø1,600mm DCM, 다기능(여수+침전+순환) 단면일체화 여수토 등
- 시공성 : IoT 통합 해상관제시스템, 3D MG 자동화장비, 스마트 등부표 등
- 환경·기타 : IoT 연계미세먼지관리, 스마트부유사 모니터링 등

○ 신기술, 신공법 효과 분석

- VE/LCC 분석결과 : LCC 14.8% 절감, 가치 99.7% 향상
- 체체안정성 강화, 오탉수 해양배출 저감, 고품질 시공, 3D구조물 시각화

◆ 평가의견

- 신기술, 신공법 총 20건을 설계에 반영하였으며, 효과분석을 통해 LCC 14.8% 절감, 가치 99.7% 향상

7-3. 준설투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안의 연계성

- 준설투기장 해충방역 계획 : 4단계 해충방제 시스템 도입
 - 해충발생 모니터링(7개소), 해충퇴치기(74EA), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치, 해충피해 사례 및 현재 운영 중인 방제기준 분석
- 장래 투기장 관리방안
 - 여수토(2개소), 회차장(3개소), 양방향 통행로(3,444m), CCTV(신규 2개+이설 5개), 사석제거후 장래 6차선 도로 확보 용이한 사석경사제 단면 등

◆ 평가의견

- 4단계 해충방제 시스템을 도입하여 해충방역계획을 수립하였으며, 양방향 통행로 확보 등을 통해 장래투기장 관리방안을 수립하여 설계에 반영함

8. 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물 계획의 적정성

8-1. 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성

- VE/LCC 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용
- VE/LCC 분석절차
 - 준비 : 사용자 요구측정(품질모델), 우선순위 선정 (고비용분야 우선)
 - 분석 : 기능분석(FAST Diagram), 대안의 구체화(가치평가)

◆ 평가의견

- 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준을 적용하여 적정절차에 따라 VE/LCC를 분석한 것으로 판단됨

8-2. 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 창의적 아이디어 현황 : 총 25건(=항만 12+구조4+토질4+시공 5건)
 - 안정성 : 복합매트(100kN/m), 전구간 유출방지공, 사석경사제 증고 등
 - 내구성 : 보호압사석, 콘크리트흡관, 0.001~0.03m³(준규격석) 체체사석 등

- 시공성 : 해상장비(7,000P급) 규격, 전구간 해상시공, 토석경사제 호안 증고 등

○ 경제성(VE/LCC) 분석결과

- 총 4개분야 총 25건, 성능 33.9% 향상, 비용절감 5.3%, 가치향상 71.5%

◆ 평가의견

○ 당해지역의 해상 및 수리특성을 감안하여 안전성을 확보하고, 시공성, 경제성 등을 고려한 다양한 아이디어를 적용한 것으로 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 손 원 권 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

[평가항목 1] 사전조사 및 설계기준의 적정성

◎ 각종 현황조사 및 관련계획 검토

- 각종 현황조사 : 부산항 신항 기존시설 및 진해신항 계획시설 현황 분석
 - 부산항 신항 : 남진 배후 부지
 - 부산항 진해신항 : 투기장 1, 2구역, 북측방파호안, 남측방파호안, 남방파제, 컨부두 1-1 및 1-2단계, 1단계 준설
- 관련계획 검토 : 상위(3건), 지역(5건), 항만(6건)
 - 수도용량 재산정 및 투기계획 재분석
- 관계기관 협의결과 반영(3개 기관, 7개)
 - 인근 제작장 및 적출장 사용가능 여부, 기존 등주·해충퇴치·CCTV 이설 협의 등
- 투기장호안 시공 및 피해 사례조사 : 24건
 - 내파안정성 확보 방안, 준설토유출 방지대책, 보호압사석 등 배면 보호대책 등

(평가의견)

- 본 사업과 관련 있는 진해신항의 기존 및 계획시설을 집중조

사하였으며, 관계기관 특히 부산지방해양수산청(부산항건설사무소)과의 다수 협의사항 결과를 설계에 반영하였음

◎ 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료조사

- 수심 및 지형측량 : 멀티빔(11,228,000m²), 투기장 2구역 서측·남측호안 현황 및 수토고 확인
 - 투기장 호안(수심) 1구간 : DL(-)9.0~13.1m / 2구간 : DL(-)13.1~24.0m
 - 2구역(지형) : 남측호안 DL(+)1.3 ~ 옹동투기장측 DL(+)8.0m
- 지반조사 : 시추조사 32공(해상), 시험굴조사 2개소(2구역), 현장 시험 24종, 실내시험 17종
- 수중위험물, 지장물 등 조사
 - 수중위험물 : 해저가스관로 (DCM 장주추가 블록식 보강 → 하중 분산)
 - 수중지장물 : 인공어초 201개 (2공구 사업구역과 간섭 없음)
 - 투기장 2구역 지장물 : 표지판 10개, 등대(등주) 1개, 유문등 (해충퇴치기) 24개, 구명부환 3개, CCTV/스피커 5set, 기타 116개로 총 159개

(평가의견)

- 기초조사 대비 수심측량 확대, 지반조사 시추공수 및 현장/실내시험을 추가로 수행하였고, 수중위험물(해저가스관로), 수중지장물(인공어초), 투기장 2구역 지장물(유문등 등) 조사를 상세하게 수행하였음

◎ 항만기능에 부합하는 설계기준 등

- 설계조위 : AHHW 1.906m + 폭풍해일고 1.541m + 해수면 상승고 0.351m = 3.798m

- 설계파랑 :

구분	파향	주기	파고		적용
			1구간	2구간	
10년	S	14.4s	3.3m	2.8m	마루높이
50년	S	16.5s	2.2m	2.0m	피복석
10년 (내측)	NNE, WNW	4.6s	0.6m	0.6m	

- 설계풍속 : 최대풍속 26.1m/s(S), 순간최대 60.0m/s(SE)

- 조류속 :

구분	1구간	2구간	북측방파호안 접속부
조류속	72cm/s	92cm/s	75cm/s
설계적용	오타방지막		시공중 사석안정검토

- 설계하중 :

구분	상시(kN/m ²)	지진시(kN/m ²)	견인력(kN)
투기장호안	15.0	7.5	-
남권 적출장	15.0	-	500

- 내진기준 : I 등급, 지표면 최대가속도 : 0.173g

- 내구등급 : I 등급, 목표내구수명 100년 이상

(평가의견)

- 설계파(10년빈도)를 적용하여 시공시 안정검토 및 소요피복석 규격 등을 검토하였음
- 오타방지막 설계시 구간별 조류속을 적용하였으며, 내진 I 등급, 내구 I 등급을 적용은 해양 오염방지 측면에서 타당한 것으로 판단됨

[평가항목 2] 시설계획의 적정성

◎ 해역의 특성 및 이용관리를 고려한 시설계획의 적정성

- 해역특성을 고려한 시설계획 : 남방파제 및 남방파호안 축조전 고려
 - 1차 이상파랑 - DL(-) 5.0m 시공
 - 2차 이상파랑 - 피복석 1.0m³ 적용(전구간)
- 이용관리를 고려한 시설계획
 - 투기장 3구역 - 피복석 1.0m³급, 소단 DL(-)6.0m, 배면경사 1:1.5, 3중 필터 시스템
 - 투기장 2구역 증고 - 사석경사제(남측/서측), 토석경사제(CD-4)
- 투기장 관리 및 유지보수
 - 투기장 3구역 - 마루폭 8m(양방향통행)
 - 투기장 2구역 남측호안 : 기존 5m + 증고 폭 4.5m(양방향통행)

(평가의견)

- 남방파제 및 남측방파호안 축조 전 시기별 이상파랑에 대한 보강계획을 수립하였으며, 피복석 규격 증대 및 3중필터 시스템을 적용, 마루폭을 확폭하여 양방향 통행이 가능하도록 하였음

◎ 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

- 진해신항 투기장 3구역 개발시기 검토
 - 최근 부산항 신항 및 진해신항 항만개발 여건 변동을 반영한 발생가능 준설토량 및 투기시기 검토
- 수토용량 검토
 - 투기장 2구역 : DL(+)7.00m 잔여수토량은 '24.1월 기준 4,795천m³이며, 금회 증고단면(사석경사제) 적용시

총 수토량 6,261천m³ 최종 확보

- 투기장 3구역 : 수심오류 및 호안제체 고려한 결과 수토용량 감 4,803천m³ 단면증대 → 수토량 31,513천m³ 확보(3-1 : 12,314천m³, 3-2 : 19,199천m³)
- 수토용량 확보계획 검토 : 준설토 수토계획에 부합하는 용량 확보
 - 투기장호안 1구간 '26년내, 2구간 '28년 1월 축조완료 후 적기 수토

(평가의견)

- 투기장 2구역은 수토용량 6,261천m³, 투기장 3구역은 수토용량 31,513천m³ 확보하는 것으로 계획하고, 진해신항 개발시기 고려한 투기장호안 축조시기를 계획하여 적기수토 가능토록 계획함

◎ 기존 시설물 및 장래계획과의 연계성

- 기존시설물과의 연계성
 - 투기장(2구역) 기존 TTP 제거 및 송토 투기장 호안 전면유용
 - 접속부 처리 : 필터&차수매트
 - 해저관로 검토 : 영향없음
 - 포락지 법적 검토 : AHHW 이하 보상 불필요
- 장래계획과의 연계성
 - 무상치 광폭 사석경사제 : 사석전량 유용, 양방향통행 가능
 - 회차장(3), 작업기지(1), 여수토(2), DCM부상토 선제거

(평가의견)

- 기존 시설물과의 연계를 고려하여 TTP제거 필터&차수매트를 적용하여 접속부를 처리하였으며, 해저관로 및 포락지 검토를 시행함

- 광폭 사석경사제를 적용하여 장래 사석 전량유용 및 양방향 통행이 가능하도록 하여 유지관리시 및 장래 개발시 용이하도록 하였음

[평가항목 3] 단면선정의 적정성

◎ 구간별 단면선정의 적정성

- 투기장호안 : 사석경사제

구분	설계적용
마루높이	DL(+) 9.0m
마루폭	B=8.0m
피복석	1.0m ³ 급
준설토 유출방지공	필터사석+복합매트+보호압사석
배면경사	1:1.5
내진성능	내진 I 등급

- 2구역 호안 증고

구분	남측호안	서측호안	CD-4호안
형 식	사석경사제	사석경사제	토석경사제
마루높이	DL(+) 9.0m	DL(+) 9.0m	DL(+) 9.0m
마루폭	5.0m+4.5m (양방향)	5.0m+4.5m	2.0m
제체사석	Φ100mm이하	Φ100mm이하	토석
준설토 유출방지공	필터매트 +차수매트	필터매트 +차수매트	차수매트
배면경사	1:1.5	1:1.5	1:1.5
내진성능	내진 I 등급	내진 I 등급	내진 I 등급

(평가의견)

- 투기장호안 및 증고단면의 마루폭을 확폭하여 양방향 통행이 가능하도록 하였으며, 기초조사 대비 배면경사 완화 및 내진 성능을 강화하여 적용하였음

◎ 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- 단면의 시공성
 - DCM전용선 및 사석 운반시 남긴 적출장 등 3개소 사용
 - 전구간 해상작업 적용
- 유지관리의 용이성
 - 마루폭 8.0m, 피복석 1.0m³, 보호압사석, Φ1,600mm DCM

(평가의견)

- DCM 전용선 및 타공사와의 간섭 최소화를 위한 적출장 3개소를 사용하도록 계획함
- 유지관리시 이용성 향상을 위한 마루폭 확폭 및 유지관리 최소화를 위한 피복석 상향 등 투기장 호안 안정성을 향상하도록 한 것을 타당하다고 판단됨

◎ 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

- 시공중 이상파랑 대비
 - 1차 이상파랑($H_{1/3}=3.30\text{m}$) - DL(-) 5.0m 시공
 - 2차 이상파랑($H_{1/3}=2.80\text{m}$) - 피복석 1.0m³ 적용(전구간)

(평가의견)

- 시공 시기에 따른 이상파랑의 설계파고(10년빈도)를 적용하여 단계별 시공 및 피복석 상향(1.0m³)을 적용하여 시공중 안정성을 확보 할 수 있도록 계획하였음

◎ 상부시설 계획의 적정성

- 전구간 양방향 통행, 유지관리용 회차장, 안전난간, 해충퇴치기, 편의시설(이동식 화장실) 등을 계획하였음

(평가의견)

- 상부시설로 유지관리용 회차장(3개소) 및 작업기지 등을 설치하여 효율적인 투기장 운영 계획하였음

[평가항목 4] 구조물 세부설계의 적정성

◎ 설계외력 및 구조물 세부설계

- 투기장호안(사석경사제)

구분	원호활동	
	1구간	2구간
축조 완료시	1.316~1.505 > 1.3	1.312~1.505 > 1.3
투기 완료시	1.465~1.864 > 1.3	1.410~1.948 > 1.3
부지개량시	1.191~1.409 > 1.1	1.288~1.592 > 1.1

구분	침하 및 부등침하
침하	0.41~1.49cm < 5.0cm
부등침하	1/4,770~1/1,680 < 1/500

구분	파이핑	
	1구간	2구간
한계유속법	$V_s=1.37 \times 10^2 < V_{cr}=6.32 \times 10^2$	$V_s=1.62 \times 10^2 < V_{cr}=6.32 \times 10^2$
한계동수경사법	2.718 > 2.0	2.305 > 2.0

(평가의견)

- 사석경사제 단면의 원호활동, 침하 및 부등침하, 파이핑을 검토하여 각각의 안전율을 만족하였음

◎ 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 피복석 : 1.0m^3 (외곽시설 축조전 시공시 이상파랑 고려)
- 세굴방지공 : DCM 부상토 개량유용
- 배면보호공 : 사면경사 1:1.5, 소단 3.0m, 보호압사석
- 준설토 유출방지공 : 3중 필터 시스템
필터사석+복합매트(100kN/m)+보호압사석(0.03m^3 급 이하)

(평가의견)

- 시공시 외곽시설 축조 전에 대한 설계파고를 고려하여 공정 관리 및 피복석 소요규격을 산정한 것은 적절하다고 판단함
- DCM 부상토의 개량유용으로 세굴에 대한 대비를 하였으며, 유속에 의한 세굴의 수치, 수리모형실험에 대한 검토는 적절하다고 판단됨

[평가항목 5] 수치 및 수리모형실험의 적정성

◎ 입력자료 분석과 실험조건

- 수치모형실험 : 5개 분야 16개 항목수행
 - 설계파 산정 분야 : 심해설계파(10년, 50년 빈도) 설계파, 11개, 풍파(10년 빈도) 6개 파향, 바람장(태풍 및 비태풍) 7개 이벤트 검토
- 파랑 분야 정온도, 장기파랑 해상 비작업일수 산정
- 환경 분야 해수유동 등 6개 항목
- 특화 분야 폭풍, 지진해일 등 5개 항목

- 수리 분야 : 단면(11개, 축척 1/25), 평면(2개, 축척 1/60) 수행

(평가의견)

- 기초조사 대비 수치모형실험 분야 및 항목을 확대하고 수치모형실험 추가 실시하여 수리특성 개선과 단면 및 평면계획의 적정성을 검토하였음

◎ 실험결과 분석 타당성 및 설계 적정성

- 수치모형실험 : 4개 분야 16개 항목수행
 - 심해설계과 : 10년, 50년 빈도 외곽시설 단계별 설계과 적용
 - 풍파 : 투기장측 10년빈도 0.6m 적용
 - 바람장(태풍/비태풍 7개) : MEAMI(100년 빈도) 해일고 2.5m 산출
 - 정온도 : 명동마리나 방파제 제거후 대비 방파제 내측 정온도 20% 개선
 - 장기파랑 : 대선·사석공, DCM 비작업일수 각각 5일/년, 1일/년
 - 해수유동, 부유사 및 여수토 확산 등 저감방안 검토 및 오타방지막 반영
 - 퇴적물이동 : 항입구부에서 5cm/yr 침식, 서측에서 10cm/yr 침식 예측
 - 해수교환 : 명동마리나 방파제 제거 후 대비 제거 전 15.7%/15일 개선
 - 유류확산 : 유류 유출 2시간 후 북측해역으로 25km 이동, 방제대책 수립
 - 폭풍해일고 : MEAMI 해일고 1.531m 산출
 - 지진해일 : 지진해일고 63.5cm
 - 수치파동수조(3D) : 회절에 의한 사석경사면의 최강 유속 2.62m/s 발생
 - 수치파동수조(2D) : 지진해일에 의한 집수정 내측 최대파압 5.3kPa 발생
 - 여수관로 유출(3D) : 여수관로 유출시 오타방지막 막체부 위치에서 최대 유속 60cm/s, 최대 세굴심 90cm 발생
 - 국부세굴(3D) : 북측방파호안 접속부 최대 세굴심 99cm 발생
- 수치모형실험으로 투기장호안의 합리적인 평면·단면계획 수립
- 설계반영의 적정성

- 투기장호안 기초조사 대비 반사파 3% 저감
- 기초조사 대비 월과량 Zero, 피복재 안정성 확보

(평가의견)

- 기초조사에 비해 수치모형실험 항목을 확대하고 수치모형실험을 추가실시하여 적정한 구조물 선정 및 단면 설계를 검토하였음. 다만, 남방파제 공사 지연할 경우 설계과 및 피복재 안정성을 재검토가 필요해 보임
- 여수토 단면의 호안 제체 안정성(피복석 이탈, 세굴, 사석 유출 등) 검토에서 있어서 관로 유출과 파랑 작용을 함께 검토하는 것이 필요해 보임

[평가항목 6] 부대시설의 적정성

◎ 여수토, 구조물 표지시설 등의 적정성

- 여수토 : 1구간 여수토 : $\Phi 1,200 @ 4ea$, 2구간 여수토 : $\Phi 1,200 @ 9ea$
 - 다기능(여수+침전+순환) 여수토, 철근콘크리트 집수정 + 콘크리트 흡관(관보호공 포함), 전면 3중 오탍방지막 설치
- 준설토유출방지 : 서측호안 전구간 필터&차수매트 포설
- 구조물 표지시설
 - 공사중 : 오탍방지막 위험표시등, 앵커부이, 스마트 공사용 등부표(LL-26(M), 5기)
 - 완공후 : 기존 등주 이설(2회)

(평가의견)

- 최근 국지성 호우에 따른 강우강도 증가를 반영하여 여수의 신속한 처리를 위해 여수토 규모를 확대하고, 오탍수 해양배출 저감을 위한 다기능(여수+침전+순환) 여수토 및 3중 오탍

방지막 설치를 계획함. 공사중 및 완공후 구조물 표지시설을 상세히 계획함

◎ 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설 계획

- 공사용 작업장 및 적출장

- 작업장 : 남컨적출장 배후부지, 사업지 내 작업기지(1개소) 활용
- 적출장 : 안골(육망산)적출장, 남컨적출장, 송도적출장 활용

- 기타시설

- 유지관리용 회차장(3개소) : 북측방파호안, 내부가호안, 투기장 2구역 접속부
- 해충퇴치기(50m 간격, 50ea), 안전난간(투기장호안 : 20m 간격, 248Span, 투기장 2구역 : 20m 간격, 159Span), CCTV·정보설비(신규 2개소+이설 5개소)

(평가의견)

- 본 사업 공사기간 중 9개 현장이 주변 적출장을 동시 사용할 예정이므로 적출장을 3개소(안골, 남컨, 송도 적출장) 분산 활용계획은 적정함. 공사중, 수토시 공간활용을 위한 사업지내 작업장(작업기지) 계획은 적정함. 유지관리용 회차장 및 해충퇴치기, 안전시설 등 상세한 기타 부대시설을 계획함

[평가항목 기 유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성

◎ 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획

- 8.0m 양방향 차로(전구간), 유지관리용 회차장(3개소), 작업기지(1개소), 지능형 CCTV, 단면일체화 여수토, 자동화 계측기(23ea) 등

- 유지관리 비용절감을 고려한 시설물 계획
 - 8.0m 상치, 100kN/m 복합매트, 1.0m³급 피복석, 1:1.5 배면경사 등

(평가의견)

- 투기장호안과 남측호안 증고 구간에 양방향 차로를 계획하여 유지관리 편의성을 고려하였으며, 점검로 없이 여수토 접근이 가능하고 유지관리시 관리자 안전성이 확보되는 시설물(추락방지 안전난간, 내부점검사다리)을 계획함. 투기장호안은 피해사례를 보강한 유지관리 비용절감이 고려된 단면강화를 계획함

◎ 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 신기술, 신공법 적용 적정성 : 안정 5건, 시공성 7건, 환경·기타 8건 등 총 20건

- 안정 : 8.0m 무상치, Ø1,600mm DCM, 다기능(여수+침전+순환) 단면일체화 여수토 등

- 시공성 : IoT 통합 해상관제시스템, 3D MG 자동화장비, 스마트 등부표 등

- 환경·기타 : IoT 연계미세먼지관리, 스마트부유사 모니터링 등

- 신기술, 신공법 효과 분석

- VE/LCC 분석결과 : LCC 14.8% 절감, 가치 99.7% 향상

- 체체안정성 강화, 오탁수 해양배출 저감, 고품질 시공, 3D 구조물 시각화

(평가의견)

- 8.0m 무상치 등 안정성 강화 5건, 3D MG 자동화장비 등 시공성 7건, IoT 연계 미세먼지관리 등 환경·기타 8건으로 총 20건의 신기술·신공법을 도입함. 신기술·신공법 적용으로 비용절감 14.87%, 가치향상 99.7%의 효과를 보임

- ◎ **준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성**
 - 준설토 투기장 해충방역 계획 : 4단계 해충방제 시스템 도입
 - 해충발생 모니터링(7개소), 해충퇴치기(74EA), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치
 - 해충피해 사례 및 현재 운영 중인 방제기준 분석
 - 장래 투기장 관리방안
 - 여수토(2개소), 회차장(3개소), 양방향 통행로(3,444m), CCTV(신규 2개+이설 5개), 사석제거후 장래 6차선 도로 확보용이한 사석경사제 단면 등

(평가의견)

- 해충발생 모니터링, 해충퇴치기, 여수토 및 방제여수로, 약품 사전비치으로 4단계 해충방제 시스템을 도입하여 방제기준에 부합하는 해충방역 계획함. 장래 투기장 운영 및 부지개발시 관리용이를 고려한 여수토, 회차장, 작업기지, CCTV 등 시설을 계획함

[평가항목 8] 경제성(VE/LCC)분석을 통한 시설물 계획의 적정성

- ◎ **경제성(VE/LCC)분석기준, 절차의 적정성**
 - 경제성(VE/LCC) 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용
 - 경제성(VE/LCC) 분석절차
 - 준비 : 사용자 요구측정(품질모델), 우선순위 선정(고비용분야 우선)
 - 분석 : 기능분석(FAST Diagram), 대안의 구체화(가치평가)

(평가의견)

- VE 수행기준을 준수하여 가치향상을 유도하고, 신뢰성을 확

보토록 하였으며, 경제성(VE/LCC) 분석절차를 통한 성능향상 및 가치극대화를 계획함

◎ 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 창의적 아이디어 현황 : 총 25건(항만 12건, 구조 4건, 토질 4건, 시공 5건)
 - 안정성 : 복합매트(100kN/m), 전구간 유출방지공, 사석경사제 증고 등
 - 내구성 : 보호압사석, 콘크리트흡관, 0.001~0.03m³(준규격석) 제체 사석 등
 - 시공성 : 해상장비(7,000P급) 규격, 전구간 해상시공, 토석경사제 호안 증고 등
- 경제성(VE/LCC) 분석결과
 - 4개 분야 총 25건, 성능 34.1% 향상, 비용절감 4.4%, 가치향상 70.6%

(평가의견)

- 항만 12건, 구조 4건, 토질 4건, 시공 5건 등 각 분야별 창의적 아이디어를 총 25건 적용하여 성능향상 34.1%, 비용절감 4.4%, 가치향상 70.6%으로 개선함

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 이 우 동



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설투투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

1) 사전조사 및 설계기준의 적정성

□ 각종 현황조사 및 관련계획 검토

- 각종 현황조사 : 부산항 신항 기존시설 및 진해신항 계획시설 현황 분석
 - 부산항 신항 : 남컨배후부지 / 부산항 진해신항 : 투기장 1,2구역, 북측방파호안, 남측방파호안, 남방파제, 컨부두 1-1 및 1-2단계, 1단계 준설투투기장
- 관련계획 검토 : 상위계획(3건), 지역 관련계획(5건), 항만 관련계획(6건)
 - 수토용량 재산정 및 투기계획 재분석
- 관계기관 협의결과 반영(3개 기관, 7개)
 - 인근 제작장 및 적출장 사용가능 여부, 기존 등주·해충퇴치기·CCTV 시설 협의 등
- 투기장호안 시공 및 피해 사례조사 : 24건
 - 내파안정성 확보 방안, 준설투투기장 유출 방지대책, 보호압사석 등 배면 보호대책 등

<평가의견> 특징적인 부분으로, 부산항 신항/진해신항 투기계획을 검토하고 이를 위해 필요한 투기장 3구역의 수토용량을 재검토함. 제작장·적출장 사용, 등주·등부표·CCTV 시설 등을 위한 관계기관 협의를 시행하였으며, 투기장의 호안 시공과 관련한 피해 사례조사를 통해 본 공사의 설계에 반영함

□ 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료조사

- 수심 및 지형측량 : 멀티빔(11,228,000m²), 투기장 2구역 서측·남측호안 현황 및 수토고 확인
 - 투기장 호안(수심) 1구간 : DL(-)9.0~13.1m / 2구간 : DL(-)13.1~24.0m

- 2구역(지형) : 남측호안 DL(+1.3~응동투기장측 DL(+8.0m)
- 지반조사 : 시추조사 32공(해상), 시험굴조사 2개소(2구역), 현장 24종, 실내 17종
- 수중위험물, 지장물 등 조사
 - 수중위험물 : 해저가스관로(DCM 장주 추가 2~4열 블록식 보강→ 하중분산)
 - 수중지장물 : 인공어초 201개 (2공구 사업구역과 간섭 없음)
 - 투기장2구역 지장물 : 표지판 10개, 등대(등주) 1개, 유문등(해충퇴치기) 24개, 구명부환 3개, CCTV/스피커 5set, 기타 116개로 총 159개

<평가의견> 기초조사 대비 추가적으로 필요 기초자료조사를 실시하였음

□ 항만기능에 부합하는 설계기준 등

○ 설계파

구분		50년	10년	10년(투기장내측)
1구간	파고	2.2m	3.3m	0.6m
	주기	16.5s	14.4s	4.6s
	파향	S	S	NNE
2구간	파고	2.0m	2.8m	0.6m
	주기	16.5s	14.4s	4.6s
	파향	S	S	WNW
적용		구조물안정, 마루높이산정	오타방지막 시공시 안정검토	보호압사석 검토

- 설계조위 : AHHW 1.906m + 폭풍해일고 1.541m + 해수면상승고 0.351m = 3.798m
- 설계풍속 : 최대풍속 26.1m/s(S), 순간최대 60.0m/s(SE), 평균 3.4m/s
- 조류속

구분	1구간	2구간	북측방파호안 접속부
조류속	72cm/s	92cm/s	75cm/s
설계적용	오타방지막		시공중 사석안정검토

○ 재료의 단위 중량

구분		무근 t/m^3	철근 t/m^3	석재	준설토	사석	해수
단위중량 (kN/m^3)	수상	22.6	24.0	26.0	15.0	18.0	10.1
	수중	12.6	14.0	16.0	4.9	10.0	

○ 콘크리트 설계기준 강도

구분	적용조건	설계강도(MPa)
무근	-	30
철근	여수토	35

○ 마찰계수

Con'c/Con'c	Con'c/압반	Con'c/사석	사석/사석
0.5	0.5	0.6	0.8

○ 상재하중

구분	상시(kN/m ²)	지진시(kN/m ²)	견인력(kN)
투기장호안	15.0	7.5	-
남컨 적출장	15.0	-	500

○ 안전을 및 지지력

구분	정상시	파압시	시공시	지진시
활동/전도	1.2	1.2	1.1	1.1
원호활동	1.3	1.3	1.1	1.0
편심경사	1.2	1.0	-	1.0
허용지지력(kN/m ²)	500	-	500	600

○ 허용침하 및 변위 : 잔류침하 및 각변위 기준강화로 유지관리 최소화

구분	허용잔류침하량	수평변위(상시/지진시)	허용각변위
투기장호안	5.0cm	10cm/20cm	1/500

○ 내진기준 : I 등급, 지표면 최대가속도 0.173g

○ 내구등급 : 1등급, 목표내구수명 100년 이상(여수토 적용)

<평가의견> 기초조사는 남방파제의 설치를 전제로 2.2m, 1.8m의 설계파고를 적용하였으나, 본 기본설계에서는 남방파제 설치 전 시공시 이상파랑의 내습을 고려하여 3.3m, 2.8m의 설계파고를 적용하였음. 투기장 내측도 기초조사 대비 추가적으로 설계파고를 적용하였음. 풍속, 조류속, 허용침하 및 변위, 내진 부분에서 설계기준을 상향하고, 여수토의 콘크리트 강도, 남컨 적출장 상재하중을 추가적으로 고려하였음

2) 시설계획의 적정성

□ 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설 계획의 적정성

○ 해역특성을 고려한 시설계획 : 남방파제 및 남방파호안 케이슨 축조 전 S 계열 파랑에 노출에 따른 구간별 보강계획 수립

- 1차 이상파랑('25.9~10월) 파고(H_{1/3}=3.30m)내습 대비 DL(-)5.0m 이하 시공
- 2차 이상파랑('26.9~10월) 파고(H_{1/3}=2.80m)에 대응하는 피복석 1.0m³급 전 구간 적용

○ 이용관리를 고려한 시설계획

- 투기장 조성

· 투기장 3구역 : 피복석 1.0m³급, 102.9m 광폭 사석 경사제, 소단 DL(-) 6.0m, 배면경사 1:1.5, 3중 필터 시스템(필터사석+복합매트(100kN/m)+보호압사석)

· 투기장 2구역 증고 : 사석 경사제(남측/서측호안), 토석 경사제(CD-4)

- 투기장 관리 및 유지보수

· 투기장 3구역 : 마루폭 8m(양방향 통행), 여수토 2개소

· 투기장 2구역 남측호안 : 기존상치 5.0m+증고 폭 4.5m 추가(양방향 통행)

<평가의견> 남방파제 조성 전에는 3.3m의 이상파랑 내습을 고려하여 DL(-)5.0m 이하의 시공계획을 수립하였고 남방파제 축조 후에는 2.8m의 이상파랑에 대비하였음. 전구간 DL(-)6.0m이상으로 피복석을 1.0m³급으로 상향 적용하였음. 배면경사를 완화한 광폭 사석 경사제를 적용하여 마루폭을 8m로 폭을 넓혀 양방향 통행이 가능하도록 하였음.

□ 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

○ 진해신항 투기장 3구역 개발시기 검토 :

- 최근 부산항 신항 및 진해신항 항만개발 여건 변동을 반영한 발생가능 준설토량 및 투기시기 검토

○ 수토용량 검토

- 투기장 2구역 : DL(+)7.00m 잔여수토량은 '24.1월 기준 4,795천m³이며, 금회 증고단면(사석경사제) 적용 시 총 수토량 6,261천m³ 최종 확보

- 투기장 3구역 : 수심오류 및 호안제체 고려한 결과 수토용량 감 4,803천m³

· 단면 증대 → 수토량 31,513천m³ 확보(3-1 : 12,314천m³, 3-2 : 19,199천m³)

○ 수토용량 확보계획 검토 : 준설토 수토계획에 부합하는 용량 확보

- 투기장 호안 1구간 '26년내, 2구간 '28년 1월 축조 완료 후 적기수토

<평가의견> 재검토한 수토용량을 바탕으로 투기계획을 수립하였으며, 재검토한 수토용량에 따르면 광폭 사석 경사제 적용에 따라 302천m³(전체 수토용량의 1% 수준)의 수토용량이 감소하였음

□ 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성

○ 기존시설물과의 연계성

- 투기장(2구역) 기존 TTP 제거 후 송도 투기장 외곽호안 전면으로 유용

- 필터&차수매트(3-1구역 접속부 서측호안 전구간), 해저관로 암반 하부 28.48m 위치(검토결과 구조물 영향 無), 포락지 법적 검토(AHHW 이하 보상 불필요)
- 장래 계획과의 연계성
 - 무상치 광폭 사석경사제(사석전량 유용, 양방향통행 공사용 도로 활용), 회차장(3개소), 작업기지(1개소), 여수토(2개소), DCM 부상토 선제거

<평가의견> 준설토의 유출을 방지하기 위해서 3-1구역 접속부 서측호안 해측 종점부 구간(일부 구간)에 제체사석층 내부에 CGS공법을 적용하는 기초조사 대비, 서측호안 전구간을 필터와 차수매트를 설치하는 방안을 적용함. 무상치 사석경사제를 적용하여 향후 제체 상부 부분의 사석을 유용할 수 있도록 계획하였으며, 회차장을 기초조사 대비 1개소 추가 계획하였음

3) 단면선정의 적정성

□ 구간별 단면선정의 적정성

○ 투기장호안

<기초조사> : 블록형 상치+사석경사제

구분	설계적용
설계고조위	DL(+)3.798m
마루높이/폭	마루높이 : DL(+)9.0m, 마루폭 : 5.0m
피복석	0.5m ³ 급(1구간), 0.3m ³ 급(2구간)
제체사석	0.03m ³ 급 이하
준설토 유출방지	필터사석+ 필터매트(50kN/m)
배면경사	1:1.2
내진성능	내진 II 등급
허용잔류침하	10cm

<본 기본설계> : 대단면 광폭 사석경사제

구분	설계적용
설계고조위	DL(+)3.798m
마루높이/폭	마루높이 : DL(+)9.0m, 마루폭 : 8.0m(양방향통행)
피복석	전구간 10m ³ 급(시공시 이상파랑 고려, 기초조사 대비 330% 적용)
제체사석	0.001~0.03m ³ 급(사석유출방지)
준설토 유출방지	필터사석+ 복합매트(100kN/m)+ 보호압사석(0.03m ³ 급 이하)
배면경사	1:1.5
내진성능	내진 I 등급
허용잔류침하	5cm

○ 2구역 호안 증고단면

<기초조사>

구분	남측호안	서측호안	CD-4호안
증고형식	현장타설 블록식	현장타설 블록식	토석경사제
계획 수토고	DL(+)8.50m	DL(+)8.50m	DL(+)8.50m
마루높이	DL(+)10.00m	DL(+)10.00m	DL(+)9.00m
마루폭	5.0m	5.0m	2.0m
제체사석	무근콘크리트	무근콘크리트	토석
준설토 유출방지	필터매트	필터매트	PP매트+ 차수매트
배면경사	-	-	1:1.5
내진성능	내진 II 등급	내진 II 등급	내진 II 등급

<본 기본설계>

구분	남측호안	서측호안	CD-4호안
증고형식	사석경사제	사석경사제	토석경사제
계획 수토고	DL(+)8.50m	DL(+)8.50m	DL(+)8.50m
마루높이	DL(+)9.00m	DL(+)9.00m	DL(+)9.00m
마루폭	5.0m+4.5m(양방향)	5.0m+4.5m	2.0m
제체사석	Φ100mm이하	Φ100mm이하	토석
준설토 유출방지	필터매트+ 차수매트	필터매트+ 차수매트	차수매트
배면경사	1:1.5	1:1.5	1:1.5
내진성능	내진 I 등급	내진 I 등급	내진 I 등급

<평가의견> 기초조사에서는 3구역 투기장 호안을 사석경사제에 블록형 상치를 적용하여 마루높이를 DL(+)9.0m로 적용하였으나 본 기본설계에서는 블록 없이 전체를 사석경사제로 조성하는 방안을 채택함. 기초조사에서는 투기가 이루어 지는 배면쪽 사면 경사를 1:1.2로 적용하였으나 기본설계에서는 1:1.5로 완만한 경사를 적용하였으며, 마루의 폭도 5m에서 8m로 확대하여 대단면 광폭 사석경사제를 적용하였음. 사석은 준규격석으로 적용하였음. 이와 함께 과랑으로부터의 사면의 안정성을 고려하여 피복석을 전구간 1.0m³급을 적용하였으며 준설토의 유출방지를 위하여 필터사석, 매트에 더해 보호압사석을 추가하여 3중필터시스템을 적용하고 기초조사에서는 고려되지 않았던 근고석에 대해 사면 바닥 끝에 피복석을 거치하여 근고석 역할을 하도록 하였으며, 허용잔류 침하는 5cm로 기준을 상향함. 2구역 호안 증고 공정에서는 블록식 대신 사석경사제를 적용을 하였음. 두 공정 모두 내진성능을 I 등급으로 상향함. 다만, 경사제 적용으로 인해 도로로 활용할 마루면의 사석이 경사면으로 유실될 가능성에 대해서는 마루면을 광폭으로 확보하여 여유폭이 있다는 것 외에는 추가적인 대안이나 설명이 없는 것으로 보임

□ 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

○ 단면의 시공성

- DCM선 2대, 적출장별 사석운반4개 선단(5,000P급 1개, 7,000P급 3개), 남
컨 적출장 등 3개소 사용, 전구간 해상 작업

○ 단면의 유지관리 용이성

- 마루폭 8.0m, 1.0m³급 피복석, 3중 필터 시스템, Φ1,600mm DCM, 최대지
반개량을 60.1%

<평가의견> 해상투하 방식으로 제체를 조성하는 계획이며, 지반개량과 사석
거치 공정을 시공하기 위해서 장비 확보 노력을 기울였으며, 인근 타 공사
현장에서도 함께 사용하는 안골 적출장의 혼잡을 고려하여, 남컨적출장을
조성하여 추가 활용하는 방안을 검토함. 마루면 확대(5→8m), 1.0m³급 피복
석, 3중 필터시스템 등을 적용한 단면강화계획으로 유지관리를 최소화하는
계획임

□ 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

○ 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획

- 1차 이상파랑('25.9~10월) 파고($H_{1/3}=3.30m$)내습 대비 DL(-)5.0m 이하 시공
- 2차 이상파랑('26.9~10월) 파고($H_{1/3}=2.80m$)에 대응하는 피복석 1.0m³급 전
구간 적용
- 피항지 : 해상전용선(DCM선, 해상 BP선, 그레브선 등)-고현항 / 부선 및
소형선-진해항

<평가의견> 시공중 이상파랑 내습시 안정성을 확보하는 방안으로 남방파제
조성 전에는 3.3m의 이상파랑 내습을 고려하여 DL(-)5.0m 이하를 시공하는
계획을 수립하였고 남방파제 축조 후에는 2.8m의 이상파랑에 대비하여 전
구간 DL(-)6.0m이상으로 피복석을 1.0m³급으로 상향 적용하였음.

□ 상부시설 계획의 적정성

○ 상부시설 계획

- 전구간 양방향 통행, 유지관리를 회차장(3개소), 안전난간(20m 간격,
248Span), 해충퇴치기(50m 간격, 50EA), 인명구조함(24EA), 이동식 화장
실(2개소), CCTV(2EA) 등

<평가의견> 마루폭을 8m로 확보하여 차량이 양방향으로 통행할 수 있도록
적용하였으며 3개소의 회차장을 계획하여 유지관리차량의 운행을 원활히

하고자 하였음. 그 외 작업자 및 유지관리자의 편의시설 제공을 위하여 안전시설(안전난간 등), 편의시설(이동식 화장실 등)을 설치하고 방제시설(해충퇴치기 등)을 투기장호안 상부에 설치하도록 계획하였음.

4) 구조물 세부설계의 적정성

□ 설계외력 및 구조물 세부설계

○ 설계조위

- AHHW 1.906m + 폭풍해일고 1.541m + 해수면상승고 0.351m = 3.798m

○ 마루높이 산정 : DL(+)9.0m

○ 설계외력 안정성 : 대단면 광폭 사석경사제

구분	원호활동		
	축조 완료시	투기 완료시	부지개량시
1구간	1.316~1.505 > 1.3	1.465~1.864 > 1.3	1.191~1.409 > 1.1
2구간	1.312~1.505 > 1.3	1.410~1.948 > 1.3	1.288~1.592 > 1.1

○ 침하 및 부등침하

- 침하 : 0.41~1.49cm < 5.0cm / 부등침하 : 1/4,770~1/1,680 < 1/500

구분	파이핑	
	1구간	2구간
한계유속법	$V_s=1.37 \times 10^{-2} < V_c=6.32 \times 10^{-2}$	$V_s=1.62 \times 10^{-2} < V_c=6.32 \times 10^{-2}$
한계동수경사법	2.718 > 2.0	2.305 > 2.0

<평가의견> 마루높이 산정에 사용되는 조위는 국립해양조사원 실측치 및 추산치를 기초로 검토하였고, 검토된 고조위에 지구온난화에 의한 해수면 상승고를 고려하여 설계조위를 결정하였음. 3구역 투기장 1구간에서 2구간에 걸쳐 10개의 단면을 선정하고, 10개 단면에 대하여 수치계산을 통하여 DCM개량체의 안정성, 원호활동에 대한 안정성, 침하, 부등침하, 가스관 터널, 파이핑현상에 대한 안정성에 대해 검토함

□ 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

○ 피복재 : 1.0m³급 피복석(전구간, 외곽시설 축조 전 시공 시 이상파랑 고려)

○ 세굴방지공 및 배면방지공

- 세굴방지공 : DCM 부상토 개량유용

- 배면보호공 : 1:1.5 경사, 소단(1구간 투기장측 : 1.5m, 2구간 투기장측 : 3.0m), 보호압사석
- 준설토유출방지
 - 3중 필터 시스템 : 필터사석+100kN/m 복합매트+0.03m³급 이하 보호압사석
- 적출장 : 적출장 3개(안골(육망산)+송도+남컨 적출장)
 - 투기장 호안 내 유지관리용 회차장(3개소)+작업기지(1개소) 조성
- 동력공급 및 기존 시설물 철거/이설 계획
 - 동력공급 : 한전 저압지중접속함에서 별도 인입 적용
 - 중고구간 기존시설물(해충퇴치기, CCTV 등) : 중고 공사 전 철거 후 재설치(이설)

<평가의견> 이상과랑에 대비하여 전구간 피복석을 1.0m³급으로 상향 적용하였음. 2.8m의 이상과랑에 대해 1.0m³급의 피복석을 적용한 제체를 모델로 수리모형실험을 시행한 결과를 바탕으로 안정성을 확보하는 것으로 검토하였음. 준설토유출방지 및 배면보호를 위하여 필터사석과 복합매트 외 추가적으로 보호압사석을 적용하였으며, 보호압사석을 적용한 투기장측 배면에 대해서도 추가적으로 0.6m의 과랑에 대한 수리모형실험 결과를 바탕으로 안정성을 확보하는 것으로 검토하였음. 준설토 육상투기여건을 고려하여 회차장(3개소)의 규모를 증대하였으며, 남컨 적출장을 추가로 활용하는 계획을 수립. 오락방지막 및 공사용 등부표는 공정과 외력조건 등을 고려하여 단계별로 설치하는 계획이며, 등부표 유용을 실시설계시 추가 검토 예정. 투기장호안 상부에 설치되는 해충퇴치기 및 CCTV 등의 운영시 필요한 동력공급을 위하여 한국전력공사 진해지사와 협의하였으며, 투기장 2구역 서측/남측호안 상부에 기 설치된 해충퇴치기 및 CCTV, 등주 등의 철거, 이설계획도 수립함

5) 수치 및 수리모형실험의 적정성

□ 수치 및 수리모형실험의 적정성

- 수치모형실험 : 4개분야 16개항목 수행
 - 과랑 분야 : 2개 항목 (정온도, 장기과랑)
 - 해양환경분야 : 6개 항목 (해수유동, 부유사확산, 여수토확산, 퇴적물이동, 해수교환, 유류확산)
 - 기타특화해석 : 5개 항목 (폭풍해일, 지진해일, 수치파동수로, 여수관로 유

출, 국부세굴)

- 수리분야 : 단면(11개, 축척 1/25), 평면(2개, 축척 1/60) 수행

<평가의견> 시공중 이상파랑 내습시 안정성을 확보하는 방안으로 남방파제 조성 전에는 3.3m의 이상파랑 내습을 고려하여 DL(-)5.0m 이하를 시공하는 계획에 대한 수리모형실험 결과를 고려하여 제체단면의 안정성을 확보하는 것으로 검토하였음. 투기장 호안이 임시호안이라는 점을 이유로 태풍매미 수준의 설계파는 적용하지 않고 남방파제 조성을 전제로 한 50년 빈도의 설계파를 적용하였음. 다만 수리모형실험 결과 0.3m³급, 0.5m³급의 피복석의 이탈이 발생한 점을 고려하여 피복석을 상향하여 전구간 1.0m³급의 피복석을 적용하여 안정성을 향상함. 수리모형실험 결과 기초조사에서 적용된 투기장측 필터사석의 붕괴로, 3중 시스템으로 보호압사석 0.03m³급을 추가 적용하여 안정성을 향상함.

□ 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

- 수치 및 수리모형 실험검증
 - 파랑실험 관측값 검증, 유동실험 조위/조류 검증, 침퇴적 측량성과 검증
 - 폭풍해일 관측값 시계열 검증, 지진해일 역사지진 관측 시계열 검증
 - 축척을 적용한 설계파 재현 및 모형제작 검증
- 실험 결과 분석 및 설계적용
 - 외곽시설 건설에 따른 10년, 50년 빈도 설계파 제시, 수리모형실험으로 투기장호안 안정성 검증
 - 3차원 수치해석으로 유속에 대한 세굴영향 검토
 - 1공구 건설을 고려한 유속변화 예측으로 오타방지막 설치

<평가의견> 수치실험과 이론식으로 통해 적용한 설계사항을 수리실험을 통하여 안정성을 검토하였음

6) 부대시설의 적정성

□ 여수토, 구조물 표지시설 등의 적정성

<평가의견> 환경영향평가 협의의견과 투기장호안 1공구의 여수토 계획을 고

려하여 여수토 배치계획을 수립하였으며 준설토 투기 수위에 따라 여수높이를 조절하여 맨홀 내 도수관을 통해 여수를 배출하는 집수정식 여수토를 적용하였음. 대상지역 원지반이 점토층임을 고려하여 시공성, 회수 용이 및 유용 가능한 점을 고려하여 닷가지형 앵커를 활용하여 오탃방지막을 계획하였으며, 공사중 주변 통항선박 및 작업선의 주야간 안전성 확보를 위해 오탃방지막 위험표시등, 앵커 부이, 스마트 공사용 등부표, 등주 이설 등을 적용하였음. 여수토로 방류되는 방류수가 제체사면에 닿는 부분에 대하여 방류수의 유속이 제체의 안정성에 줄 영향을 고려하여 1.0m³급의 피복석과 D.L. 0m ~ 토출구 저면고까지 수중 채움콘크리트를 통한 피복석 일체화를 적용하였음.

□ 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

<평가의견> 안골 적출장의 혼잡을 고려하여 남긴 적출장 조성을 통한 추가 적출장을 계획하였으며, 회차장 확대와 함께 공사중 상부 시설물 적치 등을 위한 작업기지 조성을 계획하였음

7) 유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성

□ 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

<평가의견> 유지관리의 편의성을 위하여 유지관리차량들의 동선, 작업공간 확보를 고려한 호안 전구간 양방향차로 적용, 회차장 조성, 호안제체 변위를 무인으로 확인 가능한 자동화 계측기 및 투기장 모니터링을 위한 CCTV를 적용함. 유지관리 비용절감을 위하여 광폭 사석경사제 적용, 제체 투기장측에 강도를 상향한 복합매트 적용, 피복석 규격 상향, 제체 투기장측 사면경사 완화, DCM개량체 직경 및 개량폭, 단주길이 확대 등을 통한 지반개량, 접하는 투기장 2구역 호안에 필터매트를 설치하는 등의 단면강화를 적용함.

□ 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

<평가의견> 단면 강화 및 부대시설 설치를 위해 필요한 기술과 공법들을 적용함

□ 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

<평가의견> 해충방역과 관련하여 투기중에는 4단계 해충방제 시스템을 적용한 관리계획을 수립함. 투기후에 장래 복토공사에 있어 회차장과 작업기지를 활용하여 작업효율을 증대하는 계획을 수립함. 향후의 공정 및 유지관리를 고려하여 사석과 피복석을 유용할 수 있는 무상치 사석경사제, 양방향 통행가능한 광폭상치, 그리고 회차장 및 여수토 확대 등을 적용하였음

8) 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물 계획의 적정성

□ 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성

<평가의견> 25건의 아이디어를 기준으로 분석을 수행하여, 그중 10건은 비용 증가를 통한 성능을 강화하였으며, 대광폭 사석경사제, 3중 시스템을 적용한 준설토 유출방지공, 다기능 여수토, DCM 개량 직경 확대, 해상 사석투하 등의 아이디어를 적용하였음

□ 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

<평가의견> 대광폭 무상치 사석경사제, 상향된 1.0m³급 피복석, 양방향 통행이 가능한 광폭 마루, 3중으로 적용한 3구역 호안의 준설토유출방지공, 접하는 2구역 호안은 필터매트를 적용한 준설토유출방지공, 다기능 여수토 적용 등의 아이디어를 적용하였음

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 10일

심의위원 : 허 중 호 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사
일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목구조

평가 사유

○ 평가항목 : 설계기준의 적정성(구조물설계법 적용기준)

<대우건설 컨소시엄>

- 구조물 설계법은 항만 및 어항 설계기준·해설('23, 해수부), 콘크리트구조 설계기준('22, 국토부) 등에 따라 강도, 한계상태설계법 등을 적용함. 세부적으로, 여수토 집수정은 강도설계법과 한계상태설계법을 병행 적용하였으며, 세륜시설은 강도설계법을, 강구조물 및 가시설물, 여수토 관보호공은 허용응력설계법을 적용함. 해석법으로는 3D Frame 및 Plate 해석, Solid 해석, STM 해석 등을 적용함.
- 콘크리트구조 내구성 설계기준에 따라 내구 1등급 기준으로 정량적 내구성 평가를 수행했으며, 내진해석은 항만 및 어항 설계기준 등에 따라 내진 I 등급 붕괴방지수준으로 적용함.

<종합 소결>

- 구조물 설계법으로는 항만 및 어항 설계기준, 콘크리트구조 설계기준, 강구조 설계기준, 콘크리트구조 내구성 설계기준 등을 적용했고, 3D Frame 및 Plate 해석, Solid 해석, STM 해석 등의 해석법으로 설계를 검토함. 또한, 구조물 안정성 및 내구성 향상을 위해 내진 I 등급(기초조사시 II등급), 내구 1등급(기초조사시 내구 등급 미제시)을 적용하여 설계에 반영함. 다만, 무근 콘크리트로 설계한 여수토 관보호공은 콘크리트구조설계기준에 따른 강도설계법 검토도 필요할 것으로 보이나, 발생응력이 낮아 허용응력설계법으로도 충분한 검토가 가능한 점 등을 고려하면 구조물설계법 적용 기준 적정성에서는 우수하게 설계했다고 판단함.

o 평가항목 : 설계기준의 적정성(구조물 내구성 및 안정성을 고려한 설계기준)

<대우건설 컨소시엄>

- o 염해 등 해양 환경 영향을 고려한 구조물의 내구성 확보를 위해, 여수토 집수정(RC 구조물)은 콘크리트구조 내구성 설계기준에 따라 물-결합재비 0.4이하(0.379 적용), 최소설계기준강도인 35MPa으로 설정하였으며, 최소 철근피복두께 80mm이상(여수토 집수정 89.0mm, 적출장 반파공 107.5mm), 허용휨균열폭 0.3mm이상으로 적정하게 적용함. 여수토 관보호공(무근 콘크리트)은 최소 설계기준압축강도인 30MPa를 적용하여 내구성 검토를 수행함. 또한, 방청제를 혼합한 3성분계 혼합시멘트(OPC(50%)+SG(40%)+FA(10%)+방청제)를 적용하였으며, 염분침투해석, 수화열해석, 염해 내구성 평가 등을 수행함.
- o 기초조사시 내진Ⅱ등급, 3종 지진파 적용했으나, 동 설계에서는 내진등급을 상향해 내진Ⅰ등급 붕괴방지수준으로 8종 지진파를 적용한 FSSI 내진해석, 지진해일 안전성평가를 수행함.

<종합 소결>

- o 구조물 내구성 및 안정성을 고려해 콘크리트구조 내구성 설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등을 설계에 반영했으며, 3성분계 혼합시멘트 적용, 최소 설계강도, 최소 철근피복두께 만족, 8종의 지진파해석 등으로 내구 1등급(기초조사시 내구 등급 미제시), 내진Ⅰ등급(기초조사시 Ⅱ등급)을 적용한 점 등이 우수하게 설계했다고 판단함.

o 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성(설계하중 및 단면력 계산의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- o 설계파고는 기초조사시 50년빈도 설계파고와 동일한 조건을 적용하였으며, 지진하중은 기초조사보다 상향하여 내진Ⅰ등급 설계조건을 적용하였음. 또한, 구조물의 단계별 상황을 고려하여, 호안축조시, 완공시, 준설토 투기시, 지진시로 나눠 하중조합을 고려하였음. 상재하중은 완공 및 투기시 15kN/m², 지진시 1/2하중인 7.5kN/m²을 적용하였음. 세륜시설의 경우

KL-510 표준트럭하중, 여수토 집수정 덮개의 경우 작업하중 5.0kN/m^2 , 여수토 안전난간의 경우 항만시설장비 검사기준에서 제시한 설계풍속 60m/s 을 적용하여 풍하중을 산정하였음. 다만, 풍하중 거스트계수 등 설계하중의 세부산정 내용이 없어 자세한 검토를 할 수가 없음. 호안 축조시 하중 조합은 발생할 수 있는 계획지반고 이상시의 수압 영향이 미고려됐으며, 투기시 및 지진시는 수압의 영향을 적절하게 고려했음.

- 구조물 단면력 계산은 단계별 하중을 적용한 단면을 검토했으며, 집수정은 강도/한계상태설계법을, 여수토 관보호공, 안전난간, CCTV Ploe, 등주, 해충퇴치기 등은 허용응력설계법을 적용하였음. 호안은 외적 및 원호활동 안정성을 검토하였음. 기타부재로 세륜시설은 작업차량 하중 등에 대한 안전성 검토를 수행했고, 시스템비계는 풍하중 및 작업하중에 의한 응력을 검토, 집수정 덮개는 유지관리시 작업하중에 의한 응력을 검토, 안전난간, CCTV Ploe, 해충퇴치기, 등주 등은 순간최대 풍하중 시, 지진시 안전성 검토 등을 수행했음. 단면력은 설계강도, 허용응력 값 이내로 구조물 안전성을 검토함으로써 적절하게 검토함.

<종합 소결>

- 내진 I 등급으로 내진설계를 상향, 순간최대 풍속하중을 60m/s 로 상향하여 안정성 및 안전성 만족을 위해 보수적으로 설계한 점 등은 우수하나, 호안 축조시 하중조합의 경우 수압의 영향이 미고려된 점 등을 고려하면 설계 하중 및 단면력 계산은 다소 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성(구조물 안정성 확보의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- 호안 축조시, 투기 완성시에 외적 및 원호활동에 대한 안정성을 검토했으며, 여수토 집수정의 경우 하중조합에 의한 강도설계 기준을 만족함. 다만, 집수정이 흙관과 연결되어 있어 충분한 안정성이 확보될 것으로 판단하여 활동, 전도에 대한 검토를 생략했음.
- 지진시 구조물 안정성 평가를 위해 유체-구조물-지반 상호작용을 고려한 시간이력해석을 적용하였으며, 내진 I 등급 붕괴방지수준에 대한 응력 및

변위를 검토함. 기초조사시 입력지진파(3종)보다 많은 인공지진파, 하치노헤 지진파, 진해 지진파, 경주 지진파, 노토 지진파, 오푸나토 지진파, 포항 지진파, 타바스 지진파 등 8개 입력지진파에 대해 검토했음. 해석결과, 허용 변위 200mm이내, 허용응력 18.2MPa 이내로 내진안정성을 검토함

- 지진해일시 여수토 집수정은 파압, 자중, 수압 및 부력 등을 적용하여 수평 변위 시간이력해석을 수행했으며, 허용 변위 200mm이내, 허용인장응력 3.73MPa, 허용압축응력 14.0MPa 이내 구조물 안정성을 검토함

<종합 소결>

- 내진 I 등급으로 내진설계를 상향, 입력지진파 8종에 대해 세부검토를 수행한 점, 지진해일시 여수토 집수정 안정성 검토를 수행한 점 등을 고려시 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성(단계별 해석과정의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- 호안축조시, 완공시, 투기시, 지진시로 나눠 단계별 해석을 수행함. 호안 축조시 고정하중과 토압 등을 고려, 완성시에서는 고정하중, 토압, 상재하중, 활하중 등을 고려, 투기시 고정하중, 토압, 상재하중, 활하중, 잔류수압 등을 고려, 지진시 고정하중, 토압, 상재하중, 활하중, 잔류수압, 지진력 등을 고려했음. 아울러, 시공중 단계별 타설을 고려한 콘크리트 수화열 해석시 온도균열지수 $I_{cr}=1.2$ 이상으로 균열검토조건을 만족함. 다만, 시공단계별 하중 산정 수치근거를 미제시하여 자세한 검토를 할 수가 없음.

<종합 소결>

- 시공상황, 타설순서 등을 고려하여 단계별 해석을 수행한 점 등은 우수하나, 단계별 하중 산정 수치근거를 미제시한 점 등에 따라 다소 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성(가설구조물 구조검토의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- 공사 중 가설 구조물인 세륜시설, 여수토 집수정 가설비계 및 거푸집에 관한 안전성을 검토함. 세륜시설은 표준트럭하중(KL-510), 토압 등을 고려해 RC구조물 안전성을 검토했고, 여수토 집수정 가설비계는 풍하중, 작업하중 등을 고려해 수직재, 수평재, 사재의 강재 안전성을 검토함. 또한 여수토 집수정 벽체 콘크리트 타설시 발생하는 콘크리트 측압에 대한 거푸집 강재의 안전성을 검토함.

<종합 소결>

- 공사 중 가설구조물인 세륜시설, 여수토 집수정 가설비계 및 거푸집에 관해 적정하게 안전성을 검토한 점 등을 고려시 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성(부재선정 및 내구성 확보의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- 구조물 부재선정은 간만대, 비말대 등 환경조건을 고려하여 RC 강도 35MPa, 무근콘크리트 강도 30MPa로 적용했고, 시멘트 혼합비는 시멘트 50%, 고로슬래그 40%, 플라이애쉬 10%를 적용함. 여수토 집수정의 RC 구조물은 방청제를 혼합하여 내구성을 보강하였음. 여수토 집수정 안전난간은 최대 순간풍속 60m/s를 적용하고, 염해환경성을 고려해 무기질 중방식 도장을 적용함. 또한, VE/LCC분석을 통해 시멘트 혼합비(3성분계 5:4:1, 방청제), 여수토 벽체두께(400mm) 등을 적용함.
- 염해환경에 대한 내구 1등급 기준(목표내구수명 100년)을 설정하고 정량적 내구성평가, 염분침투해석, 신뢰도 기반 염해 내구성평가, 탄산화 내구성평가, 동결융해 내구성평가, 황산염 내구성평가 등을 수행함. 여수토 집수정 피복두께 89.0mm를 적용하여 염해 내구수명 134년 산정됐으며, 적출장반과공은 피복두께 107.5mm를 적용하여 내구수명 139년 산정하여 내구수명 100년 이상을 만족하게 설계함. 또한, 여수토 집수정은 4단 콘크리트 타설을, 적출장반과공은 2단 콘크리트 타설을 고려해 온도균열지수 $I_{cr}=1.2$ 이상으로 검토함.

<종합 소결>

- 구조물 부재 선정은 환경조건을 고려해 구조물 강도, 시멘트 혼합비, 도장 방식 등을 결정했으며, VE/LCC 분석을 통해 적정한 시멘트 배합비, 여수토 벽체 두께 등을 결정함. 또한, 정량적 내구성평가, 염해해석 등을 수행하여 내구 1등급 기준을 만족함에 따라 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성(구조물 단면설계의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- 여수토 구조물의 단면 설계는 시공단계별 하중을 고려한 3차원 유한요소 해석을 적용하였으며, 단면검토는 강도설계법과 한계상태설계법을 병행 검토하였음. 호안측벽은 H16@100, H13@100, 투기장 측벽은 H13@100, 측벽은 H22@100, H16@100, H13@100, 중간벽, 저판, 월류벽, 뒷굽 및 압굽, 측면굽은 H13@100으로 철근을 배근하여 설계강도, 균열폭을 만족함.
- 여수토 관호보공은 지반조건 및 상부하중(사석)을 고려한 3차원 Solid 및 Plate 유한요소해석을 적용하여 단면검토를 수행했으며, Solid 해석시 무근 콘크리트는 허용응력설계법으로 검토하고, Plate 해석시 강도설계법으로 구조물 설계 단면을 검토함.
- 토류관은 토압, 수압 등을 고려해 허용응력을 만족하는 단면설계를 수행했으며, 안전난간, CCTV Pole, 해충퇴치기, 등주는 설계풍속, 지진력 등을 고려해 허용응력을 만족하는 단면설계를 수행함.

<종합 소결>

- 구조물 단면설계는 시공단계별 하중 및 토압, 수압, 풍하중 등 작용하중에 따라 요소별 해석을 수행했음. RC부재의 경우 적정 철근을 배근하여 설계 강도, 균열폭을 만족했으며, 기타 부재는 허용응력설계법 등에 따른 단면 검토를 적정하게 수행함. 다만, RC부재인 적출장 반파공에 대한 단면 설계 및 검토를 확인할 수 없어 다소 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성(구조물 국부(응력집중부) 상세설계)

<대우건설 컨소시엄>

- 여수토 집수정 우각부에 대해 구조물 국부 응력집중부 상세설계로 FEM, STM해석을 수행하여 H22@100의 철근보강을 했음.
- 여수토 관보호공은 상부에 사석 성토시 충격력에 의한 응력 집중부 검토를 수행했으며, 허용응력 이내로 설계함. 여수토 집수정 덮개 인양시 발생하는 집중력, 덮개 들고리 단면 검토를 수행했음. 아울러, 여수토 집수정 하부의 사석 일부 유실(L/3)시 발생할 수 있는 부등침하에 대한 안전성 검토를 수행함. 다만, 여수토 집수정과 여수토관 사이에 응력집중부 검토가 미제시 되었으며, 응력집중부 세부검토가 필요할 것으로 보임.

<종합 소결>

- 구조물 국부응력 집중부인 우각부는 FEM, STM 해석을 수행하여 철근을 보강했으며, 여수토 관보호공 성토시, 여수토 집수정 부등침하시, 집수정 덮개 인양시 등 응력집중 발생시 적정하게 상세설계를 수행했으나, 여수토 집수정과 여수토관(또는 여수토관보호공)사이에 발생하는 응력집중부 상세 검토가 미제시된 점 등을 고려시 다소 우수하게 설계했다고 판단함.

○ 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성(인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 적정성)

<대우건설 컨소시엄>

- 시공 중 여수토 관보호공 사석 충격 검토, 적출장 반파공 신축이음 간격 검토 등 인접구조물 영향검토를 수행함.
- 1공구 접속부 유지관리용 회차장 3개소(북측방파호안 접속부, 투기장 2구역 접속부, 내부가호안 접속부)을 계획하였으며, 1공구 접속부 취약구간에 장주 2열 보강하는 등 접속계획을 수립함.

<종합 소결>

- 여수토 관호보공 사석 충격 검토, 적출장 반파공 신축이음 간격 검토 등 인접 구조물 영향 검토를 수행하고, 유지관리용 회차장 3개소 확대(기초 조사시 2개소), 접속부 취약구간 보강 등을 통해 접속계획을 수립한 점 등은 우수하나, 접속구간에 대한 준설토 유출방지 세부방안, 적출장 인근 구조물 영향 등을 미제시한 점 등을 고려시 다소 우수하게 설계했다고 판단함.
- **평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획(유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획)**

<대우건설 컨소시엄>

- 유지관리 편의성 향상을 위해 유지관리용 양방향 통행폭 확보, 유지관리용 회차장(3개소), 안전난간, 자동화 계측관리, 여수토 2개소, 등주 1개소, 지능형 CCTV 2개소 설치 등을 계획함.
- 유지관리비용 절감을 고려해 여수토 집수정은 3성분계 시멘트(방청제 혼합) 적용, 안전난간은 무기질 중방식 도장 계획 등을 수행하고, 염분침투해석, 사석충격해석 등을 수행해 내구성능 등을 검토함.

<종합 소결>

- 유지관리 편의성 향상 및 관리비용 절감을 위해 양방향 통행 유지관리로, 여수토, 지능형 CCTV, 자동화 계측관리 등을 설치하고, 3성분계 시멘트와 방청제를 도입한 점 등은 우수하나, VE/LCC분석에 따른 유지관리 절감 비용 등을 제시하지 못한 점 등을 고려시, 다소 우수하게 설계했다고 판단함.
- **평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획(신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석)**

<대우건설 컨소시엄>

- 재료적으로 방청제, 무기질 중방식 도장, 3성분계 시멘트를 적용하였고, 해석기법으로 FSSI, 염해침투, 수화열, 우각부, 사석 충격력, 관보호공 해석을 적용하였으며, 시공적으로는 BIM, 스마트공사용 등부표, IoT 통합

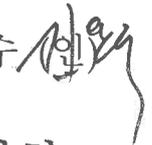
해상관제시스템, 3D MG자동화 시공 등 신기술, 신공법을 총 13개 항목에 적용하였음.

<종합 소결>

- 재료선정, 구조해석, 시공성 개선 등 총 13건의 신기술, 신공법을 도입했으며, 이로 인해 내구성, 안전성 증진 효과를 도출하였으나, 신기술, 신공법에 대한 VE/LCC분석에 따른 성능 효과 등을 제시하지 못한 점 등을 고려시, 다소 우수하게 설계했다고 판단함.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 김 용 수 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

설계평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사
일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목구조

평 가 사 유

1. 평가항목 : 설계기준의 적정성

1-1) 구조물 설계법 적용기준

□ 기초조사 용역

- 주요 설계기준 및 시방규정
 - 구조물설계법 : 단면 검토 구조물이 없으므로 미제시
 - 설계과고 및 파압 : 1.8~2.2m(50년빈도), 40.9kN/m²
 - 설계풍속기준 : 순간최대풍속 42.7m/s
 - 상재하중 : 15kN/m²(호안)
 - 차량하중 : 미제시
 - 내구등급 : 미제시
 - 내진등급 : II등급 (붕괴방지수준, 3중 지진파)
 - 콘크리트 강도 : 콘크리트 블록 : 30MPa, 세륜시설 : 24MPa
 - 시멘트 : OPC
- 구조물에 적합한 설계법 적용
 - 강도, 한계, 허용 : 단면 검토가 필요한 구조물 없음
 - 구조물 해석기법 : 단면 검토가 필요한 구조물 없음
 - 특화해석 : 기초조사 단계로 해당사항 없음

□ 대우건설

- 주요 설계기준 및 시방규정

- 구조물설계법 : 주요구조물(강도+한계상태), 무근 콘크리트 구조물 (강도 및 허용응력설계법)
 - 설계과고 및 파압 : 2.0~2.2m(50년빈도) / -
 - 설계풍속기준 : 순간최대풍속 60m/s
 - 상재하중 : 15kN/m²(호안), 5kN/m²(집수정 덮개)
 - 차량하중 : KL-510
 - 내구등급 : 1등급
 - 내진등급 : I 등급 (붕괴방지수준, 8종 지진파)
 - 콘크리트 : 집수정 및 반파공 : 35MPa, 세륵시설 : 30MPa
 - 시멘트 : 3성분계+방청제
 - 피복두께 : 89mm 이상(집수정), 107.5mm(반파공)
 - 허용균열폭 : 0.3mm이하(균열제어로 내구성 증진)
 - 균열제어 : 균열지수 1.2이상(수화열에 의한 균열 발생 제한)
- 구조물에 적합한 설계법
 - 강도설계법/한계상태설계법 : 여수토 집수정
 - 강도설계법 : 세륵시설
 - 허용응력설계법 : 강구조물, 가시설물, 여수토 관보호공
 - 구조물 해석기법 : 3D Frame 및 Plate 해석, Solid 해석, STM 해석
 - 특화해석 : 염분침투, 수화열, FSSI, 지진해일, 응력집중부 해석

[평가의견]

- 콘크리트 구조물(관보호공 등)에 허용응력설계법을 적용한 기준과 근거가 일부 불명확하나 필요시 단면력 비교도 함께 수행되었으므로 강도설계법에 준하여 설계가 적용된 것으로 판단되며 발생 응력도 미미한 수준임.
- 주요 콘크리트 구조물(집수정)에 있어서는 강도설계법 이외에 한계상태설계법도 함께 고려
- 기초조사 대비 상향된 내구 및 내진 I 등급 적용

- 해석기법으로는 3D 및 국부해석, FSSI, 염분침투해석, 수화열 해석 등 다양한 해석기법이 적용되어 안전성, 내구성 및 안정성 확보함
- 따라서 '구조물 설계법 적용기준'은 우수한 것으로 판단됨.

1-2) 구조물 내구성 및 안전성을 고려한 설계기준

□ 기초조사 용역

- 구조물 내구성 : 기초조사 단계로 해당 사항 없음
- 구조물 안정성 : 내진 II 등급, 기반암 $A=0.088g(A_{max}=0.161g)$, 수평 변위 300mm(KDS 64 17 00)

□ 대우건설

- 구조물 내구성 : 내구 1등급 / 내구수명 100년
 - 내구성 허용기준 : 내구 1등급, 물-결합재비 0.379, 설계기준 강도 35MPa, 결합재량 435kg/m³, OPC(50%)+GS(40%)+FA(10%)+방청제
 - 철근 순피복두께 : 89mm(여수토 집수정), 107.5mm(적출장 반파공)
 - 휨균열 : 허용균열폭 0.3mm이하
 - 온도균열 : 온도균열지수 1.2 이상, 적용외기 온도 5, 20, 30℃
 - 내구 안전성 : 3성분계 혼합시멘트, 방청제, 염분침투해석, 수화열 해석, 정량적 내구성 설계, 신뢰도 기반 염해내구성 평가
- 구조물 안정성 : 내진 I 등급 상향, 기반암 $A=0.123g(A_{max}=0.173g)$, 수평변위 200mm
 - 신뢰성 기준 : 신뢰도지수 1.96이상(부식확률 2.5%이하)
 - 내구안정성 : FSSI 내진해석(강화된 200mm 기준, 8개 지진파), 지진해일 안정성 평가
 - 부재안전성 : 강도/한계 설계법, 2·3차원 해석, 부재력 검토

[평가의견]

- 구조물 내구성 확보를 위해 내구수명 100년 이상의 내구 1등급을

설계기준으로 선정하였으며 관련 내구성 검토를 위해 다양한 해석(염분침투해석, 수화열해석, 정량적 내구설계)을 진행하였음.

- 내진 안정성 확보를 위해 내진 I 등급을 적용하고 FSSI 해석을 수행하였음.
- 또한 기초조사용역의 기준을 상회하는 내진 및 내구등급을 적용하고 관련하여 상세한 해석을 수행한 것으로 평가됨.
- 이에 따라 '구조물 내구성 및 안정성을 고려한 설계기준'은 매우 우수한 것으로 판단됨.

2. 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성

2-1) 설계하중 및 단면력 계산의 적정성

□ 기초조사 용역

- 설계하중의 적정성

- 주요구조물인 무근콘크리트 블록에 대한 고정하중(블록 자중), 상재 15.0kN/m^2 , 토압 25.8kN/m^2 , 수압 56.6kN/m^2 , 설계파고 (1.8m~2.2m, 50년빈도), 지진하중(0.0805g) 등을 적용 후 안정성 검토 수행
- 세륜시설, 안전난간 및 기타 시설은 기초조사 단계로 해당 내용 없음

- 단면력 계산은 기초조사 단계로 해당 사항 없음

□ 대우건설

- 설계하중의 적정성 : 시공 단계별 하중 적용이 적정함(호안축조, 완공시, 준설토 투기시, 지진시 등)

- 주요 구조물(여수토 집수정) : 주요 구조물인 여수토 집수정에 대해 고정하중(자중), 상재 15.0 kN/m^2 , 작업하중 5.0 kN/m^2 , 사석토압 44.3 kN/m^2 , 준설토압 31.3 kN/m^2 , 상재토압 9.0 kN/m^2 , 수압 62.6 kN/m^2 , 50년 빈도 설계파고(2.0m~2.2m), 표준트럭하중(KL-510), 지진하중

($A_{max}/2=0.0865g$) 등의 적정 설계하중 적용

- 세륜시설에는 고정하중, 토압, 표준트럭하중(KL-510)을 적용
- 안전난간에는 고정하중, 순간최대풍속을 상향한 풍하중($60.0m/s$), 수직 하중, 수평하중 등 적용
- 기타 시설(CCTV Pole, 등주, 가설비계 등) : 고정하중, 풍하중 적용

• 단면력 계산의 적정성

- 여수토 집수정 : 위의 설계 하중을 강도/한계상태설계법, 스프링 계수 적용, 3D 유한요소해석, STM해석, 지지력 불균등 검토, FSSI 해석 등에 적용함으로써 상세한 검토가 이루어진 것으로 보임.
- 이밖에 여수토 관보호공, 세륜시설 및 기타시설 등에 필요시 스프링계수 적용과 3D(Solid, Plate) 유한요소해석이 필요할 경우 적용 하였으며 비교적 단순한 구조인 기타시설에 단순지지 경계조건에 2D Frame 유한요소해석을 수행하였음.

[평가의견]

- 대우건설 여수토 관보호공에도 집수정과 같이 지지력 불균형에 따른 영향을 검토하였으며 집수정과 관보호공 모두 호안이 받는 파 력 및 관 내부 해수 흐름에 대한 외력 검토함.
- 태풍 내습시 유속 $5.44m/s$ (항만 및 해안 분야 보충/추가질문 답변서 참고)의 영향 및 해수의 자중과 수압 등의 검토가 필요해 보 임
- 관보호공, 세륜시설, 안전난간 및 CCTV pole 등의 외력으로 월파 의 영향 등을 향후 실시설계 단계에서는 검토가 필요해 보임.
- 다만 주요 구조물에 대해서는 구조물의 특성을 고려하여 단계별 설계하중을 합리적으로 판단하여 적용하는 등 적정한 설계하중과 상세한 해석기법을 적용하여 단면력 또는 허용응력을 계산하고

그 결과를 적정하게 비교한 것으로 판단됨.

- 따라서 '설계하중 및 단면력 계산의 적정성'은 전반적으로 우수한 것으로 판단됨.

2-2) 구조물 안정성 확보의 적정성

□ 기초조사 용역

- 외적 안정성 해석

- 호안(블록형상치 + 사석경사제)에 대한 활동 $4.99 > 1.2$, 전도 $18.43 > 1.2$, 직선활동 $1.32 > 1.2$ 이 모두 안정한 것으로 확인되었으며 지지력에 대한 최대반력(161.0kN/m^2)도 허용지지력(500kN/m^2)을 초과하지 못하는 것으로 확인
- 여수토 집수정은 기초조사 단계로 해당 사항 없음

- 지진시

- 지진시 안정성 검토에 3개의 단/장주기 및 인공지진파 활용

□ 대우건설

- 외적 안정성 해석

- 호안 : 사석경사제 형식의 호안으로 활동 전도 및 지지력 검토가 수행되지 않음.
- 여수토 집수정 : 활동, 전도검토 수행하지 않았으며(집수정이 흙관과 연결되어 있다고 판단하여 생략) 완성시 지지력의 최대 반력은 기초조사 대비 낮게 산정됨 ($20.2\text{kN/m}^2 < 500\text{kN/m}^2$)

- 지진시

- 호안: 검토되지 않음
- 여수토 집수정: 지진시 최대반력을 저감시켰으며 8개 지진파 활용 및 FSSI 해석 수행을 통한 안정성 및 안전성 검토 수행(추가로 지진해일 안정성 검토 수행)

[평가의견]

- 대우건설의 사석경사제 호안 활동, 전도 및 지지력 검토는 수행되지 않았으나, 남방파제가 완전히 축조되기 전과 준설토 투기장 매립 전 시공 단계에서 제체사석 내부 변형 가능성에 대해서는 향후 실시 설계 등에서 상세 검토가 필요해 보임.
- 여수토 집수정의 경우에도 안정성이 높다고 판단하여 활동 및 전도 검토 생략 (향후 실시설계에 보다 상세한 검토 필요해 보임)
- 위에 기술한 내용에 대해 검토대상으로 판단되나 대단면 광폭 사석 경사제와 함께 1m^3 의 피복석을 활용하는 등 매시브(Massive)한 구조물 특성상 그 영향은 미미할 것으로 판단됨.
- 특히 주요 구조물인 여수토 집수정의 지지력 검토를 통하여 외적 안정성을 확보하였고, 지진시 8개 지진파를 적용한 FSSI 내진해석과 지진해일 안정성 평가도 추가로 수행하였음.
- 이러한 내용을 종합적으로 판단할 때 '구조물 안정성 확보의 적정성'은 전반적으로 우수한 것으로 판단됨.

2-3) 단계별 해석 과정의 적정성

□ 기초조사 용역

- 여수토 집수정 : 기초조사 단계로 해당사항 없음
- 집수정 덮개 : 기초조사 단계로 해당사항 없음

□ 대우건설

- 여수토 집수정
 - 호안축조시(고정하중+토압=3.35 kN·m), 완성시(고정하중+상재하중+활하중+토압=3.9 kN·m), 투기시(고정하중+상재하중+활하중+토압+잔류수압+부력=137.32 kN·m), 지진시(고정하중+상재하중+활하중+잔류수압+부력+지진시토압+관성력=91.32 kN·m) 단면력을 단계별로 검토하여 저항값인 227 kN·m 이하임을 확인

- 집수정 덮개

- 인양시(고정하중+부가하중+저면마찰력=80.4 MPa)와 완공시(고정하중+작업하중=125.7MPa)를 고려하여 허용응력(160MPa) 이하임을 확인함.

[평가의견]

- 대우건설 여수토 집수정(덮개 포함)에 적용한 단계별 해석을 관 보호공에는 적용하지 않았으며 따라서 실시설계에서는 보다 상세한 설계가 필요할 것으로 판단됨.
- 여수토 집수정과 관 보호공의 상세한 외력 검토 후 파력의 영향이 미미함을 확인함.
- 주요 구조물인 여수토 집수정에 대해서는 고정하중, 상재하중, 활하중, 토압, 잔류수압, 부력, 지진시 토압 등을 시공 단계별(지진시 상황 포함)로 고려하였으며 부재에 따라 강도 및 한계상태설계법을 병행 적용하여 보다 안전한 단면검토를 수행한 것으로 판단됨.
- 따라서 '단계별 해석과정의 적정성'은 우수한 것으로 판단됨.

2-4) 가설구조물 구조검토의 적정성

□ 기초조사 용역

- 공사 중 가설구조물인 세륜시설 및 안전난간의 안전성 검토는 기초조사 단계로 해당 사항 없음

□ 대우건설

- 공사 중 가설구조물인 세륜시설, 여수토집수정 가설비계와 거푸집 등의 안전성 검토를 수행하였으며 해석 결과 세륜시설의 단면력 비교($M_u=35.9\text{kN}\cdot\text{m} < \Phi M_n=48.3\text{kN}$), 집수정의 가설비계 허용응력 비교(발생응력 65.1MPa < 허용응력 144.0MPa) 및 거푸집 허용응력 비교(발생응력 68.4MPa < 허용응력 187.2MPa)를 통해 안전성 확보됨을 보임.

[평가의견]

- 대우건설 가설 구조물인 세륜시설, 여수토 집수정 가설비계 및 벽체 거푸집에 대해 표준트럭하중(KL-510)과 상향된 설계풍속 60m/s을 적용하여 단면검토를 수행하였으므로 가설 구조물의 안전성을 확보한 것으로 평가됨.
- 따라서 '가설구조물 구조검토의 적정성'은 매우 우수한 것으로 판단됨.

3. 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성

3-1) 부재선정 및 내구성 확보의 적정성

□ 기초조사 용역

- 부재선정 : 현장타설 콘크리트 블록
- 내구성 확보 : 기초조사 단계로 해당 사항 없음

□ 대우건설

- 부재 선정 : VE/LCC 분석을 통해 부재를 선정하였음. (3성분계 (5:4:1+방청제) 배합비: 91.8점, 여수토 집수정 벽체두께 : 85.1점, 내구성 방청제 사용: 92.4, 집수정 현치 보강: 85)
- 내구성 확보 : 내구 1등급, 100년 이상 확보함, 3성분계, 방청제, 황산염, 염해(신뢰도 기반), 탄산화, 단계별 수화열 해석, 균열지수 1.2 이상 등 정량적 내구성 평가 이루어짐

[평가의견]

- 대우건설의 3성분계시멘트가 사용된 콘크리트의 수화열 특성 기본자료(단열온도상승곡선 계수 등)에 대한 근거가 일부 불명확함.
- 다만 VE/LCC 분석을 통해 재료 및 사용 부재를 선정하였으며 구조물 내구성 확보를 위한 신뢰도 기반 염분침투해석을 수행하였

으며 내구성 평가가 정량적으로 이루어짐.

- 따라서 '부재선정 및 내구성 확보의 적정성'은 우수한 것으로 판단 됨.

3-2) 구조물 단면설계의 적정성

□ 기초조사 용역

- 현장타설 무근콘크리트 블록에 대한 단면설계는 제시되지 않음

□ 대우건설

- 구조물 단면 설계

- 여수토 집수정 : 3D Plate 해석, 강도 및 한계상태설계법 병행 검토, 기초 지지력 불균등 검토 등에 대한 단면설계 수행
- 여수토 관보호공 : 3D Plate/Solid 해석, 허용응력설계법 및 단면력 비교를 통한 강도설계법 수행
- 여수토 집수정과 관보호공은 호안의 외력 검토 후 파력의 영향이 미미함을 확인
- 안전난간, 강재 기타 부대공 : 2D Frame 해석, 허용응력설계법
- 세륜시설 : 3D Plate 해석, 강도설계법 검토

[평가의견]

- 대우건설에서는 일부 콘크리트 구조물에 적용한 허용응력설계 관련 근거 및 가정을 보다 명확히 할 필요가 있어 보임.
- 주요 구조물에 대해 상세한 단면설계를 수행하였으며 구조물 특성을 고려하여 강도 및 한계상태설계법 병행하고 필요에 따라 허용응력설계법을 적용하여 단면설계의 신뢰성 및 구조안전성을 확보
- 따라서 '구조물 단면설계의 적정성'은 전반적으로 우수한 것으로 판단됨.

3-3) 구조물 국부(응력 집중부) 상세설계

□ 기초조사 용역

- 구조물 국부(응력 집중부) 상세설계
 - 기초조사 단계로 해당사항 없음

□ 대우건설

- 구조물 국부(응력 집중부) 상세설계
 - 여수토 집수정 우각부 상세해석 : FEM 및 S & T Model
 - 들고리(여수토 집수정 덮개) 응력집중부 상세해석, 여수토 집수정 기초 지지력 불균등 검토 등 우수
 - 사석 충격력에 대비한 여수토 관호보공 설계 수행
 - 관 보호공에 대한 지지력 불균등, 호안이 받는 파력의 영향검토

[평가의견]

- 대우건설의 여수토 관 보호공의 경우 지지력 불균등, 호안이 받는 파력의 영향 및 내부 해수의 유동에 따른 검토가 수행되었으나 관 보호공 내부 해수의 자중 및 수압, 태풍 내습 시 토출구 유속 (5.44m/s) 등 보다 상세한 고려가 필요해 보이며 보호공 사석 충격력 산정 방식의 가정 및 근거가 불명확함.
- 집수정과 관 보호공의 접합부 설계 및 국부설계에 관한 내용이 충분히 제시되지 못하여 향후 실시설계에 보다 상세한 설계가 필요할 것으로 판단됨.
- 다만 주요 구조물인 여수토 집수정 우각부에 대해 FEM 및 스트릭 & 타이모델 해석을 수행하여 응력 집중부 단면 안전성 확보, 들고리 상세해석, 여수토 집수정 기초 지지력 불균등에 대한 상황을 고려하여 국부 응력 집중부에 대한 상세설계를 수행함.
- 따라서 '구조물 국부(응력 집중부) 상세설계'는 전반적으로 우수한 것으로 판단됨.

3-4) 인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 적정성

□ 기초조사 용역

- 인접구조물 영향검토 : 기초조사 단계로 해당사항 없음
- 접속계획 적정성: 서측호안 종점부 준설토 유출 방지(저유동성몰탈 활용) / 유지관리용 회차장 2개소

□ 대우건설

- 인접구조물 영향검토
 - 적출장 반파공 신축량 영향 검토 수행 / 시공중 발생할 수 있는 여수토 관보호공 사석 충격 저항 성능 검토
- 접속계획 적정성
 - 준설토 유출 방지 필터 및 차수매트 적용 / 유지관리용 회차장(3개소) / 1공구 접속부 취약구간 장주 2열 보강계획 등 인접구조물의 영향 최소화를 위한 설계 반영

[평가의견]

- 대우건설 인접구조물 영향검토를 위해 수행한 관 보호공 사석 충격력 산정 방식의 가정 및 근거가 불명확함.
- 집수정과 관 보호공의 접합부 설계에 관한 내용이 충분히 제시되지 못하여 실시설계에 보다 상세한 설계 및 보강근 활용 여부가 결정되어야 할 것으로 판단됨.
- 다만 적출장 반파공 신축량을 검토/준설토 유출방지를 위해 필터 및 차수매트 서측 호안 전구간에 설치/ 1공구 접속부 취약구간에 장주 2열 보강 등의 조치 등으로 인접 구조물의 영향을 최소화 하였음.
- 따라서 '인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 적정성'은 전반적으로 우수한 것으로 판단됨.

4. 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

4-1) 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

□ 기초조사 용역

- 유지관리 편의성: 유지관리용 회차장(2개소)
- 관리비용 절감을 위한 시설물 계획: 마루폭(B=5.0m), 필터매트 50kN/m, 피복석(0.5m³급/1구간, 0.3m³급/2구간), 배면경사 1:1.2)

□ 대우건설

- 유지관리 편의성: 유지관리용 회차장(3개소), 8.0m 양방향 통행로, 안전난간, 자동화 계측관리(5개), 지능형 CCTV(2개소), 여수토(2개소), 등주(이설 1개소)
- 관리비용 절감을 위한 시설물 계획: 마루폭 B=8.0m(장래공사도로 활용), 복합매트 100kN/m, 피복석(1.0m³급), 3성분계 시멘트와 방청제 활용, 피복두께 89mm 이상, 강제 중방식 도장 적용

[평가의견]

- 대우건설에서는 유지관리 편의성을 위해 3성분계 혼합시멘트 및 방청제 사용, 강제 중방식 도장, 회차장 3개소, 마루폭 8.0m로 양방향 통행 가능, 자동화 계측관리(5개), 지능형 CCTV(2개소), 여수토 시설(2개소), 등주(이설 1개소) 등을 적용함.
- 관리 비용 절감을 위해 복합매트 100kN/m, 1.0m³급 피복석, 3성분계 시멘트와 방청제의 활용 및 강제 중방식 도장을 적용하는 등 유지관리의 편의성 및 관리 비용 절감을 위한 시설물 계획을 확인할 수 있음.
- 따라서 '유지관리 편의성 및 관리 비용 절감을 고려한 시설물 계획'은 매우 우수한 것으로 판단됨.

4-2) 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

□ 기초조사 용역

- 신기술 및 신공법 도입에 관한 내용은 기초조사 단계로 해당 사항 없음

□ 대우건설

- 신기술, 신공법 도입 : 총 11개 항목 적용
 - 내구성: 3성분계 배합, 방청제, 무기질 중방식 도장 (3건)
 - 해석: FSSI, 염해침투, 수화열, 우각부 해석(4건)
 - 시공: : BIM, 스마트공사용 등부표, IoT 통합 해상관제시스템, 3D MG 자동화 시공(4건)

[평가의견]

- 대우건설 관보호공의 사석충돌과 구조해석은 타 평가항목에서 기술한 내용에 따라 신기술 및 신공법에 해당하지 않는다고 판단됨.
- 내구성 분야에서 방청제, 무기질 중방식 도장, 3성분계 시멘트 3건을 적용, 해석분야에서 염분침투, 수화열, 우각부, FSSI 4건을 적용, 시공분야에서 BIM 등 4건으로 총 11개 항목의 신기술 및 신공법이 적용된 것으로 판단됨.
- 따라서 '신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석'은 우수한 것으로 판단됨.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 이 재 하



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계 심의
- 전문분야 : 토질 및 기초

평가 사유

○ 평가항목 : 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

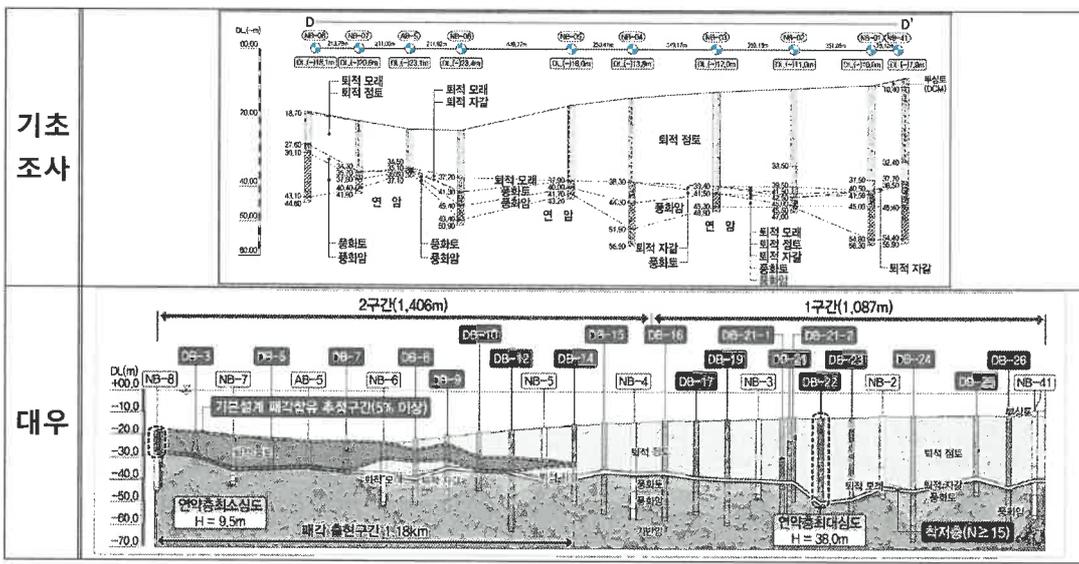
[지반공학적 지층 및 토질특성 분석]

□ 시추 및 인근 사업조사

- 기초조사용역 시에는 해당구역에 대하여 총 17공의 시추조사, 인근 8개 사업의 자료조사 등이 수행하여 이를 기반으로 지반 및 토질 특성을 분석
 - 대우측은 해당 조사 외에도 32공의 추가 시추, 2건의 터파기 조사, 인근 19개 사업의 지반자료를 분석하여, 약 2배 수준의 자료를 활용한 더 폭넓은 조사가 이루어진 것으로 판단

□ 지층 및 토질 특성 분석

- 기초조사용역 및 대우측 모두 퇴적층(점토, 모래, 자갈)-풍화토-풍화암-기반암을 기본으로 하는 지층구조로 분석하여 유사한 결과 도출
 - 다만, 대우측에서는 추가적인 시추조사를 통하여 좀더 세부적으로 지층 분포현황을 파악한 것으로 판단됨



평가 사유

- 토질 및 지반분야의 리스크 중 하나인 패각 구간에 대해서는, 기초조사용역에서는 1.34km 정도인 것으로 파악하였으나,
 - 대우측은 패각을 5%가 발생하는 구역을 중심으로 1.18km 구간을 설정하였으며, 미미하게 패각이 있는 그 외는 패각구간에서 제외
 - 추가적으로, 대우측에서는 DCM, 사석 등에 대한 내구성과 함께 준설토 특성도 분석하기 위한 특화실험 등 수행
- ⇒ 전체적으로 살펴보았을 때, 기초조사용역 대비 대우측에서 조사범위, 분석항목 및 내용 등을 좀더 폭넓고 면밀히 분석한 것으로 판단됨. 다만, 5% 미만의 패각이 발생하는 경우에 대한 추가적인 조사는 필요할 것으로 판단

[지반특성에 부합한 토질정수 산정]

□ 연약지반

- 연약지반에 대한 압밀특성 평가 시 대우측이 연약지반에 대하여 압축성, 강도 등에서 좀더 보수적으로 평가한 것으로 판단

[연약 지반]	함수비 (%)	초기 간극비	압축 지수	비배수 전단강도 (kPa)	강도 증가율	수직 압밀계수 (cm ² /s)	수직 투수계수 (cm/s)
기초조사	71.0	2.000	0.93	17.5D+1.13	0.36	2.3×10 ⁻³	1.8×10 ⁻⁷
대우	76.5	2.154	1.01	1.62D+1.31	0.32	2.22×10 ⁻³	1.95×10 ⁻⁷

□ 설계정수 및 동적물성치

- 지층 구분 시 기초조사용역에서는 N=6을 기준으로 하였으나, 대우측은 q_u , q_c 등의 자료를 활용하여 N=10을 기준으로 선정
 - 강도 및 변형과 관련된 설계정수에 대해서는 점토층 점착력, 풍화토 및 기반암 변형계수 등 일부를 제외하면, 큰 차이는 없는 것으로 확인
 - 동적물성치 평가의 경우, 대우측은 기초조사용역 대비 인근자료 분석, 추가적인 S-PS 검층, 공내밀도검층 등을 활용하여 변형과 관련된 설계정수를 산정하였으며, 신규로 산정한 V_p 를 산정하였고, 대부분의 동적물성치를 수정하였으며, 특히 K_d 는 기초조사용역 대비 최대 1/4 수준의 보수적인 값으로 평가

평가 사유

- 원지반이 아닌 사석의 경우, 기초조사용역에서는 관련 설계기준 등을 준용하여 물성치를 파악하였으나, 대우측은 별도의 물성치 시험 등과 함께 환경성, 내구성 분석 등도 수행

⇒ 기초조사용역 대비 대우측에서는 추가적인 조사, 실험 등을 통하여 신뢰도 있는 토질정수를 재산정하였으며, 동적물성치 중 일부들도 신규 항목으로 추가하여 제시하는 등 토질정수 산정에 개선이 있는 것으로 판단

[침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전율 산정]

□ 상재하중

- 상재하중 조건은 기초조사용역과 대우측의 큰 차이는 없으며, 다만 육측 재하성토 단계에서 재하토의 높이를 0.5m 증고한 하중을 적용

[호안]	축조완료시	투기완료시	재하성토시	지진시
기초조사	15kN/m ²	15kN/m ²	15kN/m ²	7.5kN/m ²
대우	15kN/m ²	15kN/m ²	15kN/m ²	7.5kN/m ²

[육측]	투기완료시	재하성토시	지진시
기초조사	매립토	매립토+재하토(6.5m)	매립토
대우	매립토	매립토+재하토(7.0m)	매립토

□ 침하 및 변위기준

- 대우측은 허용잔류침하 5cm, 부등침하 1/500을 적용하여 기초조사용역 대비 강화된 기준을 적용하였으며 허용수평변위에 대해서도 상시, 지진시의 기준을 모두 신규로 제시

	허용잔류침하	허용부등침하	허용수평변위
기초조사	10cm	1/300	-
대우	5cm	1/500	10cm(상시)/20cm(지진시)

평가 사유

□ 안전율

- 원호활동 안전율과 사석마운드 허용지지력은 기초조사용역과 대우측이 모두 동일한 조건으로 설정

[원호활동]	축조완료시	투기완료시	부지개량시	지진시
기초조사	1.3	1.3	1.1	1.0
대우	1.3	1.3	1.1	1.0

[사석마운드 허용지지력]	축조완료시	투기완료시	부지개량시	지진시
기초조사	500kN/m ²	500kN/m ²	500kN/m ²	600kN/m ²
대우	500kN/m ²	500kN/m ²	500kN/m ²	600kN/m ²

- DCM 외적안전 중 지지력에 대한 안전율은 대우측이 축조완료, 투기완료 및 지진에 대하여 기초조사용역 대비 높게 설정(2.5→3.0)하였으며, 그 외의 사항은 모두 동일하게 적용

[지지력]	축조완료시	투기 완료시	지진시
기초조사	2.5	2.5	2.5
대우	3.0	3.0	3.0

□ 내진

- 대우측은 내진등급 상향에 따른 재현주기, 지반가속도 등을 강화하였으며, 설계시 적용한 지진파도 기존 3종에서 8종으로 확대 적용

[지지력]	내진등급	재현주기	지진파	유효수평 지반가속도	지표면 가속도
기초조사	Ⅱ등급	500년	3종	0.088g	0.161g
대우	Ⅰ등급	1,000년	8종	0.123g	0.173g

□ 내구성

- 사석 및 DCM에 대한 내구성에 대해서는, 기초조사용역에서는 별도 검토를 수행하지 않았으나, 대우측에서는 내구성, 풍화민감도 분석 등 수행

⇒ 대우측에서는 기초조사용역과 동일한 기준을 적용한 사례도 있으나, 침하 및 변위기준, DCM 지지력 기준, 내진설계 등 일부 중요한 기준을 상향하여 적용한 것으로 판단

평가 사유

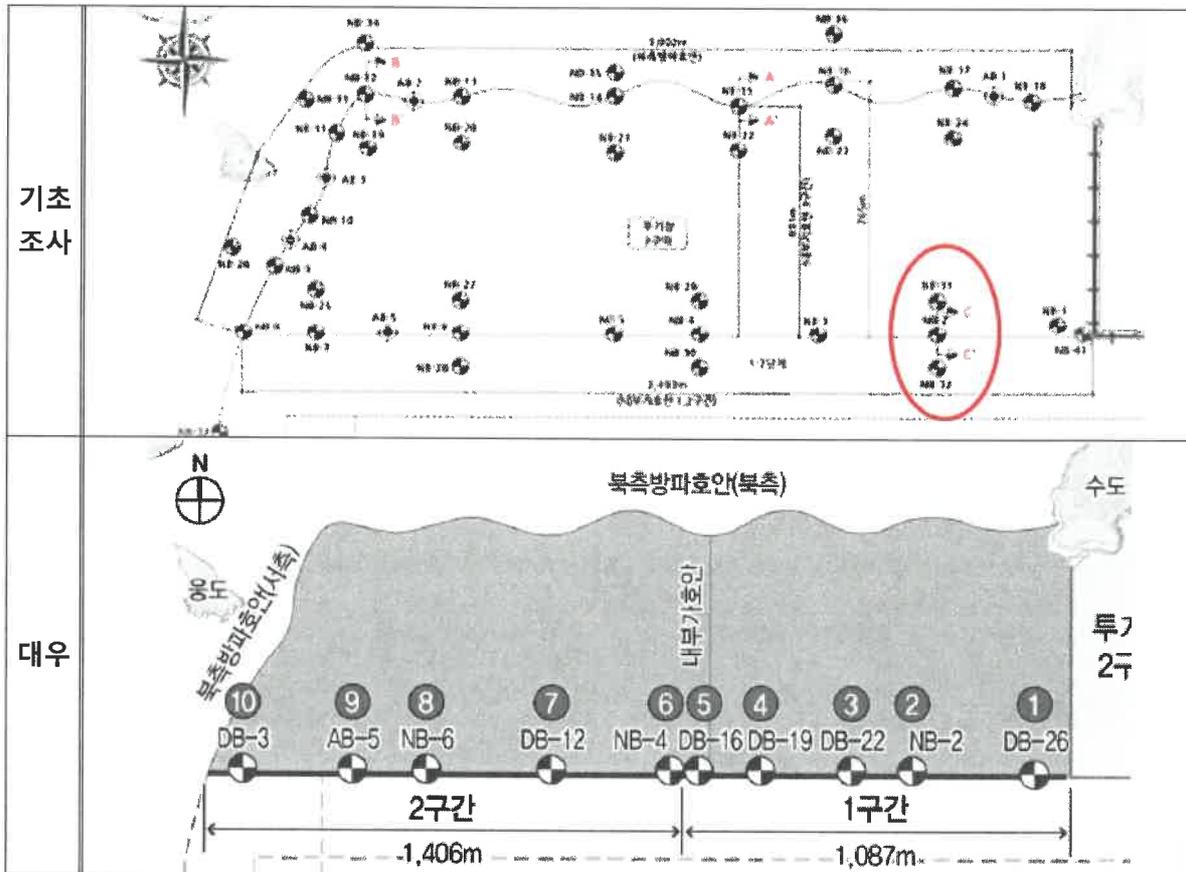
○ 평가항목 : 기초지반처리 적정성

[기초지반처리 필요성 검토]

□ 검토단면 및 조건

○ 기초조사용역에서는 기초지반처리의 필요성을 검토하기 위하여, 1개 단면에 대한 해석을 수행하였으나, 대우측에서 10개 단면을 적용하여 기초지반처리 필요성 검토

- 기초조사용역에서는 세부 검토 항목으로 상시 및 지진시의 원호활동 및 지지력(편심, 경사), 침하량을 검토하였으며, 대우측은 침하량과 함께 축조완료 및 투기 완료시(상시, 지진시)로 세분화하여 원호활동 안정성 산정



□ 검토결과

○ 기초조사용역 및 대우측에서 모든 구간의 기초처리가 필요하다는 결론은 동일하게 도출하였으나, 기초조사용역의 안전율은 0.197~0.268, 잔류침하량은 440.19cm가 나온 반면, 대우측은 안전율 0.244~0.642, 잔류침하량은 59~578cm로 산정하여 좀더 보수적으로 해석을 수행한 것으로 판단

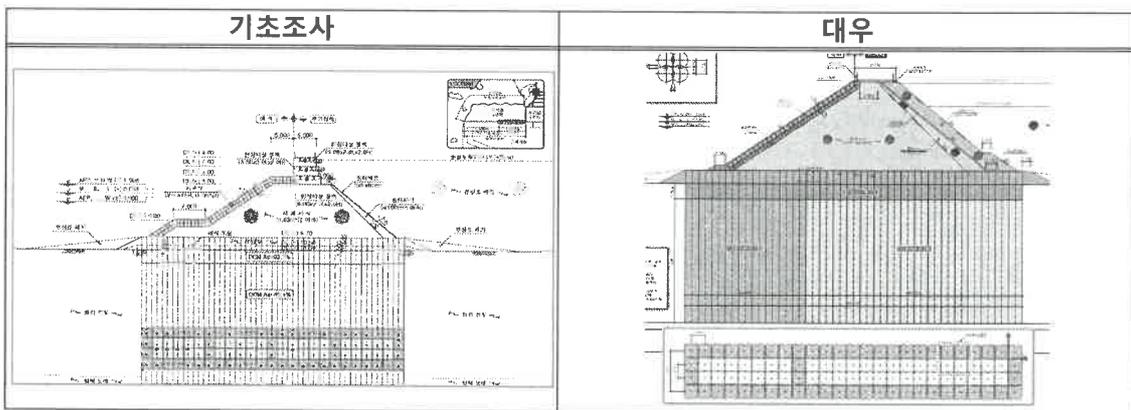
평가 사유

⇒ 기초처리의 필요성에 대해서는 기초조사용역 대비 대우가 좀더 폭넓게 해석을 수행하였고, 최종결과는 동일하나 그 결과값에서 보수적으로 해석한 것으로 판단

[기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토]

□ 기초처리공법 선정

- 기초조사용역 및 대우측 모두 기초지반공법으로 DCM을 선정하였으며, 장주 및 단주가 복합된 전구간 블록식+일체형 격자식으로 계획



□ DCM 설계적용

- 적용된 DCM의 경우, 기초조사용역 대비 대우측에서는 직경, 장비 및 시공 중첩정도를 모두 상향하여 적용
 - 설계강도에서, 기초조사용역에서는 2.4MPa를 목표로 고화제량을 산정하였으며, 일반구간(부상토 포함), 패각 등 2개의 경우에 대하여 시멘트량을 산정하였으나, 대우측에서는 부상토는 별도 설계강도를 설정하고 그에 맞는 고화제량을 산정하였으며, 일반 및 패각에 대해서는 기초조사용역 대비 낮은 고화제량 적용
 - 추가적으로 5% 이하 패각에 대하여, 일반구간에 적용되는 고화제량 230kg/m³에 대한 적정성은 별도 검토가 필요할 것으로 판단

[DCM]	직경	중첩	설계강도	고화제량
기초조사	1350mm	200mm	2.4MPa	250kg/m ³ (일반구간, 부상토), 300kg/m ³ (패각)
대우	1600mm	300mm	2.4MPa 1.0MPa (부상토)	120kg/m ³ (부상토) 230kg/m ³ (일반구간), 280kg/m ³ (패각구간)

평가 사유

□ 개량범위 및 개량률

- 기초조사용역 대비 대우측의 기초설계에서 DCM 착저층의 기준을 상향하여 근입깊이 및 개량폭을 증가하여, 전체적으로 DCM 처리범위가 확대된 것으로 확인
- 또한 개량 범위 내에서도 단주 길이 확대, 장주 배치개선, 개량률 증가 등을 설계에 적용한 것으로 확인

□ 시공성 및 품질확보

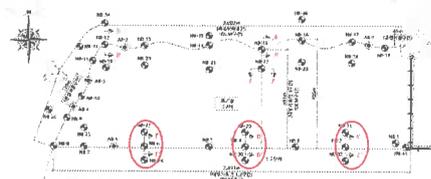
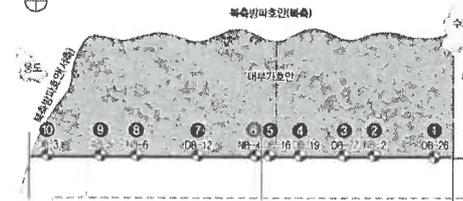
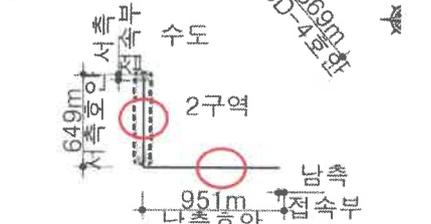
- 기초조사용역에서는 1차, 2차 시험시공결과, 시공 전·후 확인조사 등을 통하여 그 적정성을 확인하였으며,
- 대우측에서는 부상토 품질을 확인하기 위한 선단처리, 인발속도 저감, 개량체 품질 확보를 위한 멀티오거, 인발속도 감소 등 적용하였고 시험시공에 대한 계획도 별도로 수립하였으며, 시공 전·후 확인조사의 수량도 확대 적용

□ 취약구간 설정

- 기초조사용역에서는 패각구간을 취약구간으로 설정하고, 이에 따라 고화제량을 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 으로 증가시켰으며,
- 대우측에서는 패각구간에 대한 고화제 증가 외에도 접속부, 지지층 급변구간, 조인트구간 등에 대한 DCM 보강 강화 등을 제안

□ 안정성 검토

- 기초지반처리의 적정성 및 안정성을 확인하기 위하여, 기초조사용역에서는 호안 3개 단면, 증고 2개 단면을 적용하였으며,
- 대우측에서는 호안 10개 단면, 증고 8개 단면을 설정하여 검토 실시

구분	기초조사	대우
호안		
증고구간		

평가 사유

- 검토 항목에 대해서는, 기초조사용역에서는 DCM 내외적 안정성, 원호활동, 침하, 내진 등을 검토하였으며,
 - 대우측에서는 추가적으로 수평변위, 파이핑, 인접구조물(가스관) 안전성 등을 확인하였고, 추가적으로 환경영향분석도 실시
- ⇒ 기초조사용역과 대우측의 기초처리공법은 모두 DCM을 중심으로 적용하였으나, 대우측은 일부 고화제량 결정사항을 제외하면, 그 외의 DCM의 보강 범위 및 시공방안, 취약구간 검토, 안정성 검토 범위, 검토항목 등에 대해서 전체적으로 더 폭넓고 상세하게 안정성을 확인하였다고 판단

[내진설계 및 내진안정성 검증]

□ 내진설계 조건

- 내진설계를 시행하기 위하여 기초조사용역의 경우, 지반응답해석을 위한 3개 지진파 적용과 함께, 동적지반특성을 파악하기 위한 S-PS 검증, 반복삼축 등을 적용하였으며
 - 대우측은 8개의 지진파 적용과 함께, 동적지반특성 파악을 위하여 공진주 시험 등을 추가적으로 적용

□ 내진 안정성 검토

- 내진 안정성 검토에서도, 기초조사용역에서는 앞선 기초처리공법 검토와 유사하게 총 5개 단면(호안 3, 증고 2)를 적용하여 등가정적, DCM 내외적 안정성을 검토하였고
 - 대우측은 18개의 단면(호안 10, 증고 8)을 적용하여 등가정적, DCM 내외적 안정성 외에도 유한요소 해석, FSSI, 진동대시험 등 실시

□ 액상화 검토

- 액상화 평가의 경우, 기초조사용역에서는 관련 기준(원지반 대상층 심도 20m 이상, 전단파 속도 200m/s 이상)에 의거하여 생략하였으나
 - 대우측에서는 총 6개 지점에서 액상화 예비검토를 시행하고 간이평가 및 액상화 안정성을 검토하였으며, 표층부 개량 및 개량심도 증대를 통한 추가 액상화 예방대책 마련

평가 사유

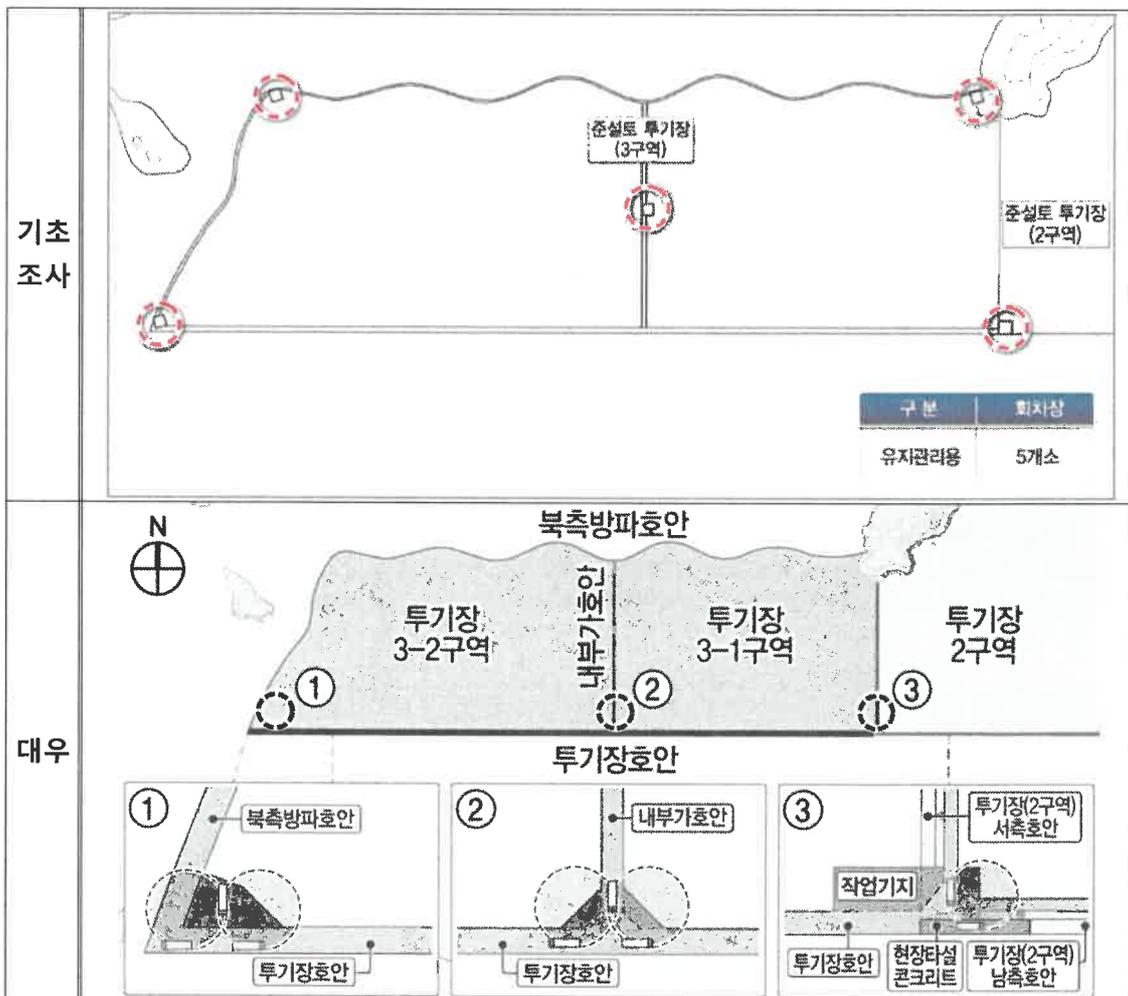
⇒ 내진 분야에 대해서는 기초조사용역 대비 대우측이 지진파, 조사항목, 해석단면, 액상화 및 보강 등 거의 모든 부분에서 폭넓은 검토 및 보수적인 개선방안을 제시하였다고 판단

○ 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

[유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획]

□ 유지관리 시설물 계획

- 유지관리의 편의성을 위하여 기초조사용역에서는 유지관리차량을 고려한 호안 상단폭 5m를 확보하고, 회차로 2개소를 반영
- 대우측에서는 마루폭을 8m로 확대하고, 회차장을 3개소로 확대



평가 사유

□ 기타 유지관리 장비 등

- 기초조사용역 대비 대우측에서는 유지관리의 용이성, 편의성 등을 위해 지능형 CCTV, 계측과 관련된 다양한 장비, 시스템, 환경모니터링 시스템을 신규 제안

⇒ 기초조사용역 대비 유지관리의 용이성을 위하여 유지관리 차량용 도로 확폭, 회차장 확대, 신규 시스템 등을 제안하여 일정 수준 이상 개선되었다고 판단

[신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석]

□ 신기술 도입

- 대우측에서는 기초조사용역에 대비하여, 대구경 DCM, 부상토에 대한 개량 유용 및 쇄석매트 배제, 지층 3D 모델링, BIM, 스마트 계측관리 등을 신기술로 제안

□ 효과분석

- 대우측에서 도입된 신기술에 따른 도입효과에 대하여 공기단축, 품질확보, 시공성 향상, 관리 최적화 등을 효과로 제시하였으며, 이에 따라 적정성이 확인되었다고 제안서에 명기

⇒ 기초조사용역 대비 대우측에서는 DCM을 중심으로 신기술, 신공법들을 제안하였으나, 타 사업에서도 확인 가능한 것들이며, 그 적정성 분석도 정성적인 내용으로 정략적인 효과를 분석하는 것에 한계

평가 사유

○ 평가항목 : 계측계획의 적정성

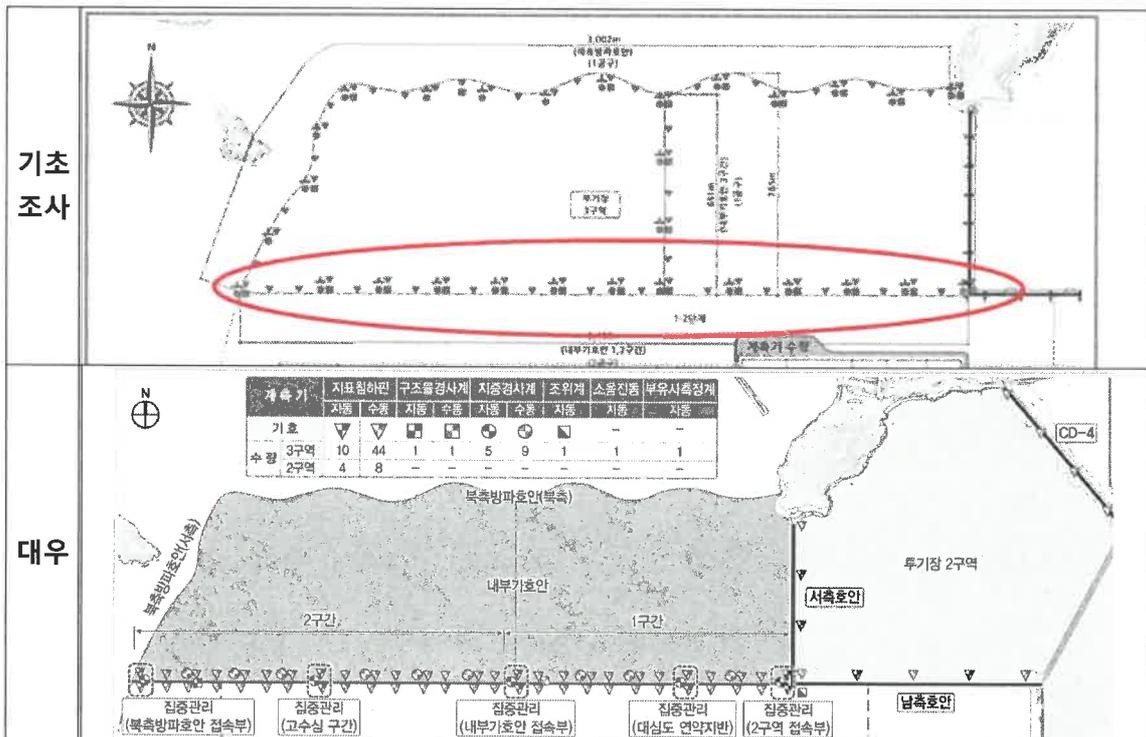
[계측항목 및 계측기 배치의 적정성]

□ 계측항목

○ 기초조사용역에서는 지중경사계, 구조물경사계, 지표침하판 및 지표침하판 등 총 4종류의 계측항목을 설정하였으며, 모두 수동 계측하는 것으로 계획 - 대우측에서는 조위계, 소음/진동, 부유사 측정, 드론측량 등을 추가하였으며, 침하판, 지중경사계, 구조물경사계 등 일부 계측기의 경우 자동 계측으로 계획

□ 계측기 배치

○ 기초조사용역에서는 2공구에 대하여 61개의 계측기 설치를 계획하였으나, 대우측은 내부호안에 73개의 계측기를 비롯하여 증고구간에도 12개의 계측기를 설치하는 계획을 수립하고, 집중관리구간을 개소 설정하여 계측기를 집중 배치



⇒ 기초조사용역 대비 대우측의 계측종류 및 장비 등이 개선되고 계측 수량도 상당부분 증가되어 계측항목 및 배치에 상당한 개선이 있는 것을 판단

평가 사유

[계측관리계획의 적정성]

□ 계측빈도

- 기초조사용역에서는 계측기 설치 후 수동계측 빈도를 설정하였으며, 완공 후에는 필요시 이관하는 방안으로 수립
 - 대우측도 수동은 기초조사용역과 유사하게 계측빈도를 설정하였으며 자동계측은 실시간 계측을 수행하고, 완공 후에는 유지관리 주체에 이관하는 방안을 제시

[계측빈도]	계측기 설치후	구조물 축조시	호안축조			완공후
			1개월	1~3개월	3개월후	
기초조사	3회	1회/1일	2회/주	1회/주	1회/2주	필요시
대우	자동	실시간 계측				유지관리 주체에 이관
	수동	3회/일	1회/일	2회/주	1회/주	

□ 계측관리기준

- 기초조사용역에서는 계측기 설치 후 계측관리 기준에 대해서는 별도로 제안하지 않았으며,
 - 대우측은 Level별 기준치 및 그에 따른 대응체계를 별도로 수립하여 제시

구분	Level2(주의)	Level3(이상)	Level4(한계)
침하관리	예측<실측<허용		허용<실측
안정관리	1/500<각변위<1/300	1/300<각변위<1/150	1/150<각변위
대응체계	상황보고/계측강화	대책방안검토	시공중지/상세점검

⇒ 기초조사용역과 대우측의 수동 계측빈도는 유사하나, 실시간 자동계측, 유지관리 주체에 계측기 이관, 계측관리 기준 및 이에 따른 대응방안 마련 등 계측관리계획이 상당부분 개선된 것으로 판단

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 추 윤 식



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 토질 및 기초

평가 사유

◎ 평가항목 : 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

- 지반공학적 지층 및 토질특성 분석
 - 지반특성에 부합한 토질정수 산정
 - 침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전율 산정
- 기초조사 결과를 참조하여 기본설계를 위한 평균 89m 간격의 32공 추가 시추 조사를 실시함
 - 지질이상대 분석을 위하여 전기비저항탐사 4.0km를 실시함
 - 변형특성 확인을 위하여 공내재하시험 20회, 내진특성 확인을 위하여 S-PS 3공, 밀도검층 3공, 토사 및 암공진주 시험을 각각 2회 실시함
 - 패각함유량 시험을 8회 실시하여 입체적 분석을 수행함
 - 기초조사 대비 상기의 추가조사 및 특화시험 등 총 80개 항목의 고밀도 지반 조사를 수행하여 지반 안정성 분석 및 검증에 활용함
 - 인근 현장 19개 사업의 584공의 지반조사 자료를 분석하여 연약지반의 물리적, 역학적 특성을 파악하고 설계지반정수 산정시 초기 추정값으로 활용함
 - 선구조 및 지질특성 분석을 통하여 선구조 3개소 교차 및 안산암질암 분포를 확인함
 - 퇴적이력 분석을 통하여 퇴적환경을 5단계(Unit)로 구분함
 - 3차원 전기비저항탐사를 통하여 가스관 및 지질이상대를 확인함
 - 지층분포 특성분석을 통하여 연약지층은 1구간에서 최대 38.0m 두께로 분포함을 확인하였으며, 2구간 패각함유 추정구간은 1.18km 연장을 확인함
 - DCM 실내배합시험을 통하여 설계기준강도 2.4MPa를 만족함을 확인함
 - 고화재 사용 부상토 지지력시험에서 작용하중 373.0kPa을 상회하는 526.1kPa의 지지력을 확인함
 - 사석 슬레이크 내구성 시험을 통하여 사석 품질 적합성을 확인함
 - 준설토 침강자중 압밀시험, 저응력 압밀시험, PSDDF 해석 수행을 통해 준설토의 특성과약 및 체적변화비를 산정하여 공학적 특성분석을 실시함

평가 사유

- 연약지반 특성분석을 통하여 평균 함수비 80.1%, 평균 초기간극비 2.183, 평균 압축지수 1.07, 대부분 고소성점토(CH)가 분포함을 확인함
- 풍화토, 퇴적모래, 퇴적점토 등의 지층별 지반공학적 특성분석을 실시함
- 풍화토의 평균 점착력은 20.5kPa, 퇴적모래 변형계수는 평균 26MPa로 확인함
- 퇴적점토의 평균 전단파속도는 198m/s, 감쇠비는 2.1~8.5%로 분포함을 확인함
- 토양 및 수질시험, DCM 환경성 영향분석, DCM 어독성 시험을 통하여 환경영향성 특성분석을 실시함
- 토양 및 수질시험을 통하여 pH 7.0~8.0을 확인하고 해역환경기준을 만족함을 확인함
- DCM의 환경기준 만족을 확인하고 고화재별 DCM의 환경적 무해성을 검증함
- 장비 및 인력 터파기 조사, 현장밀도시험, 직접전단시험을 통하여 CD-4 호안 증고구간의 매립층 특성분석을 실시하고 증고구간 안정성 검토에 활용함
- 교란도 분석, Box Plot를 이용한 이상값 제거, MCS, BA기법을 활용한 신뢰성 분석을 실시하여 연약지반 설계정수, 연속체 및 동적 설계정수를 산정함
- 준설토 투기장 호안 피해사례 조사, 기초처리 기준을 강화하고 내진 및 내구성 성능을 강화함
- 재하성토는 6.5m에서 7.0m, 기초처리 직경 및 중첩폭은 $\phi 1,350\text{mm}$, 20cm에서 $\phi 1,600\text{mm}$, 30cm로 확대, 착저층 기준 N치는 $N \geq 10$ 에서 $N \geq 15$ 로 상향, 허용 잔류침하 및 부등침하 기준은 10cm, 1/300에서 5cm, 1/500으로 강화, 허용수평변위는 상시 10cm, 지진시 20cm의 기준 제시, 내진등급은 II등급에서 I등급으로 상향함
- 축조 완료시, 투기 완료시, 장래 부지개발시의 개발 단계별 원호활동, DCM 안정성, 파이핑 안정성을 검토함
- 축조 완료시, 투기 완료시, 장래 부지개발시의 개발 단계별 수위조건 및 파이핑 안정성의 기준을 제시함
- 축조 완료시, 투기 완료시, 장래 부지개발시 등의 개발 단계별 상재하중과 침하 및 변위의 강화된 기준을 적용함
- 개발단계별 원호활동 및 사석마운드 허용지지력, DCM의 외적 및 내적안정에 대한 허용안전율을 제시함
- 간편평가, 상세평가, 간극수압비 등의 액상화 평가기준을 제시함
- 사석 및 DCM의 내구등급은 상부 구조물과 동일하게 I등급으로 제시하고 내구수명은 100년으로 적용함

평가 사유

< 종합 평가 의견 >

- **지반공학적 지층 및 토질특성 분석에서**
평균 89m 간격으로 32공의 추가 시추조사 및 특화시험 등 총 80개 항목의 고밀도 지반조사를 수행하여 지반 안정성 분석 및 검증에 활용, 인근 현장 584공의 지반조사 자료를 분석하여 연약지반의 물리적, 역학적 특성을 파악하고 설계지반정수 산정시 초기 추정값으로 활용, 3차원 전기비저항탐사를 통하여 가스관 및 지질이상대 확인, 지층분포 특성분석을 통하여 연약지층 두께 분포 및 패각함유 추정구간 확인, 사석 품질 적합성 확인과 준설토의 특성과악 및 체적 변화비를 산정하여 준설토의 공학적 특성분석을 실시함
- **지반특성에 부합한 토질정수 산정에서**
연약지반 특성분석을 통하여 평균 함수비, 평균 초기간극비, 평균 압축지수, 고소성점토(CH)의 분포를 확인하고 지층별 지반공학적 특성분석 실시, 풍화토의 평균 점착력, 퇴적모래 변형계수, 퇴적점토의 평균 전단파 속도 및 감쇠비의 분포 확인, 환경영향성 특성분석 실시, 토양 및 수질시험을 통하여 해역환경기준 확인, DCM의 환경적 무해성 검증, CD-4 호안 증고구간의 매립층 특성분석 실시, 교란도 분석 및 BA기법 등을 활용한 신뢰성 분석을 실시하여 연약지반 설계정수, 연속체 및 동적 설계정수를 산정함
- **침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전을 산정에서**
준설토 투기장 호안 피해사례 조사, 기초처리 기준을 강화하고 내진 및 내구성 성능 강화, 재하성토와 기초처리 직경 및 중첩폭 확대, 착저층 기준 N치 상향, 허용잔류침하 및 부등침하 기준 강화, 내진등급 상향과 허용수평변위 기준 제시, 개발 단계별 원호활동, DCM 안정성, 파이핑 안정성을 검토하고 수위조건 및 파이핑 안정성의 기준 제시, 상재하중과 침하 및 변위의 강화된 기준 적용, 원호활동 및 사석마운드 허용지지력, DCM의 외적 및 내적안정에 대한 허용안전율 및 액상화 평가기준 제시, 사석 및 DCM의 내구등급 I 등급으로 제시하고 내구수명은 100년으로 적용함
- **지반조사 및 토질정수 산정의 적정성 검토 결과,**
상기의 항목별 평가의견과 같이 기본설계의 개선을 위하여 평균 89m 간격으로 32공의 추가 시추조사 및 특화시험 등 총 80개 항목의 고밀도 지반조사를 수행하여 지반 안정성 분석 및 검증에 활용, 인근 현장 584공의 지반조사 자료를

평가 사유

분석하여 설계지반정수 산정시 초기 추정값으로 활용, 지층분포 특성분석을 통하여 연약지층 두께 분포 및 패각함유 추정구간 확인, 사석 품질 적합성 확인과 준설토의 특성과악 및 체적변화비를 산정하여 준설토의 공학적 특성분석 실시, 연약지반 특성분석을 통하여 평균 함수비 및 초기간극비, 평균 압축지수, 고소성점토(CH)의 분포를 확인하고 지층별 지반공학적 특성분석 실시, 풍화토의 평균 점착력, 퇴적모래 변형계수, 퇴적점토의 평균 전단파 속도 및 감쇠비의 분포 확인, 교란도 분석 및 BA기법 등을 활용한 신뢰성 분석을 실시하여 연약지반 설계정수와 연속체 및 동적 설계정수 산정, 허용잔류침하 및 부등침하 기준 강화, 내진등급 상향 및 허용수평변위 기준 제시, 개발 단계별 원호활동, DCM 안정성, 파이핑 안정성 검토와 수위조건 및 파이핑 안정성 기준 제시, 상재하중과 침하 및 변위의 강화된 기준 적용, 원호활동 및 사석마운드 허용지지력, DCM의 외적 및 내적안정에 대한 허용안전율 및 액상화 평가기준 제시, 사석 및 DCM의 내구 I 등급 제시와 내구수명을 100년으로 적용한 점은 우수한 것으로 사료됨

● 평가항목 : 기초지반처리 적정성

- 기초지반처리 필요성 검토
- 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토
- 내진설계 및 내진안정성 검증

- 기본설계에 적용한 DCM 직경 및 증첩폭은 $\phi 1,350\text{mm}$, 20cm에서 $\phi 1,600\text{mm}$, 30cm로 확대, 개량형식은 접지압을 고려한 구역 분할 배치, 개랑울, 개랑폭, 단주길이 등을 확대함
- 전구간 축조 완료시, 투기 완료시(상시, 지진시)의 시공단계별 원호활동 및 잔류침하에 대한 안정성을 검토하여 안정성이 미확보됨을 확인하고 기초지반처리 필요성을 확인함
- 기초지반처리 공법 선정을 위하여 인근지역 기초처리공법 사례분석을 실시하고 이를 통하여 재료수급에서 문제가 발생하는 SCP 공법을 대신하여 DCM 공법의 적용사례가 증가함을 확인함
- 공법선정을 위한 사전검토에서 기초사석 포설시 침하 및 수평변위가 과다 발생하는 SCP공법의 피해사례를 확인함
- DCM 해상 전용선의 수급현황을 확인하고 해상 전용선 보유 3개사의 사용 동의서를 확보함

평가 사유

- 기초지반처리 공법 선정을 위하여 DCM 공법, 고압분사 공법, GCP 공법을 비교·검토하고 상대적으로 장비 및 재료수급이 용이한 DCM 공법을 적용함
- 대심도 연약지반 분포, 지지층 급변구간 분포, 대수심 분포로 제체높이 증가, 패각출현 및 패각분포 등을 고려한 기초처리공법이 필요함을 확인함
- 투기장호안 1구간, 투기장호안 2구간, 회차장 구간 등 전구간 DCM 전용선 수심확보가 가능함을 확인하고 블록식+격자식(일체형) DCM 공법을 적용함
- 최근 대수심, 대심도 연약지반 기초처리를 위해 적용한 DCM 직경 및 중첩폭의 사례분석을 통해 직경 $\phi 1,600\text{mm}$, 중첩폭 30cm를 적용함
- 설계기준강도 및 고화재량의 인근지역 사례분석을 통하여 설계기준강도 1.8~2.4MPa 적용, 고화재량 230~250kg/m³ 적용을 확인함
- 원지반점토, 패각, 부상토에 대해 고화재 3종류, 함수비, W/C 등을 고려하여 DCM 실내배합시험을 수행함
- 고화재 3종류는 모두 설계기준강도를 만족함을 확인하고 고화재량은 일반구간 230kg/m³, 패각구간 280kg/m³, 부상토구간 120kg/m³을 적용함
- DCM 내적 전단 안정검토의 경우 전단거동 기준 허용전단강도 258.1MPa을 적용하고 원호활동 안정검토의 경우 압축거동 기준 허용전단강도 347.0MPa을 적용함
- DCM 개량형식은 블록식+격자식(일체형), 블록식+말뚝식, 블록식+벽식을 비교·검토하여 상대적으로 호안 기초지반 수평력에 대해 유리한 블록식+격자식(일체형)을 적용함
- DCM의 단주길이는 구간별 3~4m로 차등 적용하고 착저층은 $N \geq 15$ 를 적용함
- 부상토 리스크 최소화와 설계부상고 부족시 안정성 확보를 위하여 개량폭 확대 및 쇄석매트를 배제한 원지반 단주길이를 확대함
- 쇄석매트 배제로 시공성 및 단주 안정성을 향상함
- 3중 오탐방지망 및 부유사 모니터링의 4단계 부유사 확산방지 계획을 수립함
- 부상토 필요강도 및 지지력, 부상토의 강도 및 지지력 시험을 통하여 소요강도와 지지력을 확보하고 부상토 처리에 대한 적정성을 확인함
- 주요 취약구간을 검토하고 6개소에 대한 상세보강계획을 수립함
- 투기장 2구역 접속부는 장주 2열 블록식 보강, 지지층 급변구간은 지지층 근입심도 확대 적용, 시공 및 우발조인트는 장주화 또는 길이 증대, 패각출현구간은 고화재량 증대, 가스관 터널 통과구간은 장주 2~4열 추가 블록식 보강, 인접공구 접속부는 장주 2열 블록식 보강계획을 수립함
- 호안구간 기초지반처리 안정성 검토를 위하여 구간별 검토항목을 수립함
- DCM의 내적, 외적 안정검토를 위하여 단지압, 장주 전단, 단주 전단, 활동, 전도, 지지력에 대한 안정성을 검토하고 기준안전율 만족함을 확인함
- 호안구간 축조 완료시, 투기 완료시, 장래 부지개량시에 대하여 한계평형해석,

평가 사유

수치해석에 의한 원호활동을 검토함

- 잔류침하 및 부등침하에 대한 안정성을 검토하여 전구간 허용기준 이내임을 확인함
- 투기장호안 1구간, 투기장호안 2구간, 내부가호안 접속부, 가스관 터널에 대한 시공단계별 2D/3D 수치해석을 실시함
- 1구간 및 2구간 투기장 호안에 대한 침투해석에 의한 파이핑을 검토하고 한계 유속 및 한계동수경사 이내임을 확인함
- 투기장 2구역 증고구간에 대한 검토위치 및 검토단면을 계획하여 안정성을 검토함
- 서측호안에 TTP 제거 후 압사석 미설치시 허용안전율 미확보를 확인하고 준설토 매립 전 압사석 설치 필요를 확인함
- 남측호안에 준설토 투기완료시 및 부지개량시 허용안전율 기준을 만족함을 확인함
- 고화재 추가 주입 및 개량 등을 통한 부상토 품질향상, 대구경 고화재주입 펌프 적용 등을 통한 개량체 품질향상, 시험시공 2개소 시행으로 설계 적정성 검증 및 개선 등을 통하여 DCM 품질향상 방안을 계획함
- 지지층 및 표층 시공 문제점 분석과 시공방법의 개선을 통하여 개량체 품질향상 방안 계획을 수립함
- 교반날개 확폭, 고효율 4축 멀티오거, 대구경용 고화재 주입펌프, 교반날개 개선, 교반방식 개선, DCM 통합관리 시스템 구축을 통하여 DCM 장비를 개선함
- 멀티오거 부하량 증가, 굴진속도 감속 및 처리기 와이어 이완 확인을 위한 착저층 관리방안을 수립함
- $N \geq 15$ 착저층 시공이 가능한 경질비트를 적용함
- 설계단계에서 고화재 3중 품질확보 조건 확인, 본 시공전 시공기준 설정, 본 시공에서 개량체 주기적 적합성 검증을 통한 개량체 품질관리 방안을 수립함
- 고화재 종류, 고화재 주입량, W/C, 교반횟수 및 시공속도 등 시공기준을 설정하기 위한 시험시공 계획을 수립함
- 기초지반처리 공법의 환경영향 분석을 위해 소음영향분석, 어독성 시험, 해양환경공정시험을 실시하고 환경 무해성을 검증함
- 환경피해 방지방안으로 해양오염 긴급방제, DCM 시공중 부유사 확산방지, 소음 및 진동 모니터링 등을 계획하여 시공중 환경영향을 최소화함
- 최근 국내 발생 지진규모 등을 고려하여 내진 등급을 I 등급으로 상향함
- 지진 발생위치 및 주기특성을 고려하여 8종의 설계지진파를 적용함
- 내진등급 상향 영향을 고려하여 허용수평변위 20cm를 적용함
- S-PS 검층, 원지반 공진주시험, DCM 개량체 동적특성시험을 실시하여 동적지

평가 사유

반 특성을 분석함

- 최신 표준응답스펙트럼에 대한 부합성 검토 및 베이스라인을 보정하여 내진해석에 대한 신뢰성을 증대함
- 최대 지표면 가속도 발생조건인 매립부 위치 및 원지반 조건의 지진응답해석을 적용함
- 구간별 지진응답해석을 실시하여 투기장호안 1구간 0.173g, 투기장호안 2구간 0.172g으로 산정하고, 전구간 지반최대가속도 0.173g을 적용함
- DCM 개량체의 전도, 활동, 지지력의 외적안정성과 단지압, 장주 전단, 단주 전단의 내적안정성 검토에서 모두 허용값 이내로 안정성이 확보됨을 확인함
- 1구간 및 2구간의 등가정적 원호활동 해석을 통하여 허용 안전을 기준을 만족함을 확인함
- 유한요소 연계해석, 영구변위 해석, 구조물-지반 상호해석(FSSI)을 통해 안전성을 확보함
- 진동대 시험 및 수치해석을 통하여 수평변위의 기준을 만족함을 확인함
- 일부 풍화토 및 모래층에 대한 액상화 예비평가를 실시하고 액상화 발생 가능성을 확인함
- SPT를 활용한 간이평가, LPI 평가를 통하여 전구간 액상화 안정성을 확보하고 표층부 전체개량 및 개량심도 증가를 통하여 추가 액상화 예방 대책을 계획함

< 종합 평가 의견 >

- 기초지반처리 필요성 검토에서
기본설계에 적용한 DCM 직경 및 중첩폭 $\phi 1,350\text{mm}$, 20cm에서 $\phi 1,600\text{mm}$, 30cm로 확대, 개량형식은 접지압을 고려한 구역 분할 배치, 개량율, 개량폭, 단주길이 등을 확대하고 전구간 축조 완료시, 투기 완료시(상시, 지진시)의 시공 단계별 원호활동 및 간류침하에 대한 안정성을 검토하여 안정성이 미확보됨을 확인하고 기초지반처리 필요성을 확인함
- 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토에서
기초지반처리 공법 선정을 위하여 인근지역 DCM 공법의 적용사례 및 SCP공법의 피해사례를 확인하고 DCM 공법 적용, 전구간 DCM 전용선 수심확보가 가능함을 확인하고 블록식+격자식(일체형) DCM 공법 적용, DCM의 단주길이는 3~4m로 차등 적용하고 착저층은 $N \geq 15$ 를 적용, 개량폭 확대 및 쇄석매트를 배제한 원지반 단주길이 확대, 3중 오탃방지망 및 부유사 모니터링의 4단계 부유사 확산방지 계획 수립 및 부상토 처리에 대한 적정성 확인, 주요 취약구

평가 사유

간 검토와 6개소 상세보강계획 수립, DCM의 내적·외적 안정성을 검토하고 기준안전을 만족함을 확인, 한계평형해석, 수치해석에 의한 원호활동을 검토하고 전 구간 안정성 확보, 잔류침하 및 부등침하에 침하 안정성 확보, 시공단계별 2D/3D 수치해석을 실시하고 안정성 확보, 침투해석에 의한 파이핑을 검토하고 안정성 확보, 서측호안에 준설토 매립 전 압사석 설치 필요 확인, 남측호안에 준설토 투기완료시 및 부지개량시 허용안전을 기준 만족함을 확인, 부상토 품질향상, 개량체 품질향상, 시험시공 2개소 시행으로 설계 적정성 검증 및 개선 등을 통하여 DCM 품질향상 방안 계획, 착저층 관리방안 수립과 $N \geq 15$ 착저층 시공이 가능한 경질비트 적용, 설계단계에서 고화재 3중 품질확보 조건 확인, 본 시공전 시공기준 설정, 본 시공에서 개량체 주기적 적합성 검증을 통한 개량체 품질관리 방안 수립, 고화재 종류 및 주입량, W/C, 교반횟수 및 시공 속도 등 시공기준을 설정하기 위한 시험시공 계획 수립, 기초지반처리 공법의 환경영향 분석 및 환경피해 방지방안을 계획함

- 내진설계 및 내진안정성 검증에서

최근 국내 발생 지진규모 등을 고려하여 내진 I 등급으로 상향하고 허용수평 변위 20cm 적용, 동적특성시험을 실시하여 동적지반 특성 분석, 국내·외 8개 지진파를 선정하고 최신 표준응답스펙트럼에 대한 부합성 검토 및 베이스라인을 보정하여 내진해석에 대한 신뢰성 증대, 최대 지표면 가속도 발생조건에 매립부 위치 및 원지반 조건의 지진응답해석 적용, 구간별 지진응답해석을 실시하여 지반최대가속도 0.173g 적용, DCM 개량체의 외적·내적안정성을 검토하여 안정성 확인, 1구간 및 2구간의 등가정적 원호활동 해석을 통하여 내진 안정성 확인, 유한요소 연계해석, 영구변위 해석, 구조물-지반 상호해석(FSSI)을 통해 안전성 확인, 진동대 시험 및 수치해석을 통하여 수평변위의 기준 만족함을 확인, SPT를 활용한 간이평가와 LPI 평가를 통하여 전구간 액상화 안정성을 확인하고 표층부 전체개량 및 개량심도 증가를 통하여 추가 액상화 예방 대책을 계획함

- 기초지반처리 적정성 검토 결과,

상기의 항목별 평가의견과 같이 DCM 직경 및 중첩폭 확대, 접지압을 고려한 구역 분할 배치, 개량을, 개량폭, 단주길이 등의 확대와 전구간 시공단계별 원호활동 및 잔류침하에 대한 안정성을 검토하여 기초지반처리 필요성을 확인, 기초지반처리 공법 선정을 위한 DCM 공법의 적용사례 증가 및 SCP공법의 피해사례를 확인하고, 장비 및 재료수급 용이, 침하 및 활동에 대하여 안정성이 우수한 DCM 공법 적용, 전구간 DCM 전용선 수심확보가 가능함을 확인하고 블록식+격자식

평가 사유

(일체형) DCM 공법 적용, DCM 단주길이는 구간별 3~4m로 차등 적용하고 착저층은 $N \geq 15$ 를 적용하여 안정성 향상, 부상토 리스크 최소화와 설계부상고 부족 시 안정성 확보를 위하여 개량폭 확대 및 쇄석매트를 배제한 원지반 단주길이 확대, DCM의 내적·외적 안정성을 검토하고 기준안전율 만족을 확인, 한계평형해석, 수치해석에 의한 원호활동을 검토하고 전 구간 안정성 확보, 잔류침하 및 부등침하에 대한 안정성 확보, 시공단계별 2D/3D 수치해석을 실시하고 안정성 확보, 침투해석에 의한 파이핑을 검토하고 안정성 확보, 부상토 및 개량체 품질향상, 시험시공 2개소 시행으로 설계 적정성 검증 및 개선 등을 통하여 DCM 품질향상 방안을 계획하고 착저층 관리방안 수립과 $N \geq 15$ 착저층 시공이 가능한 경질비트 적용, 설계단계에서 고화재 3종 품질확보 조건 확인, 본 시공전 시공기준 설정, 본 시공에서 개량체 주기적 적합성 검증을 통한 개량체 품질관리 방안 수립, 기초지반처리 공법의 환경영향 분석 및 환경피해 방지방안을 계획하여 시공중 환경영향을 최소화, 최근 국내 발생 지진규모 등을 고려하여 내진 I등급 상향 및 허용수평변위 20cm 적용, 동적지반 특성 분석 및 국내·외 8개 지진파를 선정하고 부합성 검토 및 베이스라인을 보정하여 내진해석에 대한 신뢰성 증대, DCM 개량체의 외적·내적안정성을 검토하여 안정성 확보, 1구간 및 2구간의 등가정적 원호활동 해석을 통하여 내진 안정성 확보, 유한요소 연계해석, 영구변위 해석, 구조물-지반 상호해석(FSSI)을 통해 안전성 확보, 진동대 시험 및 수치해석을 통하여 수평변위의 기준 만족을 확인, SPT를 활용한 간이평가와 LPI 평가를 통하여 전구간 액상화 안정성을 확인하고 표층부 전체개량 및 개량심도 증가를 통하여 추가 액상화 예방 대책을 계획한 점은 우수한 것으로 사료됨

● 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

- 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획
- 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 유지관리 차량 주행을 위해 마루폭을 5.0m에서 8.0m로 확대함
- 유지관리 차량 교행을 위해 회차장구간을 확폭함
- 여수토 시설에 지중경사계, 지표침하판, 구조물 경사계 등의 계측기를 설치함
- 시공중 자동계측구간 유지관리 계측과 연계한 계측 계획을 수립함
- 실시간 모니터링으로 스마트 유지관리 모니터링 시스템을 계획함

평가 사유

- 준설토 투기시 변위 자동계측을 위한 자동화 계측기, 준설토 투기시 부유사 유출을 최소화하기 위한 3중 오타방지막, 투기장 관리를 위한 지능형 CCTV를 계획함
- 기초조사 대비 기본설계의 설계기준을 개선함
- 침하방지 및 지지력 향상을 위한 기초처리, 기초 안정성 및 개량체 일체성 확보를 위한 대구경 및 중첩길이 증대, 패각구간 고화재량 증가 등의 기초처리를 강화함
- 내진등급 상향, DCM 개량체의 내구성능 강화, 제체사석 내구성능 검증 등을 통하여 내구성능 강화계획을 수립함
- 인접구역 접속부 보강, 시공 및 우발조인트 보강, 장래 부지개량 접속부의 부상토 제거로 PBD 간섭 배제를 계획함
- 대구경 DCM을 도입하여 안정성, 시공성, 경제성 및 품질관리의 적정성 검토, 부상토 개량유용 및 쇄석매트 불확실성 배제를 위한 적정성 검토, 지층 3D 모델링을 통한 지층 3D 시각화로 지층변화 반영 최적화 검토, BIM 기반 DCM 설계 최적화를 통한 설계 적정성 확인, 스마트 계측관리를 도입하여 실시간 계측 데이터 분석을 통한 안정성 확인 등의 신기술, 신공법 도입의 적정성을 검토함
- 기초처리를 위한 대구경 DCM, 개량형식, 고화재량, 부상토 개량 등의 도입효과를 분석함
- 교반방식, 멀티오거 및 고성능 펌프, 특수비트 및 교반날개 추가 등의 시공장비 도입효과를 분석함
- 자동화 계측, 수량 자동산출, DCM 통합관리 등의 스마트 기술 도입효과를 분석함
- 기초지반처리 공법, 시공장비, 스마트 기술 등 총22건의 도입효과를 분석하고 적정성을 확인함

< 종합 평가 의견 >

- 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획에서
유지관리 차량의 안정성 강화를 위해 마루폭 확대 및 회차장구간 확폭, 여수토 시설에 계측기 설치, 시공중 자동계측구간 유지관리 계측과 연계한 계측 계획과 실시간 모니터링으로 스마트 유지관리 모니터링 시스템 계획, 자동화 계측기와 3중 오타방지막 및 지능형 CCTV 계획, 기본설계의 설계기준 개선, 기초처리, 기초 안정성 및 개량체 일체성 확보를 위한 대구경 및 중첩길이 증대, 패각구간 고화재량 증가 등의 기초처리 강화, 내진등급 상향, DCM 개량체의

평가 사유

내구성능 강화, 제체사석 내구성능 검증 등을 통하여 내구성능 강화계획 수립, 인접구역 접속부 보강, 시공 및 우발조인트 보강, 장래 부지개량 접속부의 부상토 제거로 PBD 간섭 배제를 계획함

- 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석에서

대구경 DCM을 도입하여 안정성, 시공성, 경제성 및 품질관리의 적정성, 부상토 개량유용 및 쇄석매트 불확실성 배제를 위한 적정성, 지층 3D 모델링을 통한 지층 3D 시각화로 지층변화 반영 최적화, BIM 기반 DCM 설계 최적화를 통한 설계 적정성, 스마트 계측관리를 도입하여 실시간 계측 데이터 분석을 통한 안정성 확인 등의 신기술, 신공법 도입의 적정성을 검토, 기초처리를 위한 대구경 DCM, 개량형식, 고화재량, 부상토 개량 등의 도입효과 분석, 교반방식, 멀티오거 및 고성능 펌프, 특수비트 및 교반날개 추가 등의 시공장비 도입효과 분석, 자동화 계측, 수량 자동산출, DCM 통합관리 등의 스마트 기술 도입효과 분석, 기초지반처리 공법, 시공장비, 스마트 기술 등 총22건의 도입효과를 분석하고 적정성을 확인함

- 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획 검토 결과,

상기 항목에 대한 평가의견과 같이 유지관리 차량의 안정성 강화를 위해 마루폭과 회차장구간 확폭, 여수토 시설의 계측기 설치에 따른 유지관리 효율 개선, 시공중 자동계측구간 유지관리 계측과 연계한 계측 계획과 실시간 모니터링으로 스마트 유지관리 모니터링 시스템 계획, 준설토 투기시 자동화 계측기와 부유사 유출을 최소화하기 위한 3중 오타방지막 및 투기장 관리를 위한 지능형 CCTV 계획, 유지관리 비용 절감을 위해 기본설계의 설계기준 개선, 대구경 및 중첩길이 증대, 기초처리 강화를 통한 유지관리 비용 절감 계획, 내진등급 상향과 내구성능 강화계획수립을 통한 제체 및 기초지반 유지관리 비용 절감 계획, 인접구역 접속부 보강, 시공 및 우발조인트 보강, 장래 부지개량 접속부의 부상토 제거로 PBD 간섭 배제 계획, 대구경 DCM 도입, 지층 3D 모델링, BIM 기반 DCM 설계 최적화, 스마트 계측관리 등의 신기술, 신공법 도입의 적정성을 검토하고 기초처리를 위한 대구경 DCM 등의 도입효과 분석, 특수비트 및 교반날개 추가 등의 시공장비 도입효과 분석, 자동화 계측 및 DCM 통합관리 등의 스마트 기술 도입효과 분석, 기초지반처리 공법, 시공장비, 스마트 기술 등 총 22건의 도입효과를 분석하고 적정성을 확인한 점은 우수한 것으로 사료됨

평가 사유

● 평가항목 : 계측계획의 적정성

- 계측항목 및 계측기 배치의 적정성
- 계측관리계획의 적정성

- 계측항목 선정을 위하여 투기장 2구역 접속부의 접속구간 침하 및 변위, 대심도 연약층 분포에 대한 호안 침하 및 변위, 여수토 설치 구간의 여수토 침하 및 기울어짐, 인접공구 접속부에 대한 접속간 침하 및 변위, 대수심 분포구간에 대한 호안 침하 및 변위, 가스관 터널 통과에 대한 구조물 침하 및 변위 등의 현장 여건을 분석함
- 계측항목은 침하관리를 위한 침하핀(광파기 및 프리즘), 안정관리를 위한 지중경사계 및 구조물 경사계, 해양관측을 위한 조위계, 환경관측을 위한 소음/진동, 부유사, 시공관리를 위한 드론측량 및 지능형 CCTV를 선정함
- 계측기의 배치는 일반구간, 집중관리 구간, 투기장 2구역 중고구간 등의 현장 여건을 고려하여 자동화 집중관리 중점계측 5개소 및 100~200m 간격의 일반계측으로 계획함
- 현장특성을 고려하여 총 7개 항목, 85개의 계측기 배치계획을 수립함
- 시공중 계측빈도 및 계측관리 기준을 설정하고 시공관리를 위한 계측관리계획을 수립함
- 계측기 보호와 안정적 계측데이터 확보를 위한 계측기 보호 방안을 수립함
- 현장계측팀과 기술지원팀의 구성을 통한 계측기 파손시 대응 및 데이터 복구 방안을 수립함
- 유지관리 계측과 연계된 자동화 계측 시스템 구축을 계획함
- 자동화계측 구간 협의를 통해 유지관리 계측 이관을 계획함
- 부유사 계측, 실시간 안정관리, CCTV를 통한 실시간 현장관리 등 안정, 환경 및 해양계측 자동화 모니터링 시스템 구축을 계획함
- DCM 시험시공 및 본 시공 전·후의 품질확인 계획을 수립함

< 종합 평가 의견 >

- 계측항목 및 계측기 배치의 적정성에서
계측항목 선정을 위하여 투기장 2구역 접속부, 대심도 연약층 분포, 여수토 설치 구간, 인접공구 접속부, 대수심 분포구간, 가스관 터널 통과 등에 대한 현장

평가 사유

여건 분석과 계측항목은 침하관리, 안정관리, 해양관측, 환경관측, 시공관리로 구분하여 선정, 계측기의 배치는 일반구간, 집중관리 구간, 투기장 2구역 증고 구간 등의 현장여건을 고려하여 자동화 집중관리 중점계측 5개소 및 100~200m 간격의 일반계측으로 계획하고 현장특성을 고려하여 총 7개 항목, 85개의 계측기 배치계획을 수립함

- 계측관리계획의 적정성에서

시공중 계측빈도 및 계측관리 기준을 설정하고 시공관리를 위한 계측관리계획 수립, 계측기 보호와 안정적 계측데이터 확보를 위한 계측기 보호 방안 수립, 현장계측팀과 기술지원팀의 구성을 통한 계측기 파손시 대응 및 데이터 복구 방안 수립, 유지관리 계측과 연계된 자동화 계측 시스템 구축, 자동화계측 구간 협의를 통해 유지관리 계측 이관 계획, 부유사 계측, 실시간 안정관리, CCTV를 통한 실시간 현장관리 등 안정, 환경 및 해양계측 자동화 모니터링 시스템 구축을 계획함

- 계측계획의 적정성 검토 결과,

상기의 항목별 평가의견과 같이 계측항목 선정을 위하여 투기장 2구역 접속부, 대심도 연약층 분포, 여수토 설치 구간, 인접공구 접속부, 대수심 분포구간, 가스관 터널 통과 등에 대한 현장 여건을 분석하고 계측항목은 침하관리, 안정관리, 해양관측, 환경관측, 시공관리로 구분하여 선정, 계측기의 배치는 일반구간, 집중관리 구간, 투기장 2구역 증고구간 등의 현장여건을 고려하여 자동화 집중관리 중점계측 5개소 및 100~200m 간격의 일반계측으로 계획하고 현장특성을 고려하여 총 7개 항목, 85개의 계측기 배치계획을 수립, 시공중 계측빈도 및 계측관리 기준을 설정하고 시공관리를 위한 계측관리계획 수립, 계측기 보호와 안정적 계측데이터 확보를 위한 계측기 보호 방안 수립, 계측기 파손시 대응 및 데이터 복구 방안 수립, 유지관리 계측과 연계된 자동화 계측 시스템 구축, 자동화계측 구간 협의를 통해 유지관리 계측 이관을 계획하고 부유사 계측, 실시간 안정관리, CCTV를 통한 실시간 현장관리 등 안정, 환경 및 해양계측 자동화 모니터링 시스템 구축을 계획한 점은 우수한 것으로 사료됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 손 영 환



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 토질및기초

평가 사유

○ 평가항목 : 1) 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

< 지반공학적 지층 및 토질특성 분석 >

지반조사 현황

- 정밀조사(50~100m) 수준의 고밀도 지반조사를 위하여 기초조사의 17공(274m)에서 기본설계에서는 32공(89m)을 실시하는 등 입체적 고밀도 지반 조사를 수행
- 인근 현장 기존자료 검토를 통한 연약지반 특성 분석을 위하여 인근 기존 자료 584공을 분석하여 연약지반 물리 및 역학적 특성 파악과 함께 설계 지반정수 산정시 초기 추정값으로 활용

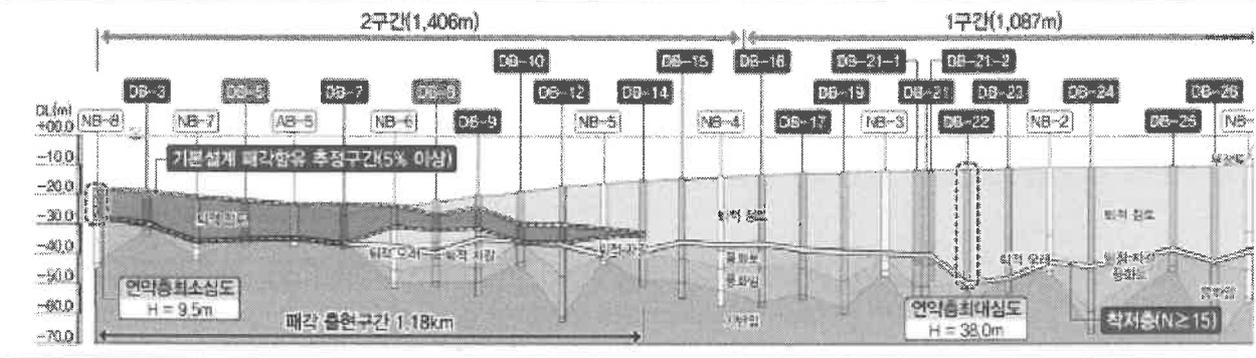
지질 및 지층분포 특성

- 광역조사(지표지질조사, 퇴적이력분석)를 통해 선구조 3개소 교차, 안산 암질암 분포 및 퇴적환경 5단계로 구분 확인
- 해상 전기비저항탐사와 같은 물리탐사 검층을 통하여 가스관, 지질 이상대에 따른 영향유무 확인
- 현장 시추조사를 통하여 연약지층을 2개 구간으로 구분하고 연약지층 1구간(1,087m)에서 최대 38m 연약지층 분포, 2구간(1,406m) 패각 함유 추정 구간을 1.18km 연장 확인

DCM 및 사석재 특성

- DCM 실내 배합시험을 통하여 W/C 70%, 고화재 230kg/m³에서 설계기준 강도 2.4MPa 만족
- 사석재 기본 물성은 항만 및 어항 설계기준을 준용하고, 이밖에 사석 물성 시험, 환경성시험, 풍화민감도분석, 대형삼축시험, 슬레이킹 내구성시험을 통해 내구성 및 해양환경 유해성 유무 확인 등 사석 품질 적합성 확인

지층분포 특성



□ 준설토 특성

- 침강자중 압밀시험, 압밀시험, PSDDF 해석 수행 등 준설토의 공학적 특성을 파악하고, 체적 변화비를 1.44 반영

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 설계 대상 구간을 2개로 나누어 적용하기 위해 상세한 지질 및 지층분포 조사 및 특성 분석을 수행하였음

- 기초조사자료에 비해 추가된 시추조사 및 인근 현장 분석을 통해 산정된 토질정수 산정 신뢰성 향상 등 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성은 확보된 것으로 판단됨

< 지반특성에 부합한 토질정수 산정 >

□ 연약지반 토질정수

- 대우건설 컨소시엄은 N치가 10이하인 점토지반을 연약지반으로 판단하였으며, 기초자료 조사용역 대비 연약지반 토질정수는 대부분 보수적으로 산정하였고, 퇴적점토 대부분 고소성 점토 CH로 분포하는 것으로 판단
- 신뢰성 확보를 위해 교란도 분석, Box Plot(이상값 제거), 통계분석(MCS, BA기법)을 수행하여 산출

구분	기초자료조사	기본설계
함수비(Wn, %)	71.0	76.5
초기간극비(e ₀)	2.00	2.154
포화단위중량(γ _{sat} , kN/m ³)	15.8	15.4
압축지수(C _c)	0.93	1.01
비배수전단강도(Su, kPa)	1.75GL+1.1324	1.62GL+1.31
강도 증가율(m)	0.36	0.32

압밀계수(Cv, cm ² /s)	2.30e-3	2.22e-3
투수계수(kv, cm/s)	1.8e-7	1.95e-7

지반 강도 및 변형 특성

○ 전체 지반에 대한 강도 및 변형 특성은 기초자료 조사 용역과 유사

구분		기초조사자료				기본설계			
		점착력 (kPa)	내부 마찰각 (°)	변형 계수 (MPa)	포아 송비	점착력 (kPa)	내부 마찰각 (°)	변형 계수 (MPa)	포아 송비
점토	N≤6 (N≤10)	1.75GL +1.13	-	2	0.40	(1.62GL +1.31)	(-)	(2)	(0.40)
	N≥6 (N≥10)	40	-	5	0.38	(45)	(-)	(5)	(0.38)
모래		-	30	20	0.35	-	30	20	0.35
자갈		-	32	30	0.33	-	32	35	0.33
풍화토	점성토	20	30	30	0.33	20	30	50	0.32
	사질토	20	32	40	0.32				
풍화암		30	33	180	0.30	30	32	180	0.30
연암		100	35	1,600	0.25	100	35	1,100	0.25

동적특성

○ 기초자료 조사의 경험식과 S-PS검층에 인근자료 분석, 밀도검층 및 실내 시험 등을 통하여 동적 설계정수 산정

구분	기초조사자료					기본설계				
	Vs (m/s)	Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	vd	Vs (m/s)	Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	vd
점토	157	47	131	4,701	0.491	198	62	181	1,119	0.473
	230	111	270	6,017	0.489	224	84	249	1,480	0.472
모래	237	106	311	5,838	0.486	249	114	334	1,922	0.471
자갈	279	149	439	6,751	0.484	352	241	697	2,234	0.448
풍화토	399	321	948	7,978	0.479	442	389	1,120	3,165	0.441
풍화암	636	874	2,538	8,426	0.454	602	777	2,198	4,310	0.415
연암	954	2,138	5,953	9,234	0.393	1,041	2,542	6,951	8,710	0.367

* 점토: 기초조사자료 N≤6 및 N≥6 구분, 기본설계 N≤10 및 N≥10로 구분

환경 영향성 분석

○ 토양 및 수질시험을 통하여 PH=7.0~8.0으로 DCM 환경성 영향 분석에서

해역 환경기준에 만족하고, DCM 어독성 시험 등 통해 환경적 무해성 검증

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 인근 지역 지반 특성 및 토질정수를 분석하고, 특히 연약지반 관련 토질정수를 보수적으로 산정하는 등 토질정수 선정에 대한 적정성은 확보된 것으로 판단됨

< 침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전을 산정 >

□ 설계기준 강화 내용

○ 기초조사 내용 대비 하중조건 등 설계기준을 강화

구분		기초자료조사	기본설계
하중조건	재하성토	6.5m	7.0m
기초처리	직경/중첩폭	∅1,350mm/20츠	∅1,600mm/30cm
	착저층기준	N ≥ 10	N ≥ 15
허용잔류침하/부등침하		10cm / 1/300	5cm / 1/500
허용수평변위(상시/지진시)		-	10cm/ 20cm
내진/내구	내진등급	Ⅱ등급	I 등급
	내구등급	-	I 등급

□ 수위 조건 및 파이프 설계기준

○ 축조 완료시에 내외조위 변화를 고려하고, 재하 성토시 육측 수위는 기초 조사용역보다 2.0m 상향하여 보수적 설계 수행

구분		기초자료조사		기본설계	
		해측	육측	해측	육측
축조완료시	해측	MSL	MSL	MSL	AHHW
	육측	MSL	MSL	AHHW	MSL
투기완료시		ALLW	매립토 상단 (DL. +8.5m)	ALLW	매립토 상단 (DL. +8.5m)
재하성토시		ALLW	매립토 상단 (DL. +8.5m)	ALLW	수평배수층 상단 (DL. +10.5m)
지진시		ALLW	매립토 상단 (DL. +8.5m)	ALLW	매립토 상단 (DL. +8.5m)

- 기초조사용역과 다르게 투기완료시 파이프 안정성 검토 수행

구분	한계유속법	한계동수경사법	비고
----	-------	---------	----

파이핑	$F_s = V_{cr} / V_{S(max)} > 1.0$	$F_s = i_{cr} / i_{exit} > 2.0$	KDS 64 11 00
-----	-----------------------------------	---------------------------------	--------------

상재하중, 침하 및 변위

- 상재하중은 육측의 재하성토 일부 증가 이외 기초조사자료와 차이가 미미
- 허용 잔류침하와 허용 부등침하는 기초조사자료보다 작게 설정하고 허용 수평변위를 적용하는 등 기초조사보다 안정성 강화

활동, 전도, 지지력 안전율 기준

- 원호활동 안전율, 사석마운드 허용지지력 기준은 기초조사자료와 동일

구분	기초자료조사		기본설계	
	원호활동	허용지지력	원호활동	허용지지력
축조완료시	1.3	500 kN/m ²	1.3	500 kN/m ²
투기완료시	1.3	500 kN/m ²	1.3	500 kN/m ²
부지개량시	1.1	500 kN/m ²	1.1	500 kN/m ²
지진시	1.0	600 kN/m ²	1.0	600 kN/m ²

DCM 기준안전율

- DCM 외적안정 허용안전율에서 활동과 전도의 경우 기초조사자료와 동일하나, 지지력의 경우 기본설계에서는 기초조사보다 허용안전율을 크게 두는 등 안전측 해석을 수행
- DCM의 내적안정 허용안전율도 기초조사와 동일하게 적용하고 있으나, 허용응력의 경우 DCM의 형상 차이 등의 이유로 일부 차이

구분	외적안정 허용안전율			내적안정 허용안전율(허용응력 kN/m ²)	
	활동	전도	지지력	압축	전단
축조완료시	1.2	1.2	3.0	3.0(694.0)	3.0(258.1)
투기완료시	1.2	1.2	3.0	3.0(694.0)	3.0(258.1)
지진시	1.0	1.1	2.0	2.0(1,041.1)	2.0(387.1)

내진 및 내구성

- 내진등급은 기초조사보다 II등급→I 등급으로 상향하고 재현주기 1,000년으로 고려한 지진과 8종을 활용하여 검토
- 유효 수평지반가속도는 0.123g(기초조사 0.088g), 지반응답해석을 통한 지표면 가속도는 0.173g(기초조사 0.161g)를 사용하는 등 보다 엄격한 내진 조건을

바탕으로 해석을 수행

- 액상화 평가에 있어 간극수압비 적용(1.0이하)을 제외하고 간편평가, 상세 평가, 간극수압비 비교 및 LPI를 통한 액상화위험평가 수법은 동일하게 적용
- 특히, 기초조사 검토에서 언급되지 않았던 사석 및 DCM의 내구성에 대해서 기준을 제시하고, 그에 따른 특화 시험을 수행하여 내구성을 평가

구분	등급	내구수명	비고(특화시험)
사석, DCM	1등급	100년	내구성·풍화민감도 분석

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 파이핑 해석 검토 추가, 허용잔류 및 부등 침하기준 강화, DCM 지지력 기준안전율 강화 등 기초조사자료에 비해 안정측 으로 설계하는 등 기준 설정 및 안전율에 대한 적정성은 확보된 것으로 판단됨

평가 사유

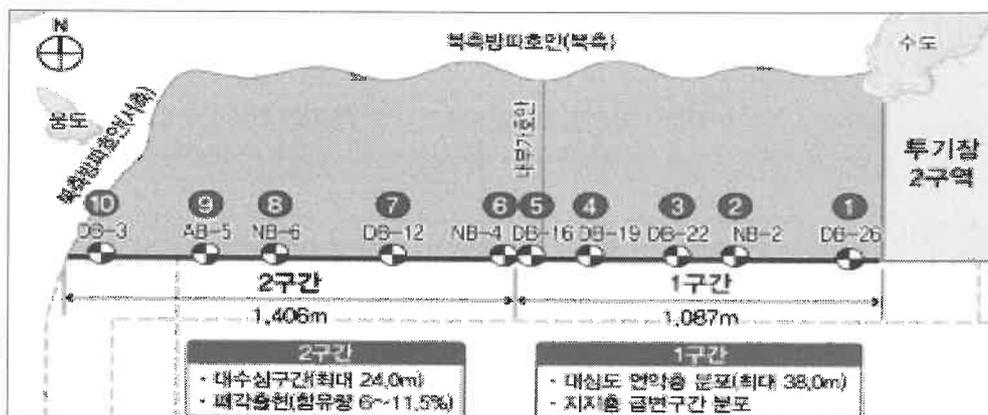
○ 평가항목 : 2) 기초지반처리 적정성

< 기초지반처리 필요성 검토 >

□ 검토단면 및 검토항목

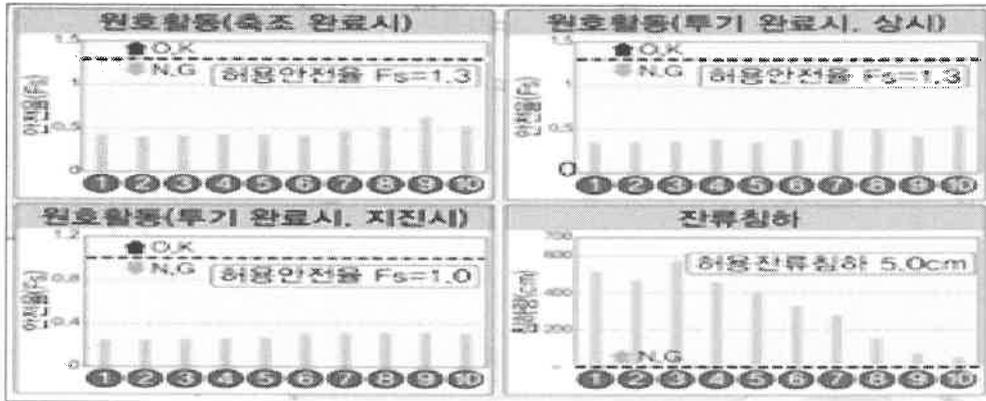
○ 기초지반처리 필요성을 검토하기 위하여 1, 2구간에 걸쳐 10개 사석경사제 단면에 대해서 검토를 수행

- 전구간 시공 단계별로 원호활동 및 잔류침하 안정성을 대표적으로 검토



□ 검토결과

- 전 구간 해석 결과 안전성 기준에 불만족한 것으로 산출되므로 전 구간에 대해서 기초지반처리 등 지반보강이 필요한 것으로 판단

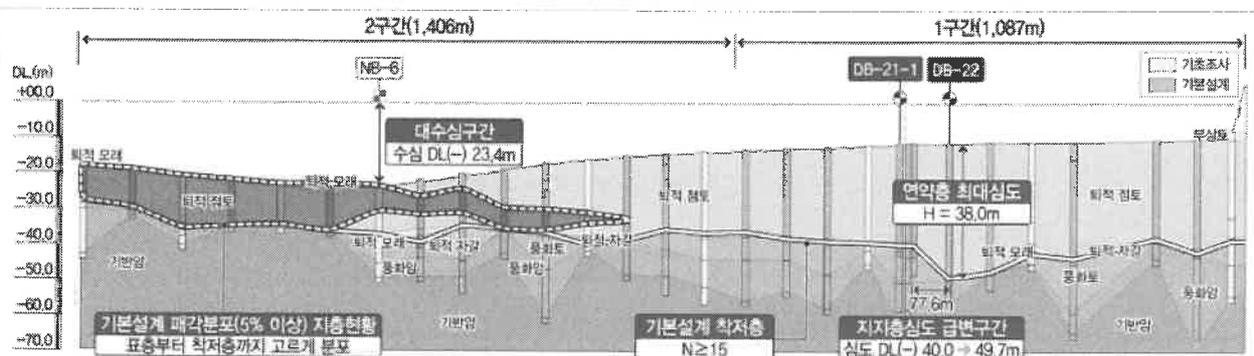


- ☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 사석경사제 10개 단면에 대하여 원호활동, 잔류침하를 평가하여 기초지반처리 필요성을 확인하는 등 설계 적정성은 확보된 것으로 판단됨

< 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토 >

□ 기초지반처리 공법 선정

- 공법 선정을 위해 비교 대상 공법인 SCP공법의 피해사례(침하 및 수평변위 과다)하고 DCM 해상 전용선 수급현황 등 사전검토 수행
- 장비 및 재료 수급이 용이하고 침하 및 활동에 대한 안정성이 우수한 DCM공법을 설계에 적용 결정
- 현장여건 분석(수심, 연약층 심도, 견고한 지층 및 패각분포)에 따라 안정검토, 지지층 근입심도, 중첩폭 및 단주길이, 고화재 주입량 결정



- 전구간 DCM 전용선 수심 확보 가능, 블록식+격자식(일체형) DCM 공법 적용, 수심, 패각 및 연약층 분포 특성을 고려한 현장 맞춤형 공법 적용

구분		주요 설계 적용 내용
DCM	설계기준강도	일반 및 패각구간 2.4MPa, 부상토구간 1.0MPa
	고화재량(kg/m ³)	일반구간 230, 패각구간 280, 부상토구간 120
	직경/중첩	직경 1,600mm(4축)/장비중첩 30cm, 시공중첩 30cm
	단주길이	1구간 3.0m / 2구간 4.0m(제체 하중 고려)
	개량형식	블록식(단주) + 격자식(장주): 일체형 개량형식 적용
	개량율/개량폭	개량율 37.6~60.1% / 개량폭 59.8~104.0m
	개량심도	착저층 기준 N \geq 15 / 개량심도 10.0~38.0m
취약구간	패각출현구간	고화재량 증가(230→280kg/m ³), 패각분포 전구간 및 하부지층 전체 개량
	지층급변구간/접속부	지층급변구간 특수비트 활용 근입심도 증대/접속부 장주 추가시공

□ DCM 설계 및 안정성 검토

- DCM 내적 전단 안정검토의 경우 전단거동 기준 허용전단강도는 258.1MPa 적용하고 원호활동 안정검토의 경우 압축거동 기준으로 허용 전단강도는 347.0MPa 적용
- 10개 전구간 해석단면에 대해 DCM 내적(단지압, 장주전단, 단주전단), 외적(활동, 전도, 지지력) 안정성에서 기준 안전율 만족
- 축조완료, 투기완료, 부지개량시 원호활동 안정검토 결과도 안정 확인하였으며, 잔류침하는 0.41~1.49cm<5cm, 종방향 각변위도 <1/500

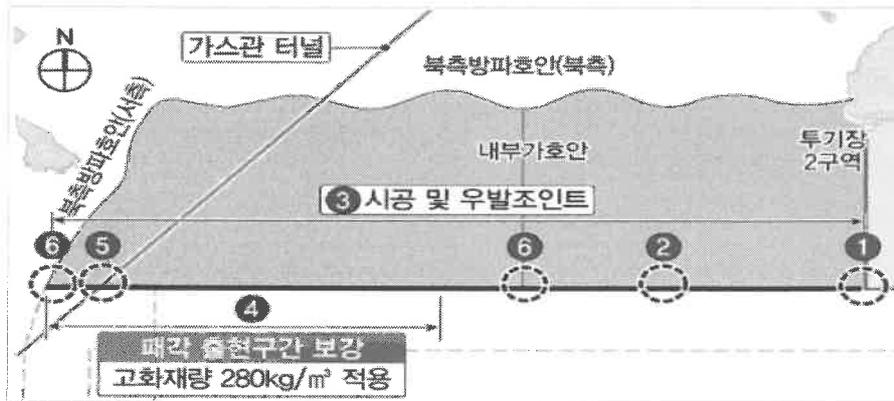
□ 부상토 처리 및 리스크 최소화

- 설계부상고 부족에 따라 피복석, 필터사석 이탈 및 단주 안정 필요 길이(단주길이+쇄석높이) 미확보에 따른 단주 안정성 미흡에 대응
- 설계부상고 미확보를 고려한 DCM 개량폭 확대로 호안 제체 재료 보호하고, 원지반 단주 길이를 확대(3→4m)를 제시하여 단주 안정에 필요한 길이 확보로 단주 안정성 확보
- 부상토 처리방안으로 쇄석매트를 배제하고, 부상토를 고화재로 개량 유용하여 시공성 및 단주 안정성 향상 방안 제시
- 부상토에 고화재 120kg/m³ 추가시 소요강도(0.57MPa) 및 지지력 확보(373kPa)를 실내배합강도 및 부상토 지지력 시험(526.1 > 373.0)을 통하여

부상토 처리 적정성 확인

□ 취약구간 보강

- 총 6곳의 취약 구간에 대하여 보강방안을 제시



구분	원인	보강방안
①	투기장 2구역 접속부	장주 2열 추가 보강 2구역 영향 최소화
②	지지층 급변구간	기본 $N \geq 15$ 에서 추가 근입
③	시공 및 우발조인트	단주를 장주화 또는 길이 증대(2m)
④	패각 출현구간	고화재량을 230→280kg/m ³ 증대
⑤	가스관 터널 통과구간	장주 2~4열 추가 블록식 보강
⑥	인접공구 접속부	장주 2열 블록식 보강

□ 파이핑 안정성 검토

- 침투해석에 의한 파이핑 검토결과 전구간 한계유속 및 한계동수경사 이내로 파이핑에 대한 안정성 확인

□ 투기장 2구역 증고구간 안정성 검토

- 서측호안의 경우 TTP 제거후 압사석 미설치시 허용안전율을 미확보하여 준설토 매립 전 압사석을 설치하는 것으로 제시(추후 설계시 상세검토 사항)
- 남측호안은 준설토 투기 완료시 및 부지개량시 허용안전율 기준 만족

□ 시공성, 품질확보 및 환경성 검토

- 선단고화 시간(1~2분), U형교반(단주) 및 W형교반(장주), 부상토구간 인발 속도 감속으로 개량체 품질 향상
- 교반날개 확폭, DCM 통합관리 시스템 등 개두경 개량체 조성에 적합한 멀티오거, 주입펌프 등 사용

- 시험시공 2곳(패각구간, 일반구간)을 통해 고화재 종류, 고화재 주입량, W/C, 교반횟수 및 시공속도 등 시공기준 설정
- 시공 중 소음 영향 분석, 어독성 및 해양환경공정 시험 통해 환경 무해성 검증
- 실시한 환경 모니터링, 해양오염 방제장비, 다중 오타방지막 설치를 통해 시공중 환경영향 최소화 방안 제시
- ☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 기초지반처리 공법은 DCM을 선정하고 적절한 설계 안정성 검토를 수행하였으며, 특히 부상토 처리 및 리스크 최소화 방안으로 부상토 유용 계획을 실험 및 해석 결과를 바탕으로 제시하였음
- 이와 함께 취약구간 보강, 파이핑 안정성 검토를 추가하는 등 기초지반처리 공법 선정 등에 있어 설계 적정성은 확보된 것으로 판단됨

< 내진설계 및 내진안정성 검증 >

□ 내진설계기준

- 내진등급 및 성능목표(기초조사 대비) 내진 I 등급(내진 II), 재현주기 1,000년(500년), 지반운동수준 0.123g(0.088g), 설계지진파 8종(3종) 사용, 허용수평변위 20cm 제시 등으로 강화하였음
- S-PS 검층을 통해 퇴적점토 $V_s=198\text{m/s}$, 원지반 공진주 시험을 통해 퇴적점토 감쇠비는 2.1~8.5% 산출, DCM 개량체의 자유단 공진주 시험을 통해 $V_s=812\sim 823\text{m/s}$ 산출 제시

□ 설계지진가속도

- 국내·외 8개 지진파(Ofunato, Hachinohe, Tabas, Noto, 경주, 포항, 진해 및 인공지진파)에 대해 강화된 표준응답스펙트럼 부합성 검토와 베이스라인 보정을 거쳐 내진해석 신뢰성 향상 작업 실시
- 지진응답해석 위치를 결정하기 위해 매립부와 사석제체를 비교하고, DCM 개량지반 가속도를 평가하기 위해 복합지반, DCM, 원지반+단주 및 원지반에 대해 검토한 결과 최대 지표면 가속도 발생조건인 매립부 및 원지반 조건인 지진응답해석 적용하여 전구간 지반최대가속도를 0.173g로 적용

□ 내진안정성 검토

- 동적 상태의 DCM 개량체 내·외적 안정성 검토결과 모두 안전성이 확보

되었고, 원호활동에 대한 등가정적안정성 검토결과도 만족

- 유한요소 연계해석, 영구변위 해석(2.22<20cm), FSSI 해석에 의한 수평변위 15.23<20cm도 허용값 이내 확인, 진동대 시험과 그에 따른 수치해석을 통한 수평변위 검토도 모두 기준에 만족

□ 액상화 평가

- 액상화 예비평가 결과 일부 풍화토 및 모래층에 액상화 발생 가능성, 간이평가 및 LPI 평가 결과 전구간 액상화에 안전한 것으로 판단

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 내진1등급 등 강화된 내진설계기준을 적용하고, 다양한 설계파 적용 등 적절한 수법 및 검토 대상 위치에 대한 내진안정성 검토를 수행하는 등 내진설계 및 내진안정성 검토 적정성은 확보된 것으로 판단됨

평가 사유

- 평가항목 : 3) 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

< 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획 >

□ 유지관리 편의성 고려

- 마루폭 확대 5.0→8.0m로 유지관리 차량진입 용이하고 주행 안정성 강화, 회차장 구간을 확폭하여 차량 교행 안정성도 강화, 여수토 시설에 계측기 집중 설치로 유지관리 효율을 개선
- 유지관리 편의를 고려한 시설물과 이와 연관된 기초지반처리 공법 적용 영역의 확대를 동시에 고려

□ 유지관리 비용 절감

- 설계와 그에 따른 시공 강화를 통해 장래 유지관리 비용을 구조적으로 절감하는 방식을 채택
- 설계기준(허용잔류, 허용부등침하, 내진등급, DCM 직경 등)을 강화하고,

개량폭, 심도, 중첩길이, 단주길이 증가를 통해 기초지반 유지관리 비용을 절감, 기반암 지진가속도 및 내구성능 강화 계획을 통해 제체 및 기초지반 유지관리 비용을 절감

- 추후 문제 발생 우려가 있는 인접구역 접속부 보강, 시공 및 우발조인트 보강 및 장래 부지개량 접속부 부상토 제거 등 선제적 설계 수행

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 유지관리 및 사용 기능을 높이기 위해 마루 폭을 확대하고, 설계 및 시공 강화를 통해 운영 중 문제 발생을 최소화하는 등 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획 적정성은 확보된 것으로 판단됨

< 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석 >

□ 신기술 도입 적정성

- 대구경 DCM 개량체 조성, 부상토처리 개선, BIM 설계 및 스마트 계측 관리 계획 적용

신기술	도입 내용	도입 적정성
대구경 DCM	직경 1,600mm 개량체	안정성, 시공성 및 경제성 향상, 품질관리 유리
부상토 처리	개량유용(쇄석매트 배제)	부상토 개량유용 및 쇄석매트 불확실성 배제
지층 3D 모델링	빅데이터 기반 3D 지층모델링	지층 3D 시각화로 지층변화 반영 최적화
BIM 설계	BIM 기반 DCM 설계 최적화	설계 및 수량 검증으로 설계 적정성 확인
스마트 계측관리	스마트기술 기반 자동화 계측 적용	실시간 계측 데이터 분석을 통한 안정성 확인

□ 신기술 도입 효과

- 기초지반처리 공법, 시공장비, 스마트기술 등 총 22건 도입 효과 분석

신기술	도입 효과
대구경 DCM	공기단축, 개량효과, 시공성 향상
개량형식	하중 효과적 분산, 수평방향 저항력 향상
고화재량	배합시험 및 시험시공으로 설계강도 적용
부상토개량	추가 개량 및 부상토 단주 역할 배제

교반방식	선단 및 단주 구간 품질 균질성 호가보
멀티오거/고성능펌프	교반에너지 증가 안정적 고화재 주입
특수비트/날개추가	확실한 착저 시공 및 개량체 품질 개선
자동화계측	실시간 안정성 확인 및 즉각 대처
수량자동산출	3D 지층 시각화로 시공수량 관리 최적화
DCM 통합관리	스마트 DCM 공정관리 시스템 구축

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 부상토 처리 등 신기술의 도입 적정성은 분석하고, 신기술의 도입효과도 제시하는 등 신기술 신공법 도입 적정성과 효과 분석의 적정성은 확보한 것으로 판단됨

평가 사유

○ 평가항목 : 4) 계측계획의 적정성

< 계측 항목 및 계측기 배치의 적정성 >

□ 계측 항목

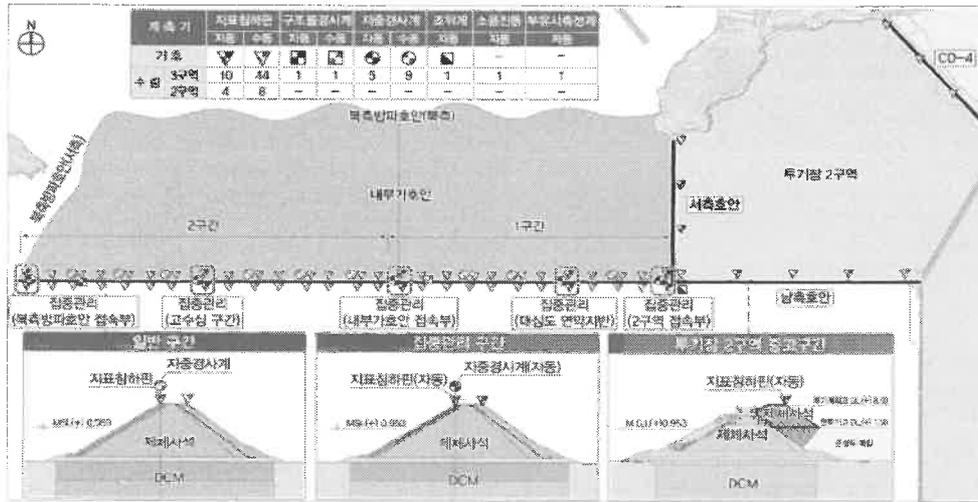
○ 주요 현장 여건(①투기장 2구역 접속부, ②대심도 연약층 분포, ③여수토 설치 구간, ④인접공구 접속부, ⑤대수심 분포구간, ⑥가스관 터널 통과)을 고려하여 관리가 필요한 장소 위주로 계측 위치 결정

- 침하 및 안정, 해양, 환경, 시공관리 등 목적에 부합한 계측 항목 선정

용도	계측항목	설치목적	계측구간					
			①	②	③	④	⑤	⑥
침하 관리	침하핀(광파기)	침하측정	○	○	○	○	○	○
	침하핀(프리즘)	침하측정	○	○	○	○	○	○
안정 관리	지중경사계	지중변위 측정	○	○	○	○	○	○
	구조물경사계	구조물 변위 측정	-	-	○	-	-	-
해양 관측	조위계	조위변위 관측	○	-	-	-	-	-
환경 관측	소음/진동	공사중 소음/진동	인근 최근거리 주거지					
	부유사	해양오염 관측	인근 최근거리 양식장					
시공 관리	드론측량	디지털 측량	공사구간 전 범위					
	지능형CCTV	현장상황 관제	공사구간 전 범위					

□ 계측기 배치계획

- 현장 여건을 고려하여 자동화 집중관리 중점계측 5개소 및 일반계측 (100~200m 간격) 배치



☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 용도와 주요 현장여건을 고려하여 계측항목과 계측기 배치를 선정하는 등 검토 및 설계의 적정성은 확보된 것으로 판단됨

< 계측 관리계획의 적정성 >

□ 시공 중 계측관리

- 시공 중 계측빈도, 계측관리 기준, 계측기 관리 및 보호대책을 수립하여 안정적인 계측 데이터 확보

구분	자동/수동	설치후	축조시	매립 완료 후			운영중
				초기 1개월	1~3개월	준공시까지	
자동화계측	자동	자동화 시스템에 의한 실시간 계측					유지관리 주체 이관
일반계측	수동	3회/일	1회/일	2회/주	1회/주	1회/2주	

□ 유지관리 계측

- 실시간 안정관리, 환경 및 해양 계측 자동화 모니터링 시스템 구축을 통하여 유지관리 효율 극대화 추진
- 자동화 계측 시스템으로 실시간 데이터를 분석하고 자동화 계측 구간 협의를 통하여 유지관리 계측을 이관

□ DCM 시험시공 및 품질확인 조사계획

- 일반 및 패각구간 2개소 시험시공을 통해 고화재 종류, 고화재 주입량, W/C, 교반횟수 및 시공속도 등 시공기준을 설정하고
- 사전조사 및 DCM 본 시공 후 확인시험 계획을 수립하여 DCM 개량체 품질 검증

구분	항목	수량	비고
시험시공 사전지반조사	시추조사	2공	자연시료 채취 및 실내시험
DCM 본시공 확인조사	시추조사	28공	1공/100,000m3
	시료채취	28회	3중관 샘플러 사용
	일축압축강도	140회	5회/공

☞ (평가의견) 대우건설 컨소시엄은 기준에 맞는 계측관리와 사전지반조사, DCM 확인조사 등을 통해 체계적인 계측관리계획을 수립하는 등 계측관리 검토 및 설계 적정성은 확보된 것으로 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7 월 11 일

심의위원 : 성 언 수 

해양수산부 설계심의
분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목시공

평가 사유

□ 평가항목 : 시공계획 수립의 적정성

○ 공사용 가시설 계획의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 공사용 가시설 운영계획 : 회차장(3개소), 임시사무실, 안전난간(407span)
- 작업기지(신규 조성 1개소) 및 송도적출장(고화재), 안골적출장(사석), 남컨적출장(사석+고화재) 등 적출장 3개소로 구분 운영
- 이중 오탉방지막(부착형+수하식), 등부표 6기, 세륜세차시설 2개소 설치 등

⇒ 【 평가의견 】

- 안전 시공에 필요한 안전난간, 임시사무실, 등부표, 작업장 등 공사용 가시설 계획을 기초조사시 대비 다수로 계획함

○ 주요 공종별 시공계획의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- Ø1,600 DCM 2대, 시공중첩 300mm, 고효율 4축 멀티오거, 멀티 GNSS RTK, 스크류형 특수비트, 장주 1열·단주 2M 추가 적용(시공 및 우발조인트 보강 부분) 등 기초지반처리공
- 이상파랑 대비 태풍기 이전 1구간 DL(-)5.0m까지 제체 형성 계획
- 롱붐굴삭기, 3면 맞물림 시공, 자동버케 크레인 장비 등으로 제체 축조공 시공계획

⇒ 【 평가의견 】

- 당해 공사현장은 다수의 공사현장이 동시에 시공되는 혼잡도가 높은 안골

적출장을 감안하여 추가 적출장 계획하고, 외곽시설이 없는 상태에서 시공되는 점을 고려한 제체 형성 계획을 수립하는 등 현장 여건을 충분히 분석하여 시공계획을 수립한 것으로 판단됨.

o 수중공사계획의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 스마트기술 활용으로 수중인력 투입 최소화
- 수중공사 안정성 확보를 위해 RTK드론을 이용한 수중 모니터링, 머신가이드던스를 이용한 기계화 시공

⇒ 【 평가의견 】

- 스마트기술을 활용한 기계화 시공으로 수중공사 인력투입을 최소화하고, 잠수작업 안전수칙과 안전기술지침에 따른 잠수부 안정성 확보는 적정하다고 판단됨

o 장래 상부 및 인접시설과 호환성

【대우건설 컨소시엄】

- 장래 항만시설 연약지반 개량시 관입성 확보를 위해 DCM부상토 제거, 「천」 부두 1-2단계를 고려한 여수토 2개소 위치 결정, 장래 부지 조성을 고려한 재하성토 안정성 확보
- 인접시설과의 호환성을 위해 접속부 구간 TTP 제거 및 이설, 접속부내 유지관리용 회차장 3개소 설치

⇒ 【 평가의견 】

- 여수토 위치 결정 및 향후 연약지반개량시 관입성 확보 등을 고려하여 장래 상부시설의 호환성을 확보하였고, 접속부 접속 호환성확보를 위해 TTP 제거 및 이설을 계획하는 등 인접시설 호환성도 확보한 것은 적정하다고 판단됨

□ 평가항목 : 공기단축방안 및 공정계획 수립의 적정성

○ 단위공기 산출의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- (작업일수 적용) 기초조사 대비 더 타당함
 - 해상(DCM) : 1구간 570m/일, 2구간 450m/일 적용
- (주요 공종별 공기 산정) 기초조사 대비 더 타당함
 - 부상토제거 : 120m³/hr / 기초지반처리(DCM 4축 3련) : 32m/hr(1구간), 25m/hr(2구간)
 - 사석공 : 대선(5,000P급) 1,400m³/일, 대선(7,000P급) 1,800m³/일, 덤프(25.5톤) 78m³/일

⇒ 【 평가의견 】

- 건설공사 표준품셈, 항만건설공사 설계실무요령, 적정 공사기간 확보를 위한 가이드라인 등 정부에서 제시하고 있는 기준 등에 부합하게 공기를 산정한 것으로 판단됨.

○ 공기단축 방안 수립의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 주공정 관리 : 여유공기 2개월
 - FT/환경시설 8개월 + DCM 11.8개월 + 제체사석 8.0개월 + 필터/보호압사석 10.2개월 + 부대공 1개월 + 준공준비 1개월 + 여유공기 2개월 = 42개월
- 공기단축 방안
 - 기초처리공 : Ø1,600 DCM 2대
 - 남컨적출장 증설 : 남컨적출장 증설로 약 4배 사석 투하 시공
 - 2구역 증고 : 육상사석운반으로 인한 사석경사제 시공

⇒ 【 평가의견 】

- 공기단축을 위해 DCM장비 2조 집중 투입, 남컨적출장을 추가하여 사석 시공량을 증대하였고, 2구역 증고공에서는 육상사석운반으로 사석경사제 시공 등으로 여유공기 2개월 확보한 것은 적정하다고 판단됨

o 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리계획의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 투기장 2공구-북측방파호안(서측) : 우각부 파랑집중에 대비해 1.0m³급 피복석으로 시공
- 내부가호안 : 2공구 1구간 선시공 후 접속, 1.0m³급 피복석
- 투기장2구역-1구간 접속부 : 차수매트 완전폐합, 콘크리트로 진입로보강

⇒ 【 평가의견 】

- 투기장 2공구, 내부 가호안, 투기장 2구역 등 접속부 처리계획은 적정한 것으로 판단됨

o 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 적기 확보 방안

【대우건설 컨소시엄】

- '27년1월부터 3-1구역 투기 가능토록 계획
- 투기장 2구역 잔여수토용량(626만m³) 고려
- 수토용량 적기 확보 방안으로 Ø1,600 DCM 2대(3-1구역), 남컨 적출장 추가 사석 반출 제시

⇒ 【 평가의견 】

- 투기장 2구역 잔여 수토량 626m³을 고려하고, 2027년 1월부터 투기가 가능하도록 공정계획을 수립한 수토용량 적기 확보 방안은 적정한 것으로 판단됨.

o 공정계획 수립의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 태풍기 피해에 대비한 제체사석 단계별 축조 및 1.0m³급 피복석, 양곡부두 준설일정을 고려한 2구역 증고 계획, 진해신항 투기계획을 고려한 3-1구역 완공
- 공정관리 : 재료원 다원화(석재 주 2+보조 4), 석재 남컨적출장 1개소 추가
- 현장관리 : 공정협의체 구성, 사업정보관리시스템, 작업분류체계구축

- 부진공정 만회대책 : DCM 추가 1대, 육·해상 병행사석투하, 거제 보조석재원 추가, 대형 사석운반선 투입 적정

⇒ 【 평가의견 】

- 부진공정 발생시 공기단축 방안 수립, 태풍기 등을 고려한 단계별 시공계획, 공정협의체구성을 통한 공정관리, DCM 시공의 특수 사항을 고려한 공사불능 일수 산정 등 공정계획은 적정하다고 판단됨

□ 평가항목 : 시공관리계획의 적정성

○ 품질, 안전, 환경관리계획 수립의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 품질관리계획 수립의 적정성
 - 기초처리공 : 시공 중첩 및 수직도 관리, 자동배합 시스템 설치, 위치 확인용 부표설치, 정밀투하용 Auto버킷 사용 등 적정
 - 여수토 : 집수정 콘크리트 3단 타설, 크롤러크레인 100톤급 사용
 - 품질관리 : PMIS와 연계한 품질점검, 항목별 시공VE 분석, 석재 및 고화재 시험
- 안전관리계획 수립의 적정성
 - 교통 : 우회도로 통행(육상), 피크타임 통행 지양 및 이동식 CCTV로 작업선박 관제(해상)
 - 현장 안전관리 : 공사용선박 AIS(GPS)설치, 대선 추락방지용 안전난간, 투포형 구조튜브, 통합안전관제시스템, 해상장비 피항계획 수립
- 환경관리계획 수립의 적정성

분야	저감시설
생태계보호	사석 경사제, 대체고화재, 해충관리
해양수질	4단계 부유사 방지, 다단계 오탁방지막, 여수토 3중 오탁방지막
대기질,소음,진동	세륜세차시설, IoT기반 자동살수, 가설·방음 방진판넬, 차량 DPF

⇒ 【 평가의견 】

- 공종별 사석시공 품질 확보방안 및 품질시험계획을 수립하였으며, 작업선 AIS구축 및 피크타임 통행 지양으로 안전성을 확보하고, 어업권 및 환경

생활보호를 위한 4단계 부유사 확산방지 및 긴급방제를 위한 장비를 구입하는 등의 계획 수립은 적절한 것으로 판단됨

o 장비, 인력, 자재 등 자원투입계획의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 장비투입계획의 적정성

- 12.5m³ 그레브 준설선, 4축3륜 DCM 전용선 2대(∅1,600), 1,000m³ 토운선, 고화재운반선(900톤) 2대, 집계통뿔 18m급 등

- 인력투입계획의 적정성

- 공정별 인력 투입계획, 현장인력관리시스템 도입, 분야별 직원교육계획 수립

- 자재 등 자원투입계획의 적정성

- 자재구매관리시스템 구축, DCM고화재 월별투입계획, 석재공급확보 및 월별투입계획

⇒ **【 평가의견 】**

- 법적 기준이상 인력투입 및 항만건설공사 기술인력 투입, 보조석재원 확보는 우수하다고 판단되며, 국내 항만사업 전체 분석을 통한 DCM 전용선 사전계획을 수립하였다고 제시하였으나, 구체적인 사전계약 등에 대해 확인 가능한 자료가 없는 점은 다소 아쉬움

o 공사관련 계약관리의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 계약관리 계획

- 나라장터 연계, ERP 시스템, 사업담당자간의 문서 유통상태 관리

- 협력업체 계약관리

- 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 저가계약 사전배제, 건설기계대여금 지급 보증료, 하도급계약 이행보증서 징수 등

⇒ **【 평가의견 】**

- 공사계약 및 공사대금 지급방안을 발주처에 30일 이내 통보, 불공정행위 사전차단 등 계약관리 계획은 적절한 것으로 판단됨

□ 평가항목 : 예상민원 및 대처방안의 적정성

○ 현장여건을 고려한 예상민원 도출

【대우건설 컨소시엄】

- 민관협의체(88건), 민원사례 (공공기관(5,661건) 유사현장(4건)) 5,753건 등 분석을 통해 태풍기 피항 시 항 입구 혼잡 등 예상민원을 도출함

⇒ 【 평가의견 】

- 유사현장, 지역별 사례분석을 통해 예상민원을 도출한 것은 적정하다고 판단됨

○ 예상민원 대처방안 및 민원관리

【대우건설 컨소시엄】

- 육상교통, 해상교통, 적출장구간, 주변지역 민원 등 다양하게 대처방안 마련
- 민원관리 협의회 구성 및 관계기관 사전협의, 대민지원, 공사홍보 등 민원 관리 방안 마련

⇒ 【 평가의견 】

- 주변 마을, 골프장, 입주회사 등에 대해 부유사 확산방지, 육·해상 교통 등 다양한 대처방안을 수립하였다고 판단됨

○ 진해신항 주변지역 지원방안의 적정성

【대우건설 컨소시엄】

- 환경, 지역경제 등 주변지역 지원방안
 - 환경 : 4단계 부유사 확산방지, 수중폐기물 회수, 대구 금어기 준수
 - 지역경제 : 지역업체 참여, 지역주민 견학 및 실습, 지역행사(마산어시장, 국화축제 등) 참여

⇒ 【 평가의견 】

- 진해신항 주변지역 지원방안에 대해 환경, 지역경제 등 주변지역 지원방안은 적절함

□ 평가항목 : 사회적 가치실현

○ 건설현장 안전관리 및 재난대응 계획

【대우건설 컨소시엄】

- 스마트 안전관리시스템 구축, 스마트 밴드, IoT 환경센서, 고강도 안전모, 안전고리 체결감지, 지능형 CCTV, 재난대응 컨트롤타워 시스템 구축
- 시나리오 구축 : 16분내 응급작업자 조치, 유류유출 방어 시나리오
- 해상장비 피항계획 : 진해항(부선 및 소형선), 고현항(DCM전용선, 그래브선)

⇒ 【 평가의견 】

- 육·해상 실시간 안전모니터링, 스마트안전관리 시스템 구축, 해상장비 피항 계획 등 안전관리 및 재난대응 계획은 적정하다고 판단됨

○ 건설근로자 근무여건 개선 계획

【대우건설 컨소시엄】

- 돌관작업 발생 시 탄력근무제, 실시간 건강상태 통합관리(스마트밴드 등), 열사병 대책(그늘막 운영, 스프링클러), 근로기준법 52시간 준수 등 근로자 근무여건 개선 계획 수립

⇒ 【 평가의견 】

- 근로기준법 개정안 준수, 탄력근무제 도입, 외국인 근로자 인권보장 등 근무여건 개선을 위한 노력 인정되나, 다소 평이한 것으로 판단됨

○ 중소기업 상생 협력 및 지역경제 활성화 방안

【대우건설 컨소시엄】

- 동반성장 지원프로그램, 상생누리시스템, 통합 B2B시스템 등 중소기업 상생협력 방안 마련
- 민원협의체 구성, 모바일 공사알림(수도마을), 지역인력 우선 채용 등 지역경제 활성화 방안 마련

⇒ 【 평가의견 】

- 동반성장 지원프로그램 등 중소기업 상생협력 방안 및 지역인력 우선 채용 등 지역경제 활성화 방안은 적절한 것으로 판단됨.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 전 재 형 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- **건명** : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계 심의
- **전문분야** : 토목시공

평가 사유
<p>① 시공계획 수립의 적정성</p> <p>(1-1) 공사용 가시설 계획의 적정성</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 재료원 : 주석채원 2개소(육망산석채원, 송도석채원), 보조석채원 4개소(00○일반산단, 00석산개발, 00산업, 거제00단지 등)확보와 고화재 00시멘트 월 생산량 67,000톤 확보 ● 적출장 : 3개소 확보(석채반출 : 안골적출장/남컨적출장, 고화재반출 : 송도적출장/남컨적출장) ● 환 경 : 오탉방지막, 등부표, 장비부착형 오탉방지막, 세륜세차시설(2개소), 분리수거함, 임시사무소 및 화장실 등 ● 안 전 : 지능형CCTV(12개소), 회차장(3개소), 안전난간, 스마트폰속계, 자동화계측 모니터링, 가설판넬, 스마트장비(해상작업자 안전장비, 근접경보장치, 현장VR안전교육장, 지능형CCTV(12개소) 등) <p>☞ 평가의견 : 주석채원 공급 불확실성에 대비하여 보조 석채원 4개소 확보와 원활한 해상 시공이 가능하도록 적출장 3개소를 확보하였으며, 시공 중 지역주민 및 작업 인부의 안전과 환경관리를 위한 공사용 임시시설 계획을 적정하게 계획하였음</p> <p>(1-2) 주요 공종별 시공계획의 적정성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기초처리공 <ul style="list-style-type: none"> ● 구간별 DCM장비 집중투입으로 1구간 적기 수토가능(시공간격 200m 이격) ● 교반날개 확폭($\phi 1,350\text{mm} \rightarrow 1,600\text{mm}$), 대구경용 고화재 주입펌프 적용, 고효율 4축 멀티오거, 멀티 GNSS RTK 시스템, DCM장비 시공 중첩관리 0.3m, 우발조인트시 장주추가로 시공조인트관리 ● 부상토 제거로 인한 장래 지반개량 시 천공PBD 배제로 경제성 향상 ○ 투기장 3구역 제체공 <ul style="list-style-type: none"> ● 해상공사로 인한 원활한 사석 투하가능 ● 이상과랑에 대비 가능한 구간별 제체축조 ● 1구간 단계별 시공 1-1단계 DL(-)5.0m 해상대선투하, 1-2단계 DL(+)3.5m 해상대선투하, 1-3단계 DL(+)9.0m 굴삭기 상부단면 조성 ● 피복석 MG 집계형 롱붐굴삭기 사용, 매트보호를 위해 보호압사석 시공을 자동 버킷 크레인으로 수중 0.3m 이내로 투하

평가 사유

- 장비간 시공안전을 위해 이격거리 적용
- 투기장 2구역 증고공
 - 서측/남측 안전성과 시공성 확보를 위한 시공방법으로 1단계 축조폭 13m를 이용한 덤프운행과 2단계 굴삭기로 상부 단면조성
 - 전구간 필터사석+필터/차수매트 시공으로 고품질 준설토 유출방지공 시공
 - CD-4 호안증고 1단계 육상덤프+도저 쌓기, 2단계 굴삭기로 상부 단면조성
- 고효율 다기능 여수토공
 - 크롤러크레인 100톤급 투입으로 2.5m 흡관부설과 집수정 3단계 콘크리트 타설 중 1단 타설 후 집수정 2단 시공과 관보호공을 병행시공
- 남킨 적출장 증설
 - 기존 상치 부속시설제거(난간 등) 후 재하토 제거 및 단계별 상치제거와 상치콘크리트 40mm 파쇄후 현장 내 진입도로 유용
 - 원활한 사석운반 투하를 위한 대형 7,000P 3대 동시 접안
 - 다수 현장을 이용하는 안골 적출장 혼잡을 해소하고 적기에 사석 및 고화재 투입 가능

☞ **평가의견** : 현장 여건을 반영한 장비 투입방법을 적용하고, 교반날개 확폭(φ1,350mm→φ1,600mm)으로 시공성을 향상하였으며, 호안제체사석 시공은 이상과량 피해를 대비한 단계별 시공계획을 수립하였음. 증고구간은 왕복교행이 가능한 육상시공 및 고품질 준설토 유출방지공을 계획하였음. 남킨적출장 시공은 소음/진동을 줄이기 위한 공법(상치절단 후 크롤러크레인 인양)을 적용하였음

(1-3) 수중공사계획의 적정성

- 룡뚝(MG)장비(H=11.0m)를 최대한 사용하여 잠수부 작업을 최소한으로 하는 공정계획 수립
- 실시간 드론으로 수중 수심측량 및 현황측량을 수행하고, 머신가이던스(MG) 장비를 이용한 피복석 고르기 시공으로 잠수부 투입을 최소화 계획
- 현장 수중여건을 고려한 시공계획
 - 룡뚝(MG)굴삭기(18m급)를 이용한 고르기, 피복석 집계굴삭기, 수중안전 규정사항을 기준으로 한 잠수부 시공관리

☞ **평가의견** : 대수심 해역의 수중공사에 대한 스마트 장비를 적용하여 잠수부 시공을 최소한으로 하는 시공계획 수립하였음. 잠수작업 안전수칙과 안전기술지침에 따른 작업으로 수중사고위험을 방지하도록 수중공사를 계획하였음

(1-4) 장래 상부 및 인접시설과 호환성

- 장래 상부시설과 호환성 확보계획
 - DCM 부상토 선제거에 의한 연약지반개량시 관입성 확보, 「컨」 부두 1-2단계를 고려한 여수토 위치 결정, 무상치 사석경사제 시공, 장래 재하성토를 고려한 안전성 확보
- 인접시설과의 호환성 확보를 위한 접속계획

평가 사유

- 접속부 구간 TTP 제거 및 송도투기장 방파호안 전면해상 가적치(10톤 672EA, 4톤 3,874EA, 총 4,546EA)
- 접속부내 회차장 3개소 설치로 투기장 유지관리 호환성 확보

☞ **평가의견** : 장래 인접시설(「권」 부두 1-2단계)을 고려한 호환성 계획을 수립하였고, 1공구 및 투기장 2구역의 TTP제거와 이설 계획을 수립하였으며, 증고구간과 접속부 회차장 3개소 설치로 투기장 유지관리 편리성 및 호환성을 확보하였음

② 공기단축방안 및 공정계획 수립의 적정성

(2-1) 단위공기 산출의 적정성

- 적정 공사기간 확보를 위한 가이드라인(2023년, 국토교통부), 부산항 실적치 및 전문업체 자문을 활용
- 부산항 실적치 및 전문업체 자문을 활용(6곳 현장), 공사별 DCM 단위공기 : 1구간 570m/일, 2구간 450m/일
- 공종별 주요공기 산출
DCM(1구간 : 570m/1조, 2구간 : 450m/1조), 부상토 제거(960m³/1조), 제체사석(1,800m³/1조), 피복석(100m³/1조), 필터사석(980m³/1조), 보호압사석(980m³/1조), 증고제체사석(78m³/대.일) 등 적용

☞ **평가의견** : 본 공사를 위한 적합한 단위공기 산출기준을 적용하였으며, 공사기간 산정을 위한 단위공기 산출계획을 적정하게 산정하였음

(2-2) 공기단축 방안 수립의 적정성

- 북권 임항도로 혼잡, 태풍시기 및 진해신항 투기계획 등 현장특성을 반영한 공정계획수립
- 공기단축(여유공기) 2개월 확보방안 : DCM 직경확폭(Φ1,350mm→1,600mm) 및 작업장비 2조 집중 투입(11.7개월 단축), 안골적출장(5,000P 1선석)과 남권적출장(7,000P 3석) 병행 사용(14.7개월 단축), 2구역 증고 사석경사제(5.8개월 단축) 등 적용

☞ **평가의견** : 진해신항 현장 특성에 맞는 공법 선정을 통한 시공계획 수립으로 여유 공기 2개월을 확보하도록 계획하였음

(2-3) 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리계획의 적정성

- 투기장 3-2구역과 북측방파호안(서측) 접속부 : 우각부 파랑집중을 고려 1.0m³급 피복석 적용
- 내부 가호안 접속부 : 투기장 2공구 1구간을 선시공 후 내부가호안 접속
- 투기장 3-1구역과 1구간 접속부 : 유지관리 차량을 위한 진출입램프(콘크리트) 설치

☞ **평가의견** : 본 시설물과 연계한 접속부 시공은 장래계획(우각부 1.0m³급 피복석 보강, 2공구 선시공, 유지관리를 위한 콘크리트 타설 등)을 고려한 접속부 처리계획으로 적정함

평가 사유

(2-4) 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 적기 확보 방안

- 1구간 DCM 2대 집중투입과 남컨적출장 추가확보로 사석시공 약 4배 향상에 따라 3-1구역 2026년 조기완공으로, 진해신항 변경 개발여건을 반영한 2027년 준설토 적기수토 가능
- 투기장 2구역 2025년완공 2026년 투기, 3-1구역 2026년 완공 2027년 투기, 3-2구역 2027년 완공 2028년 투기 가능한 공정계획 수립

☞ 평가의견 : 진해신항 개발시기를 고려한 수토가 가능한 공정계획(DCM 2대 집중투입, 남컨적출장 추가확보를 통한 작업생산성 4배 향상) 수립으로 준설토 투기장 수토 확보방안을 계획하였음

(2-5) 공정계획 수립의 적정성

- 공사기간 : 42개월(여유공기 2개월)
 - 우선시공분 및 동절기, 금어기 등을 고려한 시공계획
 - 투기장 2구역 2026년 투기가능, 3-1구역 2027년 투기 가능한 공정계획 수립
- 부진공정 발생 시 공기단축 방안
 - DCM 전용선 추가투입(4.7개월 단축), 육상병행 투하(3.9개월 단축), 보조석재원 추가투입에 따른 사석운반(8.7개월 단축), 대형사석운반선 투입(9.6개월 단축)
- 단계별 공사계획
 - 1단계(7개월) : 현장사무실, 오탉방지막, 사전확인 시추조사 등
 - 2단계(6개월) : 1구간 DCM, 부상토 준설, 사석DL(-)5.0m 시공, 투기장 2구역 증고구간 시공 등
 - 3단계(10개월) : 2구간 DCM 및 사석공, 여수토, 필터/보호사석 시공 등
 - 4단계(17개월) : 2구간 사석공, 피복석, 필터/보호사석 시공, 부대공 등
- 공정관리 체계로는 공정협의체 구성, 사업정보관리시스템 구성, 작업분류체계 구축, 공정관리 조직구성
- 공사가능일수 산정
 - 해상작업(19일/월), 육상작업(18일/월), DCM(22일/월)

☞ 평가의견 : 기초조사 공사기간은 42개월로 제시하였으나, 기본설계는 우선시공분 및 동절기, 금어기 등을 배제한 공정으로 공사기간 42개월 중 여유공기 2개월을 확보하였으며, 공사중 부진 공정시 만화대책(DCM 전용선 추가투입, 육상병행 투하, 보조석재원 추가투입에 따른 사석운반, 대형사석운반선 투입 등)을 수립하였고, 1, 2차 태풍기(이상파랑)를 대비한 제체사석 단계별시공 및 공정계획을 적정하게 수립하였음

3] 시공관리계획의 적정성

(3-1) 품질, 안전, 환경관리계획 수립의 적정성

- 품질관리계획
 - 기초처리공 : 자동화시스템에 의한 시공 중첩 및 수직도 관리, 자동 배합시스템

평가 사유

- 제체 및 필터, 보호압사석 : 셋팅바지 정위치 투하, 위치확인용 부표설치, 매트손상 방지를 위한 보호압사석 0.3m 이내로 투하 등
- 고르기공 : 비탈경사에 맞추어 비탈규준틀 설치, MG장비 사용
- PMIS와 연계한 품질점검 체계 구축, 항목별 시공VE 분석, 석재 및 고화재 시험

○ 안전관리계획

- 공중별 안전관리 : 공사용선박내 AIS 설치, 대선 추락방지용 안전난간, 구명시설 비치 등
- 육상안전교통 : 공사 중 동일한 통행수준 유지를 위한 우회도로 통행
- 해상안전교통 : 해상혼잡 최소화를 위한 신항VTS 관제지시 이행

○ 환경관리계획 : 부상토 준설시 4단계 부유사 확산관리, 남권 적출장 콘크리트 파쇄시 소형고압살수 및 비산방지망 설치, 차량DPF부착 및 세륜세차시설 설치, 오일펜스 및 방제장비 구비 등

☞ 평가의견 : 정밀시공을 위한 공중별 품질관리와 PMIS기반 품질관리 체계를 통한 품질관리계획 및 품질시험계획을 수립하였음. 공중별 안전계획과 육상 및 해상안전교통 영향평가를 통한 우회도로 통행 계획과 해상혼잡 최소화를 위한 신항VTS 관제지시 이행을 통한, 실시간 안전관리를 시행하는, 계획을 수립하였음. 또한, 공사중 환경관리계획은 부유사 확산관리, 비산방지망 설치, 해양오염 긴급방재 등을 추가 반영하는 등 기초조사 대비 적정하게 계획하였음

(3-2) 장비, 인력, 자재 등 자원투입계획의 적정성

○ 장비투입계획

- 12.5㎥ 그레브 준설선, 4축3륜 DCM 전용선 2대, 5,000~7,000톤급 대선, 1,000㎥ 토운선, 고화재운반선 900톤 2대, 집계롱붐 18m급, 굴삭기 2㎥급, 덤프25.5톤급 등

○ 인력투입계획 : 현장대리인(1명), 공무/공정(4명), 공사(6명), 안전/보건(6명), 품질(3명), 민원/환경(1명), 관리(2명), 총 : 23명 투입

○ 자재투입계획

- DCM고화재 : 66.7만톤
- 총석재량 : 318만㎥ → 주석재원(2개소), 보조석재원(4개소)
(소요대비 6.6배 보조석재원 확보)

☞ 평가의견 : DCM 전용선 장비수급 부족에 따라 사전 사용동의서 확보와 해상 대형장비 투입계획을 수립하였음. 인력투입계획은 법적기준에 부합한 투입계획을 수립하였음, 또한 현장 자재수급에 따른 공사지연 대비를 위한 보조석재원을 확보하고, 장비/인원/자재 투입계획을 적정하게 반영하였음

(3-3) 공사관련 계약관리의 적정성

- 공사계약 관리방안으로는 건설산업기본법과 하도급거래 공정화에 관한 법률로 하도급계약 적정성 심사, 우수업체 선정, 저가계약 사전배제, 건설기계대여금 지급 보증료, 하도급계약 이행보증서 징수, 불공정행위 사전차단 등을 적용하여 관리

평가 사유

- 항만건설사업 정보시스템을 이용한 계약관리 나라장터와 연계한 계약, 하도급업체와 공정한 거래질서 및 계약관리, ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행 등 계약관리 수행

☞ **평가의견** : 공사관련 계약관리는 관련법에 근거로 한 공사계약 관리방안을 계획하였음. 항만건설사업 정보시스템을 이용한 계약관리를 수행하는 것으로 공사관련 계약관리의 적정성을 확보하였음

4. 예상민원 및 대처방안의 적정성

(4-1) 현장여건을 고려한 예상민원 도출

○ 예상민원 요소분석

- 진해신항 민관협의체 순회간담회 건의사항(2023.03.28.~04.13) : 공통(보상) 6건, 어촌계 82건 등
- 창원시청(시민의 소리, 새울 전자민원창구 등), 환경부(환경분쟁 처리사건) 등 공사관련 민원 다수발생
- 투기장 2구역, 신항 송도 투기장, 광양항 신규 준설토 투기장, 인천북항 준설토 투기장 등 유사현장의 민원사례 및 대처방안 조사

○ 지역별 예상민원 현황 및 도출

- 수도권(수도마을 부유사 확산)/불부합지, 아OO르 CC(비산먼지 및 소음), 응동지구 2단계(호안도로 통행으로 인한 진출입 혼잡), 안골적출장(동시 작업에 의한 혼잡), 안골동 입주회사(소음/먼지발생 및 통행방해 등), 남권적출장(다수의 현장에서 적출장 사용) 등 예상민원 도출

☞ **평가의견** : 진해신항 공공기관과 유사 현장 여건에 맞는 조사 및 요소분석을 하였으며, 지역별(수도마을, 불부합지, 아OO르 CC, 응동지구 2단계, 안골동 입주회사, 안골적출장, 남권적출장 등) 예상민원을 도출하여 민원관리에 활용할 수 있도록 적정하게 계획하였음

(4-2) 예상민원 대처방안 및 민원관리

○ 예상민원 대처방안

- 수도권(4단계 부유사 확산방지 수립), 아OO르 CC(저속운행 및 주기적 살수), 응동지구 2단계(분리운행으로 혼잡 간섭최소화), 안골적출장(협의체 구성 후 우선순위 협의), 안골동 입주회사(안골적출장 사용 최소화), 남권적출장(타 공사와 협의), 불부합지 처리방안(보상비 산정 및 처리순서 수립) 등 대처방안 수립

○ 민원관리계획

- 민원협의체 구성, 협의체 단계별 활동, 지역주민 대상 설명회 개최, 관계기관 사전 협의실시, 대민지원 활동, 공사홍보 실시 등으로 민원처리 관리계획 수립

☞ **평가의견** : 지역별 주민 예상민원에 맞는 맞춤형 대처방안(4단계 부유사 확산방지 수립, 저속운행 및 주기적 살수, 분리운행으로 간섭최소화, 협의체 구성 후 우선순위 협의, 안골적출장 사용은 협의체 구성 후 우선 협의, 보상비 및 법적 처리절차 수립)을 수립하였

평가 사유

고, 민원처리를 위한 관리계획을 적정하게 수립하였음

(4-3) 진해신항 주변지역 지원방안의 적정성

○ 진해신항 주변지역 특성을 고려한 지원방안

- 경제 활성화 계획 : 지역업체 참여, 지역주민견학 및 실습, 지역행사 참여 등
- 생태계 보전계획 : 4단계 부유사 확산방지, 현장인근 해양폐기물 처리, 금어기 준수 등
- 재해보호 계획 : 안전순시선 및 동기접멸기 등부표 사용, 방제비품 비치, 정기적 해충 방제 시행 등

○ 지역주민 현장채용 : 우선 채용 절차 및 공고, 공종별(신호수, 경비원, 민원조사원 등) 지역주민 모집

☞ 평가의견 : 진해신항 특성에 맞는 경제 활성화, 생태계 보전 및 재해방지 계획 등을 수립 하였으며, 진해신항 지역주민 우선채용 등을 통한 지원방안을 적정하게 수립하였음

5 사회적 가치실현

(5-1) 건설현장 안전관리 및 재난대응 계획

- 건설현장 안전관리 계획 : 건설현장 스마트 안전관리시스템 구축, IoT기반 안전 및 작업 환경 관리, ICT/ IoT기반 스마트 안전기술 시스템 구축, 재난대응 컨트롤타워 구축 등
- 시나리오별 재난대응 계획 : 작업자 안전사고 발생시, 작업선박 충돌에 의한 유류방출 시나리오 계획 수립

☞ 평가의견 : 다양한 건설현장에 맞는 스마트(ICT, IoT기반) 안전관리와 재난대응 컨트롤타워 시스템을 통한 안전관리계획을 수립하였고, 각종 현장사고별 대응 시나리오를 수립하여 재난대응에 적용하도록 계획하였음

(5-2) 건설근로자 근무여건 개선 계획

○ 건설근로자 근무여건 개선계획

- 52시간 근로기준법 준수, 해상 여건별 작업시간 조정, 돌관작업시 탄력근무제 도입, 폭염 주의보 시 대피 및 휴식, 대기질에 따른 작업일정 조정, 실시간 건강상태 통합관리 등

○ 건설근로자 복지향상방안

- 임금체불 금지, 대기질에 따른 작업일정 조정, 외국 근로자 국적별 안전 메뉴얼화 도입 등

☞ 평가의견 : 근로자 근무여건 개선을 위하여 근무시간 탄력근무제 실시, 기상악화 대비 등 각종 종합대책을 수립하였고, 복지향상 방안으로 체불금지 등을 계획하여 건설근로자의 근무여건 및 복지향상을 계획하였음

(5-3) 중소기업 상생 협력 및 지역경제 활성화 방안

○ 중소기업 상생협력 방안

- 동반성장 지원프로그램 운영, 통합B2B시스템과 상생누리시스템 적극 활용으로 상생협

평가 사유

력 방안 수립

○ 지역경제 활성화 방안

- 민원 사전협의체 구성, 모바일을 활용한 주민소통, 지역주민 우선채용 등 일자리 창출

☞ 평가의견 : 각종 동반성장 프로그램을 통한 중소기업 상생방안을 수립하였고, 지역경제 활성화를 위한 모바일 주민소통과 지역주민 우선채용 등으로 중소기업 상생과 지역경제 활성화 방안을 계획하였음

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 고 광 돈 (인)

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 토목시공

평가 사유

[평가항목 1] 시공계획 수립의 적정성

□ 공사용 가시설 계획의 적정성

- 공사용 가시설 운영계획 : 회차장(3개소), 임시사무실, 안전난간(407span=투기장 호안 248span+2구역 159span)
- 작업기지(신규 조성 1개소) / 적출장(3개소) : 송도적출장(고화재), 안골 적출장(사석), 남컨적출장(사석+고화재)
- 환경 및 안전 : 2중 오탉방지막(198span), 등부표(6기), 2단계 세륜세차시설(2개소), 근접정보장치, 현장VR안전교육장, 지능형CCTV(12개) 등

⇒ 회차장 3개소, 안전난간, 적출장 3개소, 2중 오탉방지막, 현장VR 안전교육장, 지능형 CCTV 등 공사용 가시설 계획을 적절히 반영하였음

□ 주요 공종별 시공계획의 적정성

- 기초지반처리공
 - Ø1,600 DCM 2대, 시공중첩 300mm, 고효율 4축 멀티오거, 스크류형 특수비트, 장주 1열·단주 2M 추가 적용(시공 및 우발조인트 보강 부분)
- 제체축조공
 - 이상파랑 대비 : '25.10월(태풍기)까지는 1구간 DL(-)5.0까지 제체 형성
 - MG 집게형 롱뿔굴삭기, 3면 맞물림 시공, 자동버켓 크레인

평가 사유

○ 투기장 2구역 증고공

- 서측/남측호안 증고 : 13m 축조폭, 접근방지 센서, 덤프이동 안전독 설치
- 호안 증고 : 1단계(덤프 + 도저시공), 2단계(덤프 + 굴삭기 시공)
- 준설토 유출방지공 : 전구간 필터사석 + 필터매트/차수매트 시공
- 여수토공 : 100톤급 크레인, 집수정 3단 타설, 3중 오타방지막
- 남컨적출장 증설(170×80m : 7,000P급 3대 동시 접안 가능) 및 복구
 - 증설 : 상치콘크리트 40mm 파쇄후 진입도로 유용
 - 복구 : 상치타설, 뒤채움 다짐, 포장 및 상부웁스 설치

⇒ Ø1,600 DCM 2대의 기초지반처리공과 이상과량을 대비하여 '25.10월(태풍기)전 1구간을 DL(-)5.0까지 제체 형성, 서측/남측호안 증고 등 투기장 2구역 증고공, 남컨적출장 증설 등 주요 공종별 시공계획을 적절히 수립하였음

□ 수중공사계획의 적정성

- 공사계획 : 스마트기술 활용, 수중공사 인력투입 최소화
 - 시공관리 : 롱붐굴삭기(18m), 피복석 집게굴삭기, 자동버켓 크레인
 - 안전관리 : RTK 드론, 고휘도 조명, 수중밴드, 4인 1팀(6시간 이내)

⇒ 스마트기술 활용, 수중공사 인력투입 최소화 등 수중공사계획을 적절히 수립하였음

□ 장래 상부 및 인접시설과 호환성

- 장래 상부시설과 호환성
 - 장래 항만부지 DCM 부상토 선제거, 여수토(1구간 4EA+2구간 9EA, 2개소), 무상치 단면(제거 및 유용 용이)
- 인접시설과 호환성
 - 접속부 구간 TTP 제거 및 이설(10톤 : 672EA / 4톤 : 3,874EA), 증고구간 완전폐합, 회차장(3개소), 양방향 통행(3,444m)

평가 사유

⇒ 장래 항만부지 DCM 부상토 선제거와 제거·유용이 용이한 무상치 단면 등으로 장래 상부시설과 호환성을 적절히 계획하였음

[평가항목 2] 공기단축방안 및 공정계획 수립의 적정성

□ 단위공기 산출의 적정성

- 작업일수 적용 : 가이드라인, 토목학회지 및 실적치, 전문업체 자문 등
 - 해상(DCM) : 1구간 570m/일, 2구간 450m/일 / 해상(사석공) : 19일/월
- 주요 공종별 공기 산정
 - 부상토제거 : 120m³/hr / 기초지반처리(DCM, 4축 3련) : 32m/hr(1구간), 25m/hr(2구간)
 - 사석공 : 대선(5,000P급) 1,400m³/일, 대선(7,000P급) 1,800m³/일, 덤프(25.5톤) 78m³/일

⇒ 토목학회지, 실적치, 전문업체 자문 등으로 작업일수를 적용하였고, 부상토 제거, 사석공 등 주요 공종별 공기 산정하는 등 단위 공기 산출을 적절히 검토하였음

□ 공기단축 방안 수립의 적정성

- 주공정 관리 : 여유공기 2개월
 - FT/환경시설 8개월 + DCM 11.8개월 + 제체사석 8.0개월 + 필터/보호압사석 10.2개월 + 부대공 1개월 + 준공준비 1개월 + 여유공기 2개월 = 42개월
- 공기단축 방안
 - 기초처리공법 : Ø1,600 DCM 2대
 - 남컨적출장 증설 : 남컨적출장 증설로 약 4배 사석 투하 시공
 - 2구역 증고 : 육상사석운반으로 인한 사석경사제 시공

평가 사유

⇒ Ø1,600 DCM 2대의 기초처리공법과 남권적출장 증설, 2구역 증고 등 공기 단축방안을 적절히 수립하였음

□ 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리계획의 적정성

○ 접속부 처리계획의 적정성

- 투기장 2공구-북측방파호안(서측) : 우각부 파랑집중, 1.0m³급 피복석
- 내부가호안 : 2공구 1구간 선시공 후 접속, 1.0m³급 피복석
- 투기장2구역-1구간 접속부 : 차수매트 완전폐합, 콘크리트로 진입로보강

⇒ 우각부 파랑집중, 피복석, 차수매트 완전폐합, 콘크리트로 진입로보강 등 접속부 처리계획을 적절히 검토하였음

□ 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 적기 확보 방안

○ 투기계획 검토 : '27.1월부터 투기장 3-1구역 투기 가능

- 투기장 2구역 잔여수토용량(626만m³) 고려

○ 수토용량 적기 확보 방안 : Ø1,600 DCM 2대(3-1구역), 남권 적출장 추가 사석 반출

⇒ '27.1월부터 투기장 3-1구역 투기 가능하도록 검토하는 등 진해신항 개발 시기를 고려한 수토용량 적기 확보 방안을 적절히 검토하였음

□ 공정계획 수립의 적정성

○ 현장여건

- 태풍기 피해에 대비한 제체사석 단계별 축조 및 1.0m³급 피복석, 양곡부두 준설일정을 고려한 2구역 증고 계획, 진해신항 투기계획을 고려한 3-1구역 완공

평가 사유

○ 공정관리 체계 수립

- 공정관리 : 재료원 다원화(석재 주 2+보조 4), 석재 남컨적출장 1개소 추가
- 현장관리 : 공정협의체 구성, 사업정보관리시스템, 작업분류체계구축
- 부진공정 만회대책 : Ø1,600 DCM 추가 1대(2대 → 3대), 육·해상 병행사석 투하, 거제 보조석재원 추가, 대형 사석운반선(26,600톤급) 투입

⇒ 태풍기 피해에 대비한 제체사석 단계별 축조, 재료원 다원화, 석재 남컨적출장 추가, Ø1,600 DCM 추가 등으로 공정관리 체계와 단계별 공정계획 수립 등 공정계획을 적절히 수립하였음

[평가항목 3] 시공관리계획의 적정성

□ 품질, 안전, 환경관리계획 수립의 적정성

○ 품질관리계획 수립의 적정성

- 기초처리공 : 계측장비 설치, 시공중첩 및 수직도 관리, 자동배합 시스템
- 사석공 : 셋팅바지 정위치 투하, 위치 확인용 부표설치, 정밀투하용 Auto 버킷 사용, 매트 태양광 노출방지, 사석 0.3m이내로 투하
- 여수토 : 집수정 콘크리트 3단 타설, 크롤러크레인 100톤급 사용
- 품질관리 : PMIS와 연계한 품질점검, 항목별 시공VE 분석

○ 안전관리계획 수립의 적정성

- 공종별 안전관리
 - 기초처리공 : 장비간 안전거리 200m 확보, 풍속 10m/s 이상 작업중지
 - 사석공 : 잠수작업자 4인 1조, 수심별 작업시간 준수
- 교통 : 우회도로 통행(육상), 피크타임 통행 지양 및 이동식 CCTV로 작업선박 관제(해상)
- 현장 안전관리 : 대선 추락방지용 안전난간, 투포형 구조튜브, 통합안전관제시스템, 해상장비 피항계획 수립

평가 사유

⇒ 기초처리공의 계측장비 설치, 수직도 관리, 장비간 안전거리 확보, 풍속 10m/s 이상 작업중지, 부유사 방지, 오탁방지막 설치 등 품질, 안전, 환경 관리계획을 적절히 수립하였음

□ 장비, 인력, 자재 등 자원투입계획의 적정성

○ 장비투입계획의 적정성

- 12.5m³ 그레브 준설선, 4축3륜 DCM 전용선 2대(Ø1,600), 5,000~7,000톤급 대선, 1,000m³ 토운선, 고화재운반선(900톤) 2대, 집계룽뚝 18m급 등

○ 인력투입계획의 적정성

- 공정별 인력 투입계획, 현장인력관리시스템 도입, 분야별 직원교육계획 수립

○ 자재투입계획의 적정성 : 주석재원(2개소), 보조석재원(4개소)

- 자재구매관리시스템 구축, DCM고화재 월별투입계획, 석재공급확보 및 월별투입계획

⇒ 그레브 준설선, DCM 전용선 2대, 토운선 등 장비 투입, 공정별 인력 투입계획, 석재공급확보, 월별투입계획 등 장비, 인력, 자재 등 자원투입 계획을 적절히 검토하였음

□ 공사관련 계약관리의 적정성

○ 계약관리 계획

- 나라장터 연계, 사업담당자간의 문서 유통상태 관리

○ 협력업체 계약관리

- 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 저가계약 사전배제, 건설기계대여금 지급 보증료, 하도급계약 이행보증서 징수 등

⇒ 나라장터 연계 계약관리 계획, 협력업체 월 기성시행 등 협력업체 계약관리 등 공사 관련 계약관리를 적절히 계획하였음

평가 사유

[평가항목 4] 예상민원 및 대처방안의 적정성

□ 현장여건을 고려한 예상민원 도출

○ 예상민원 도출방안

- 민관협의체(88건), 민원사례 (공공기관(5,661건) 유사현장(4건)) 5,753건

○ 예상민원 현황

- 태풍기 피항 시 예부선 피항으로 수도마을 항 입구 혼잡, 방음방진막 미설치 구간 내 차량통행에 따른 먼지·소음 발생, 안골적출장 인근 선박충돌 등

⇒ 기초조사 대비 예상민원 도출방안과 예상민원 현황 등을 추가로 조사하여 적절히 검토하였음

□ 예상민원 대처방안 및 민원관리

○ 예상민원 대처방안

- 육상교통 : 저속운행 및 주기적 살수, 분리운행, 우회도로 이용
- 해상교통 : 부산신항VTS센터 관제준수, 협의체 구성후 우선순위 협의
- 적출장구간 : 가설웬스, 고압살수기, 세륜세차시설 설치, 안골적출장 최소 이용계획 수립
- 주변지역민원 : 부유사 확산방지, 우회도로 이용, 피항계획(진해항) 수립

○ 민원관리

- 민원관리 협의체 구성 및 단계별 활동계획, 지역주민 설명회, 관계기관 사전협의, 수도 및 안골마을 대민지원, 공사홍보 실시

⇒ 기초조사 대비 예상민원 대처방안 등을 추가하여 적절히 검토하였음

평가 사유

□ 진해신항 주변지역 지원방안의 적정성

- 주변지역 지원방안 : 지적불부합지 검토 결과 보상 불필요
 - 환경 : 4단계 부유사 확산방지, 수중폐기물 회수, 대구 금어기 준수
 - 지역경제 : 지역업체 참여, 지역주민 견학 및 실습, 지역행사 참여
 - 기타 : 안전순시선, 동기점멸식 등부표(6기), 작업선단 내 방제비품(오일헨스, 유처리제 등), 주기적 해충방제 시행(분무 방제, 드론방제, 포집기 등)

⇒ 기초조사에 더해 주변지역 지원방안 등을 추가로 적절히 검토하였음

[평가항목 5] 사회적 가치실현

□ 건설현장 안전관리 및 재난대응 계획

- 건설현장 안전관리 계획
 - 스마트 안전관리시스템 구축, 스마트 밴드, IoT 환경센서, 고강도 안전모, 안전고리 체결감지, 지능형 CCTV, 재난대응 컨트롤타워 시스템 구축
- 건설현장 재난대응 계획
 - 시나리오 구축 : 16분내 응급작업자 조치, 유류유출 방어 시나리오
 - 해상장비 피항계획 : 진해항

⇒ 기초조사에 더해 건설현장 안전관리 계획과 재난대응 계획을 추가하여 적절히 수립하였음

□ 건설근로자 근무여건 개선 계획

- 근로자 근무여건 개선
 - 돌관작업 발생 시 탄력근무제, 실시간 건강상태 통합관리(스마트밴드 등), 열사병 대책(그늘막 운영, 스프링클러), 근로기준법 52시간 준수

평가 사유

○ 근로자 복지향상

- 퇴직공제금 지급, 외국 국적별 안전 매뉴얼, 대기질에 따른 작업일정 조정

⇒ 기초조사에 더해 근로자 근무여건 개선과 근로자 복지향상 방안을 추가하여 적절히 수립하였음

□ 중소기업 상생 협력 및 지역경제 활성화 방안

○ 중소기업 상생협력 : 동반성장 지원프로그램, 상생누리시스템

○ 지역경제 활성화

- 민원협의체 구성, 모바일 공사알림(수도마을), 지역인력 우선 채용

⇒ 기초조사에 더해 중소기업 상생 협력 및 지역경제 활성화 방안을 추가하여 적절히 검토하였음

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 이 용 준



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 해양

평가 사유

o 평가항목 : 설계 방향 및 설계 목표

<입찰안내서 중점 강조사항>

- (자연환경 보호방안) ▲공사시 해양생태계 파괴 최소화 방안 수립,
▲육상 및 해양오염 방지로 민원발생 차단
- (해양환경 보전방안) ▲해역특성을 고려한 해양환경영향 최소화,
▲해저지형 및 퇴적물 조사 후 친환경 시설 설치
- (수질환경 보호방안) ▲3중 필터 시스템 등 해양 부유사 확산 최소화,
▲부상토 유출방지, 유류방재 시스템 등 해양환경 보호
- (폐기물 관리방안) ▲무상치 호안 적용 등 친환경 폐기물 관리계획 수립,
▲폐기물 관리방안 준수 및 지정폐기물 관리 철저

- 입찰안내서의 중점 강조사항에 따라 설계목표를 ▲생태환경 영향 최소화, ▲해양환경 보전방안 수립, ▲공사시 해역수질 보호, ▲환경친화적 폐기물 관리에 관한 사항을 중점 검토하여 입찰안내서의 강조사항을 충실히 반영한 것으로 판단됨

o 평가항목 : 해양환경 보전을 위한 조사 및 설계기준의 적정성

① 해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성

- 조위·조류·층별연속부유사·조석과 같은 수리현상과 해저지형·수중위험물·수중지장물 조사 등으로 해양의 제반 수리 특성과 공사에 따른 위험요소 (위험물, 지장물) 등을 파악하고 있어 수리현상 및 해저지형 파악은 적정한 것으로 판단됨

② 해양생태환경조사 및 해양환경보전·복원

- 어업생물별로 부유사로 인한 영향이 상이한 점을 고려할 때 공사 중·후 인근 어업에 미치는 영향 정도를 예측하기 위해서는 어업생물에 대한

해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법 시행규칙

제13조(매립·고립의 방법 등) ① 법 제9조 제1항에 따른 폐기물의 매립 또는 고립의 방법 및 절차는 별표 3과 같다. 이 경우 매립의 세부적인 방법과 절차는 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에 따라 해양수산부장관이 정하여 고시하는 바에 따른다.

② 폐기물을 매립하거나 고립하는 경우에는 다음 각 호의 구분에 따른 기준을 초과해서는 안 된다.

1. 매립의 경우: 「토양환경보전법 시행규칙」 별표 3에 따른 토양오염우려기준
2. 고립의 경우: 별표 1 제1호부터 제3호까지에 따른 처리기준 중 제1기준

■ 토양환경보전법 시행규칙 [별표 3]
토양오염우려기준(제1조의5 관련)

물질	오염 기준 (단위: mg/kg. 다이옥신의 경우에는 pg-TEQ/g)		
	1지역	2지역	3지역
1. 카드뮴	4	10	60
2. 구리	150	500	2,000
3. 비소	25	50	200
4. 수은	4	10	20
5. 납	200	400	700
6. 6가크롬	5	15	40
7. 아연	300	600	2,000
8. 니켈	100	200	500
9. 불소	400	400	800
10. 유기인화합물	10	10	30
11. 폴리클로리네이티드비페닐	1	4	12
12. 시안	2	2	120
13. 페놀	4	4	20
14. 벤젠	1	1	3
15. 톨루엔	20	20	60
16. 에틸벤젠	50	50	340
17. 크실렌	15	15	45
18. 석유계총탄화수소(TPH)	500	800	2,000
19. 트리클로로에틸렌(TCE)	8	8	40
20. 테트라클로로에틸렌(PCE)	4	4	25
21. 벤조(a)피렌	0.7	2	7
22. 1,2-디클로로에탄	5	7	70
23. 다이옥신(퓨란을 포함한다)	160	340	1,000

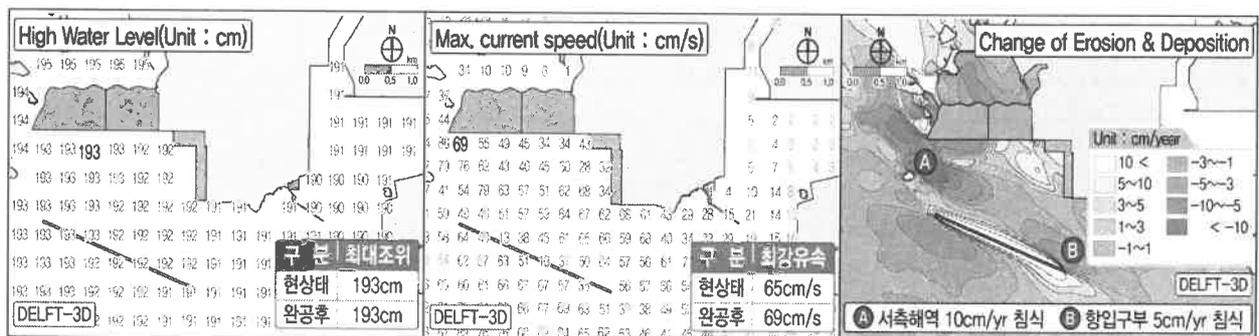
※ 비교

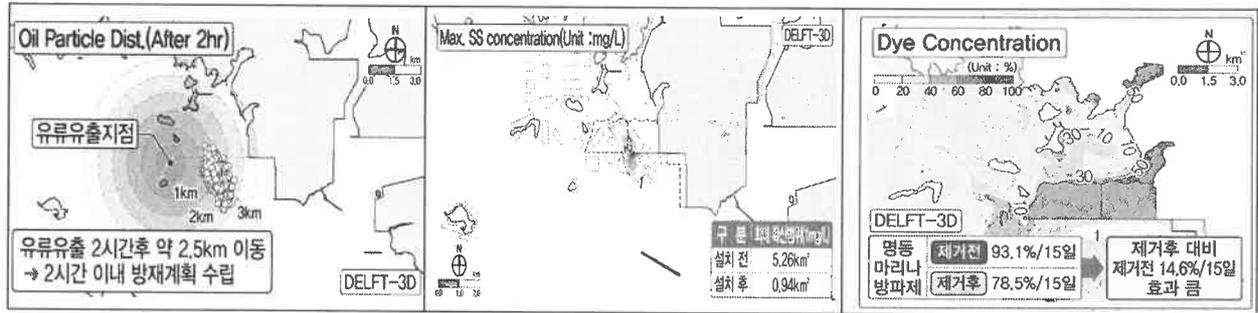
1. 1지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 전·담·과수원·목장용지·광천지·대(「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제58조제8호가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(溝渠)·양어장·공원·사적지·묘지인

지역과 「어린이놀이시설 안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지

2. 2지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지 외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제58조제28호가 목 또는 바목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역
3. 3지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 공장용지·주차장·주유소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조제1호가목부터 마목까지에서 규정한 국방·군사시설 부지
4. 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제48조에 따라 취득한 토지를 반환하거나 「주한미군 공여구역주변지역 등 지원 특별법」 제12조에 따라 반환공여구역의 토양 오염 등을 제거하는 경우에는 해당 토지의 반환 후 용도에 따른 지역 기준을 적용한다.
5. 벤조(a)피렌 항목은 유독물의 제조 및 저장시설과 폐발침목을 사용한 지역(예: 철도용지, 공원, 공장용지 및 하천 등)에만 적용한다.
6. 법 제11조제3항, 제14조제1항, 제15조제1항 및 같은 조 제3항 각 호에 따른 토양정밀조사의 실시나 오염토양의 정화 등을 명하는 경우 토양오염우려기준은 조치명령 당시의 지목을 기준으로 한다. 다만, 정밀조사 기간 또는 정화 기간이 완료되기 전에 지목이 변경된 경우에는 변경된 지목을, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하여 지목변경이 예정된 경우에는 변경 예정 지목을 기준으로 한다.
 - 가. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 등 관계 법령에 따라 개발행위 허가 또는 실시계획 인가 등을 받고 토지의 형질변경 등의 공사가 착공된 경우
 - 나. 건축물의 용도변경을 위하여 「건축법」에 따라 용도변경 허가를 받았거나 신고한 후 공사가 착공된 경우
 - 다. 다른 법령에 따라 지목변경 사유에 해당하는 공사가 착공된 경우
7. 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 등록되어 있지 않은 토지에 대하여 법 제11조제3항, 제14조제1항, 제15조제1항 또는 같은 조 제3항 각 호에 따른 토양정밀조사의 실시나 오염토양의 정화 등을 명하는 경우 토양오염우려기준은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 등 관계 법령에 따른 개발행위 허가 또는 실시계획 인가 등의 관계 서류를 통하여 확인할 수 있는 토지의 용도에 부합하는 지목을 기준으로 한다. 다만, 관계 서류를 통하여 그 용도를 확인할 수 없는 경우에는 1지역에 해당하는 지목을 기준으로 한다.

- 다양한 수치모형실험(유류 유출, 부유사 확산, 해수 유동, 퇴적물 이동, 해수교환율 등)을 통한 해양환경 변화 예측을 수행하고 있어 준설토 투기장 조성에 따른 정량적인 해양환경변화를 파악한 점에서 우수함





(기본설계보고서 133, 137쪽)

- 영향 저감 측면에서는 유류사고에 즉각 대응할 수 있는 대응 시스템을 구축하고 있으며, 공사시 부유사 확산 저감을 위한 3중 필터 시스템 및 4단계 부유사 확산방지 체계, 그레브 준설선 장비부착형 오타방지막 등이 반영된 준설토 유출·확산 방지대책 및 부상토 유출방지 대책을 수립하는 등 해양생태계와 주변 어업권을 보호하기 위한 노력을 기울이고 있음
- 다만, 공사관리계획서 50쪽에 어업권 내 금어기 공사시기 및 공사강도 조절로 어업활동 감소를 최소화하겠다고 하고 있으나, 구체적인 시기 및 방법 등에 대한 내용은 포함되어 있지 않음
- 법정보호종 특히 거머리말(서식지: 소쿠리섬(추정면적 1,130m²) 등)의 경우 부유물질의 농도 증가에 영향을 받을 것으로 판단되나 공사시 부유사로 인한 잘피의 영향 여부를 판단할 수 있는 정량적 검토 자료(부유사 농도에 따른 서식 변화 등)가 부족함. 또한 부정적인 영향이 발생할 우려가 있을 경우 이식 등의 조치를 취할 것으로 제시하고 있으나, 사전 예방적 조치를 위해서는 부유사 농도 증가지역에서 이식이 필요하다고 판단하는 환경변화의 수준이 검토되어야 할 것임

생태계훼손사고 대응 매뉴얼 도입 관리 (환경부)

예방(Mitigation)
 • 공사시 오염물 저감
 • 저소음·진동 장비

준비(Preparedness)
 • 작업자 사전교육
 • 주요 출현구간 선정

해양 및
육상 보호종
보호

대응(Response)
 • 작업관리 및 모니터링
 • 출현시 작업중지

복구(Recovery)
 • 이주, 이식계획 수립
 • 사후환경관리 수행

<보호생물 저감대책>

본 사업대상지는 대부분이 무광대로서 잘피류의 서식이 적당하지 않을 것으로 판단됨. 다만 기존 군락의 시공 과정에서 잘피류가 발견되거나, 사업 대상지 주변의 서식지 면적 감소 등 부정적인 영향이 발생하거나 발생할 우려가 있을 경우 잘피 이식 등 추가적인 저감대책을 수립·시행하여 잘피에 미치는 영향을 최소화 할 계획임

- 사전에 예측하지 못한 해양생태계에의 영향을 조사하기 위해 착공전, 공사시, 운영시에 걸쳐 질피 잠수 정밀조사를 시행 계획하고 있는 점은 우수함

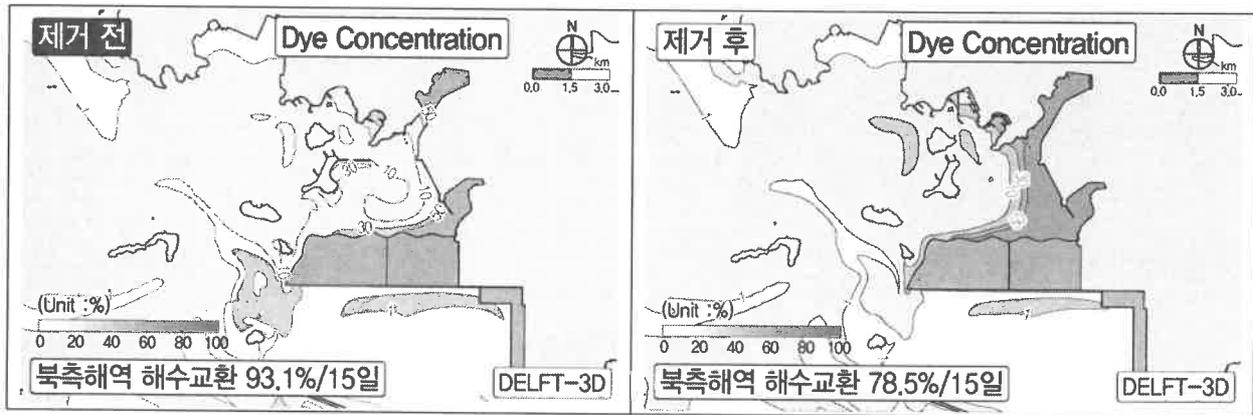
구 분	조 사 항 목	조사지역 및 조사지점	조사방법	조사주기	
해 양 동·식물상	착공전	▪ 질피 잠수 정밀조사	▪ 3개 구역 (계덕만, 지리도, 수도어촌계)	▪ 현지조사(잠수) ▪ 1회	
	공사시	▪ 식물플랑크톤(표·저층), 클로로필 a(표·저층), 동물플랑크톤, 조하대 저서동물, 어란 및 자치어	▪ 7개 정점	▪ 현지조사	▪ 분기 1회
		▪ 경성조간대 저서생물, 조간대 식물 (해조류)	▪ 4개 정점		
		▪ 질피 잠수 정밀조사	▪ 3개 구역 (계덕만, 지리도 ^국 , 수도어촌계)	▪ 현지조사(잠수)	▪ 분기 1회
		▪ 해산이류(대구·청어)	▪ 7개 정점	▪ 현지조사(탐문, 자치어조사)	▪ 분기 1회 ^국
		▪ 해산이류(문헌조사)	-	▪ 문헌조사	▪ 분기 1회
	운영시	▪ 식물플랑크톤(표·저층), 클로로필 a(표·저층), 동물플랑크톤, 조하대 저서 동물, 어란 및 자치어	▪ 7개 정점	▪ 현지조사	▪ 분기 1회
		▪ 경성조간대 저서생물, 조간대 식물 (해조류)	▪ 4개 정점		
		▪ 질피 잠수 정밀조사	▪ 3개 구역 (계덕만, 지리도 ^국 , 수도어촌계)	▪ 현지조사(잠수)	▪ 분기 1회
		▪ 해산이류(문헌조사)	-	▪ 문헌조사	▪ 분기 1회

(해양환경분석 및 저감방안 보고서 95쪽)

③ 해저지형 및 퇴적물의 변동성 조사

- 환경영향분석보고서 39-40쪽에 따르면 투기장 북측 동섬-동매도-음지도-우도-준설토 투기장으로 연결하는 선 내의 유속이 크게 감소할 것으로 예측하고 있음. 이러한 여건 변화에서 해당 해역에서의 해수유통 변화에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 명동마리나 방파제의 제거 전·후 해수 교환을 변화를 정량적으로 파악하기 위한 수치모형실험을 시행하고(수치

및 수리모형실험 II 41-60쪽), 그 결과로 방파제를 제거하지 않는 것이 제거하는 것에 비해 해수교환율이 14.6%(15일 기준) 증가한다는 결론을 제시(기본설계보고서 131, 133쪽)한 것은 준설토투기장 북측 수역의 해수교환 향상을 위한 중요한 평가자료가 될 수 있다는 점에서 매우 우수함



(기본설계보고서 133쪽)

o 평가항목 : 해양 보전을 고려한 시설계획의 적정성

- 장래 폐기물 발생량을 제로화하기 위한 무상치 사석경사제 적용, 3중 필터 시스템을 적용한 준설토 유출 방지, 5단계 준설토 확산 방지계획 수립 (이상 기본설계보고서 134쪽), 어업권 내 금어기 공사시기 및 공사강도 조절로 어업활동 감소 최소화 계획 수립(공사관리계획서 50쪽) 등으로 환경친화적인 시설계획을 수립하고 있음. 또한 해양사고로 인한 피해를 방지하기 위한 다양한 통항시 피해 방지대책(오타방지막 앵커부이 설치, 실시간 공사 모니터링을 위한 스마트 등부표 설치, 등주 이설을 통한 통항 안전성 증대 등)을 수립(기본설계보고서 134쪽)하고 있음

[종합평가 의견]

- o 다양한 수치모형실험을 통해 공사전·중·후의 해양환경변화를 충실히 예측하는 한편, 공사시의 영향을 저감하기 위한 다단계 준설토 확산 방지계획 등을 수립하고 있으며, 잘피 서식지 피해 등 사전에 예측하기 어려운 해양환경 및 해양생태계 영향은 공사전, 중, 후에 걸친 모니터링계획을 수립하고 있음

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 목 정 임 ^{2024.7.11}

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- **건명** : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- **전문분야** : 해양

평가 사유

○ **평가개요** : 공사관련 기본설계도, 보고서, 기본설계보고서, 각종실험보고서중 해양과 관련된 사항을 평가함

○ **평가항목**

1. 해양환경 보전을 위한 조사 및 설계기준의 적정성

- 입찰안내서에 제시된 4가지 강조사항 반영여부를 ‘공사 설계서류’와 ‘일괄 입찰 설계심의 질문 답변서’를 검토한 결과, 누락없이 적절히 반영된 것으로 판단됨

< 입찰안내서 중점 강조사항 >

<input type="checkbox"/> 자연환경 보호방안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공사시 해양생태계 파괴 최소화 방안 수립, ▪ 육상 및 해양오염 방지로 민원발생 차단
<input type="checkbox"/> 해양환경 보전방안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해역특성을 고려한 해양환경영향 최소화 ▪ 해저지형 및 퇴적물 조사 후 친환경 시설설치
<input type="checkbox"/> 수질환경 보호방안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3중 필터 시스템 등 해양 부유사 확산 최소화 ▪ 부상토 유출방지, 유류방재 시스템 등해양환경 보호
<input type="checkbox"/> 폐기물 관리방안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무상치 호안 적용 등 친환경 폐기물 관리계획 수립 ▪ 폐기물 관리방안 준수 및 지정폐기물 관리 철저

- **관련법령을 충족하는 것으로 판단됨**

- 공유수면법 제12조1항의 해양환경, 해양생태계에 미치는 영향이 고려됨
- 환경정책기본법 제5조와 관련하여 사업자의 책무(환경오염 및 환경훼손 방지조치) 사항이 적절히 고려됨
- 해양환경관리법 제64조1항과 관련하여 오염물질의 배출방지, 확산방지 등이 고려됨
- 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법 제16조2항과 관련하여 해양오염퇴적물을 발생시킬 경우 발생원인이 된 행위를 한 자에게 정화할 것을 명하고 있음에 따라, 공사 시 해양오염퇴적물 발생 최소화에 유의해야 할 것으로 사료됨

< 관련 법령 검토 >

공유수면 관리 및 매립에 관한 법률 (이하 공유수면법)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제2조 정의 ■ 제4조 공유수면의 관리 ■ 제8조 공유수면 점용·사용허가 ■ 제12조 점용·사용허가 등의 기준
환경정책법	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제3조 정의 ■ 제5조 사업자의 책무 ■ 제41조 환경영향평가
해양환경관리법	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제2조 정의 ■ 제18조 해양환경개선조치 ■ 제64조 오염물질이 배출된 경우의 방제조치
해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제2조 정의 ■ 제9조 폐기물의 매립 등 ■ 제16조 해양오염퇴적물의 정화 ■ 제17조 사후관리

1) 해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성

- 수리현상 사전조사는 당초 기초조사용역에 포함되어 있지 않았으나, 본 용역 각종실험보고서 제2권(수치 및 수리모형실험 II) 및 공동조사 및 개별조사 보고서 제2권(해양물리조사)를 검토한 결과 층별 조류, 조위, 부유사 관측을 1개월간 관측하였으며, 동 자료를 수치모형 검증에 적절히 활용하였음. 또한 직접 주변의 조석 및 조류관측 성과와 비교분석도 체계적으로 실시한 것으로 판단됨
- 해저지형 사전조사는 본 용역보고서 공동조사 및 개별조사보고서 제3권(지형 및 수심측량)을 검토한 결과 멀티빔을 이용하여 정밀 수심측량을 실시하였으며, 인근의 인공어초 조사도 실시하였음. 당초 기초조사용역시 포함되지 않았던 해저가스관로의 위치를 파악하여 이를 고려한 하중분산 설계는 매우 적절하다고 판단됨. 다만, 해저가스관로 공사 추진일정을 파악하여 동 공사의 일정에 차질이 발생하지 않도록 공정계획을 수립하는 것은 필요하다고 판단됨

2) 해양생태환경조사 및 해양환경보전·복원

- (해양생태조사) 기초 조사 단계에서 별도로 시행하지 않았으나, 본 용역보고서 각종실험보고서 제12권(환경영향분석 및 저감방안) 검토 결과 어업권 현황, 환경보전지역 현황, 해양 동·식물상 조사 결과를 제시하였음.
- 다만, 어업권 현황의 경우 업종구분, 어업번호, 면적, 면허기간에 대해서만 조사함에 따라 구체적인 어종, 주요 양식업 내용 등은 파악되지 않은 것으로 판단됨, 이는 부유사 농도에 따른 피해여부가 어종, 양식형태에 따라 달라질 수 있기 때문에 민원발생시 효율적 대응에는 한계가 있을 수 있음

- (해양환경 보전·복원) 유류사고 발생시 확산범위 예측, 부유사 확산 예측도 실시하였으며 이를 토대로 부유사 저감을 위한 오탉방지막, 여수토, 부상토 저감 방안을 적절히 제시한 것으로 판단됨

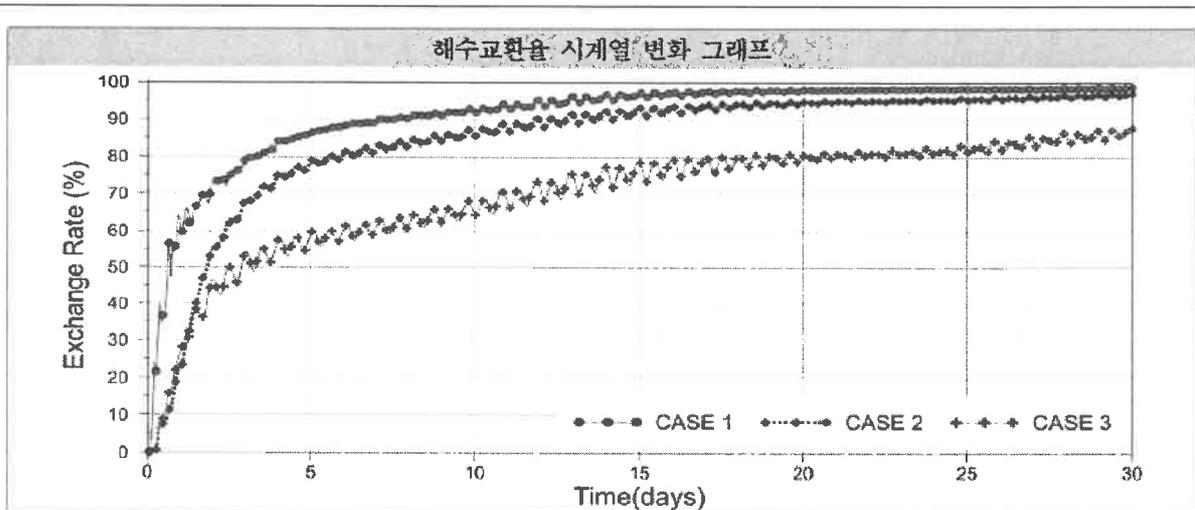
3) 해저지형 및 퇴적물의 변동성 조사

- (변동성 조사) 각종실험보고서 제2권(수치 및 수리모형실험 II)에서 수치모형을 통해 3가지 CASE별 퇴적물 분포 변동 양상을 제시하였음.
- (변동성 최소화 방안) GNSS RTK 시스템을 통한 수심측량 방안은 제시하였으나, 변동성을 최소화 하는 방안은 구체적으로 제시하지 않고 있음.

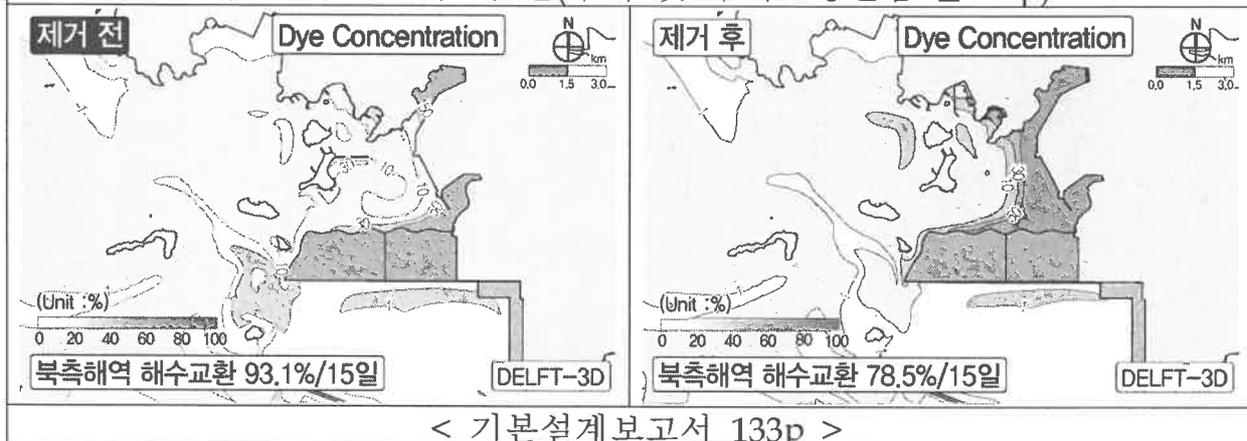
2. 해양 보전을 고려한 시설계획의 적정성

1) 해양환경 보전을 위한 구조물계획 수립

- 해수교환율과 관련하여 각종실험보고서 제2권(수치 및 수리모형실험 II)의 제3장에서 해수교환율 검토 결과를 제시하고 있음 이는 환경영향평가 심의의견을 반영하여 사업대상지 북측해역의 해수교환율 변화양상을 파악하기 위해 수행한 결과를 적절히 제시하고 있음



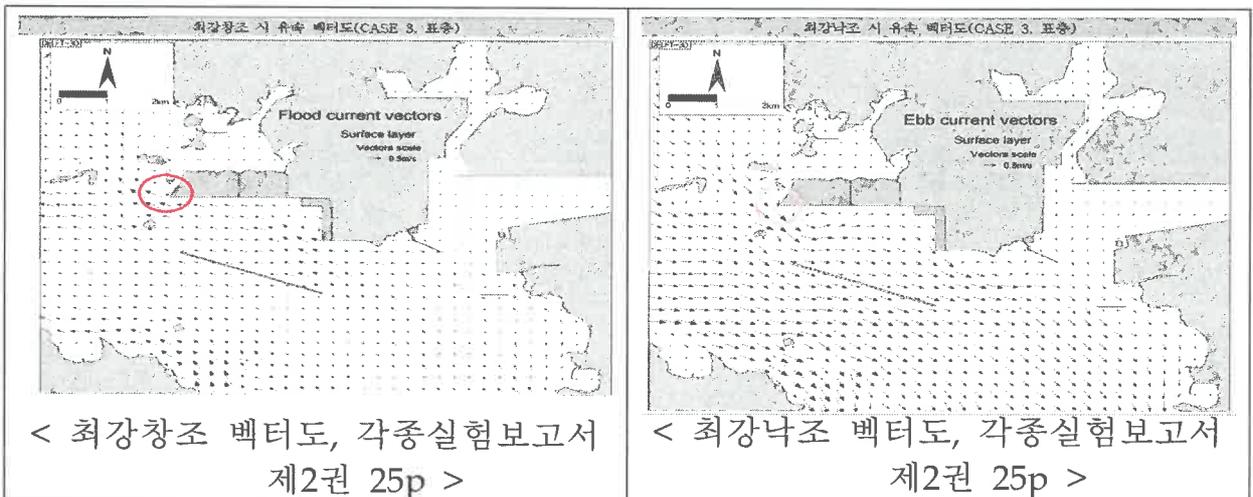
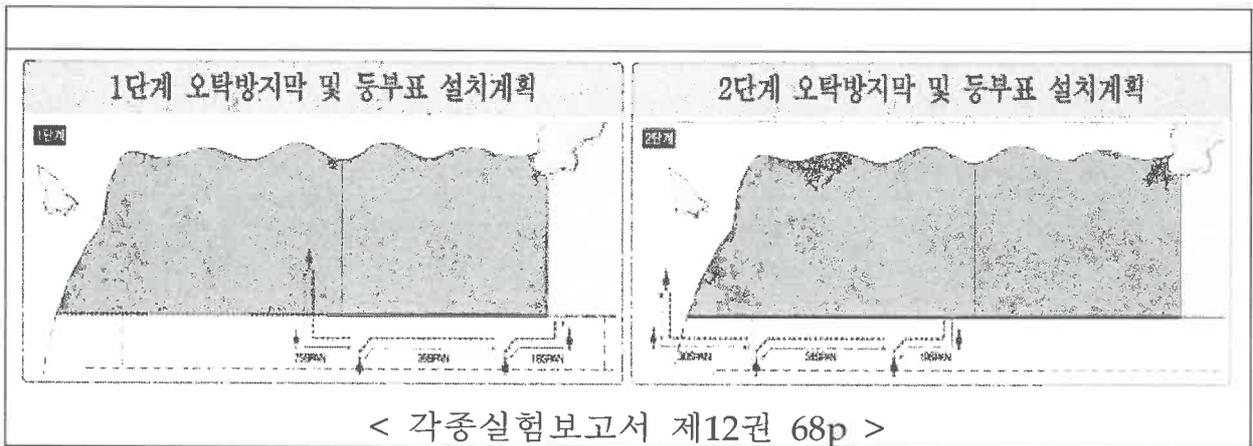
< 각종실험보고서 제2권(수치 및 수리모형실험 II 45p) >



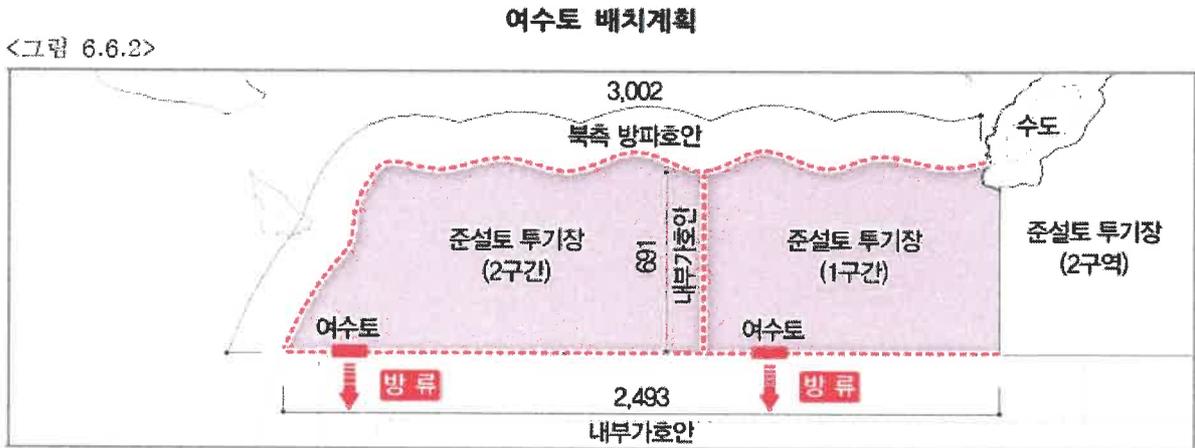
< 기본설계보고서 133p >

2) 해양환경영향 저감을 위한 계획 수립

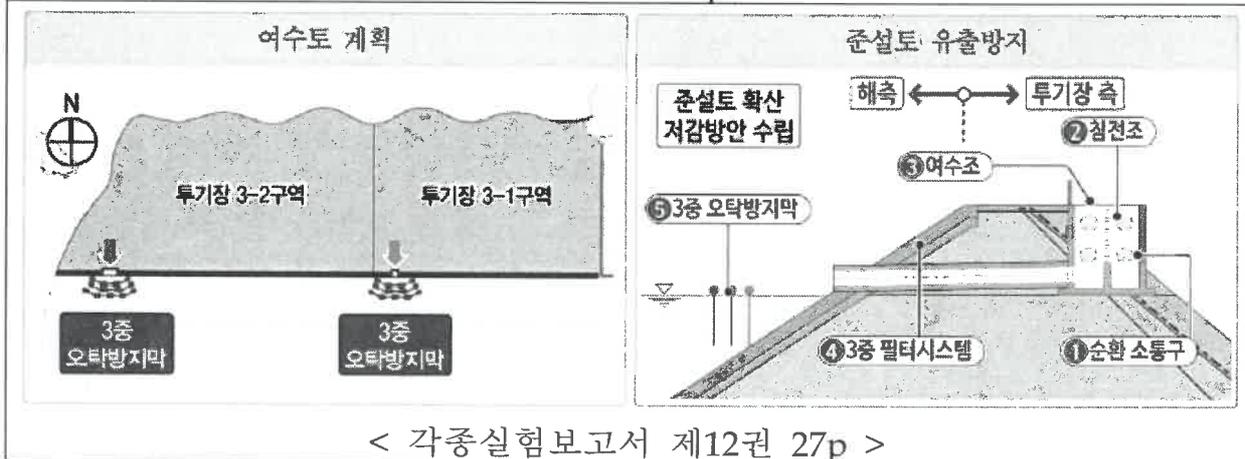
- 부유사는 주변의 양식장피해와 직결되는 사항으로 이에 대한 철저한 대비가 필요하다고 판단됨. 각종실험보고서 제12권(환경영향분석 및 저감방안 68p)에서 제시한 2단계로 오탉방지막 및 등부표 설치계획과 관련하여 투기장 호안 서쪽 끝단의 유속은 공사 후 유속이 강해지는 것으로 예측됨에 따라, 오탉방지막의 운용시 유의해야할 것으로 판단됨. 따라서 주기적인 오탉방지막 유지관리와 모니터링이 필요하다고 판단됨
- 또한, 공사기간 중 부유사(부유물질) 긴급대응이 가능하도록 하여야 하며 특히, 대조기, 태풍, 강풍, 장마 등의 퇴적물 부유와 확산 이동이 발생할 소지가 있는 시기에 철저한 관리가 필요할 것으로 보임



- 여수토 확산 검토 결과는 각종실험보고서 제2권(수치 및 수리모형실험 II) 및 보고서 640~645p을 통해 여수토 확산을 예측하고 주변 어업활동을 고려하여 2개소의 여수토 방류위치(배출구)를 적절히 설정하였음
- 특히, 3중 오탉방지막 시스템을 배치한 것은 여수토 저감과 관련하여 적절한 설계로 판단됨, 또한 3중 필터시스템을 통한 여수토 저감방안도 적절한 것으로 판단됨



< 보고서 641p >



3) 주변항만 및 어항이용 등의 영향을 고려한 계획 수립

- 명동마리나 방파제 제거 여부를 반영하여 수치모의를 실시하였으며, 시간에 따른 해수교환율을 정량적으로 산출하여 명동마리나 방파제를 존치하는 것이 해수교환율을 확보할 수 있는 방안이라고 제시함.
- 또한 보고서(349p~420)에는 6가지 상세한 case를 설정하고 각 단계별 결과를 제시하였음. 특히, 해수 소통구가 300m 및 500m일 경우에 대한 수치모의를 각각 실시한 것은 적절한 결과라고 판단됨.

[종합평가 의견]

- o 입찰안내서 요청사항과 관련법령을 적절히 고려하여 관련 보고서들이 작성되었음. 특히, 해수교환율 예측을 통한 환경영향평가 결과 반영, 여수토 조치계획 등은 매우 적절하다고 판단되나, 부유사에 대한 저감계획과 상시 모니터링은 동 민원 발생 최소화 하기 위해 유념해야 할 사항이라고 판단됨. 이상의 사항들을 종합적으로 고려할 때 각 평가항목은 충족된 것으로 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 유학렬 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계 심의
- 전문분야 : 환경

평가 사유

□ 환경영향 저감방안 수립의 적정성

○ 환경 현황조사의 적정성

- 환경영향평가 및 일반해역이용협의 대상여부에 대한 관련법규(환경영향평가법, 해양환경관리법 등) 법적 검토가 적정함
- “부산항 진해신항 남방파제 및 남측 방파호안 축조공사 환경영향평가서”(23.9), 동 공사 “일반해역이용협의서”(23.4) 등 환경 분야 협의내용에 검토 및 관련 사항에 대한 설계 반영이 적정함
- 환경영향평가 협의의견을 반영한 환경현황 조사가 실시되었으며, 해양수질 2등급(좋음), 소음, 대기질 등 국가 환경기준을 만족함
- 조사된 자료는 환경영향 예측에 활용되었으며, 수달, 살췍이, 갈피류 등 법정보호종이 서식하고 있는 것으로 확인되었으며, 수·생태 영향 최소화를 위한 수질 및 생태계보호 방안을 수립하였음

○ 환경영향평가 협의결과 반영 및 저감방안 수립의 적정성

- 환경영향평가 협의의견을 반영한 각 분야 저감방안 수립이 적정함
- (육·해상 동식물) 야간공사 지양, 저소음 장비, 공사장비 조명, 해충방제 여수로, 해충퇴치기, 약품 살포 등

- (해양수질) 2중(장비부착형+수하식) 오탉방지막, 4단계 부유사 확산방지, 3중 필터 시스템, 대체 고화재 등
- (대기질) IoT기반 스프링클러, 미세먼지 모니터링, 방진망, 세륜세차시설, DBF 부착, 차량덮개, 저속운행, 공회전 통제 등
- (소음·진동) 실시간 소음 모니터링, 가설방음판넬, 차량속도제한 등
- (친환경적 자원순환) 쓰레기 분리수거함, 친환경 화장실, 폐유저장시설, 해양폐기물 처리 등

○ 사후환경영향조사 계획 수립의 적정성

- 환경영향평가 및 협의내용 관리책임자를 지정 통보하고, 협의내용관리 전담팀 관리 구성방안은 관련 법규를 준수하고 있음
- 대기질, 악취, 해양수질, 해양퇴적물, 소음진동, 해양물리, 해양생태계, 수질, 육상생태계, 해충 등 사후환경영향조사 항목과 주기는 적정함
- 공사중 해산어류에 대한 모니터링을 실시토록 계획되어 있으나, 운영시 문헌조사만 실시토록 계획되어 있음
- 오탉방지막 효율성 평가(35개월), 공사시 소음 및 미세먼지 실시간 측정, 상시 수질·폐기물 관리점검 등 추가 모니터링 계획이 수립됨

○ 어업피해 영향 최소화 방안 수립의 적정성

- (공사중) 2중(장비부착형+수하식) 오탉방지막 설치, 3중 오탉방지막(여수토), 3중 필터시스템, 4단계 부상토 확산방지, 재료원 육상이동 최소화, IoT 기반 스프링클러, 적조방제체계 구축 등

- (운영 중) 지역주민 대상 주민설명회(분기 1회) 등 어업피해 영향 최소화 방안이 검토 수립

* 어류 산란기 공정조정 등 어류 피해를 최소화하기 위하여, 어업권 현황 분석 및 착공전 어업권 보상방안 수립, 신속한 보상업무 추진방안, 금어기시 공사시기와 사석투하 강도 조정 등 공사강도 조절, 갈등(민원) 관리 협의체 구성 등 구체적 관리 방안 적정성 확인(설계토론회)

□ 환경친화적인 항만설계의 적정성

○ 친환경 설계 도입의 적정성

- 환경친화적 설계를 위한 대체고화재 어독성 검사, 무상치 사석경사제, 친환경 화장실 등을 도입
- 환경친화적 공사관리를 위한 3중 오탉방지막(여수토), 호안 3중 필터시스템, IoT 환경관리, DBF 장비 등이 계획됨
- 여수토 3중 필터시스템, 무상치 사석 경사제, 해충방제 여수로 등 친환경 시설설치가 계획됨

○ 온실가스 저감방안 및 효과

- 절수용 위생기구, 공회전 통제, 태양광 등부표, 호안단면 등 12건의 온실가스 저감방안을 도입계획이 수립됨
- 이를 통한 온실가스는 공사 중 122,433tCO₂-eq 저감되는 것으로 산정되었으며, 탄소배출 저감 적정성이 검증됨

○ 신기술, 신공법 도입의 적정성

- 통항선 및 작업선 해양사고 리스크를 차단하기 위한 IoT 해상 관제시스템을 도입하고, 통항 선박 안전성 확보를 위한 오락방지막 표시등 도입, 스마트 공사용 등부표 도입 등 신기술 도입계획은 우수함

○ 탄소 저감방안 및 시공법 도입의 적정성

- 상차중 공회전 통제, ECO운행, DBF 부착, 사석 해상운반, 고로시멘트, 무상치 사석경사제 호안 단면, 대체 고화재, 부상토 활용 등 8건의 탄소 저감 시공방법 도입 계획 수립됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 전홍진 (인)

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 환경

평가 사유

1. 환경영향 저감방안 수립의 적정성

가. 환경현황조사의 적정성

- 기초조사 용역
 - 해당사항 없음
- 대우건설 컨소시엄
 - 문헌조사 17개 평가서 분석을 통한 소음, 대기질, 법정보호종, 해양수질, 해양퇴적물 등 환경현황조사 수행 결과 영향예측시 활용함
- 검토 의견
 - 환경영향예측시 필요한 법정보호종 및 해양 생태계 조사를 비롯한 다양한 환경현황 결과 분석 수행이 적정함

나. 환경영향평가 협의결과 반영 및 저감방안 수립의 적정성

- 기초조사 용역
 - 여수토, 3중 오탁방지막, 등부표 등 해양수질 저감방안 수립함
- 대우건설 컨소시엄
 - 부유사 확산에 의한 영향예측, 비산먼지 발생구간 저감방안, 준설토 토양오염 우려기준 확인 필요, 여수토 배출에 따른 저감방안 수립, 유류 등 오염물질 바다 유출방지 대책 등에 요구사항 반영함
 - 유류유출 확산 방지 대책, 오탁방지막 설치 계획, IoT 활용한 먼지, 소음 실시간 모니터링 계획, 해충방제 계획 수립 등 환경영향평가 협의사항을 반영한 저감방안 대책 수립함
- 검토 의견
 - 환경영향평가 협의 의견 요구사항인 수질, 대기, 토양 등에 대해 다단계 부유사 확산 방지 방안 수립, 구간별 대기오염물질 집중관리, 환경친화

적 폐기물 관리 방안 뿐만 아니라 실시간 모니터링 계획을 수립한 신속 대응 대책을 수립한 점이 우수함

다. 사후 환경영향조사계획의 수립의 적정성

- 기초조사 용역
 - 해당사항 없음
- 대우건설 컨소시엄
 - 생활환경, 해양환경, 환경시설 등으로 구분하여 사후환경영향조사 지점 선정함
 - 오탉방지막 효율 평가, 소음·대기질 측정, 수질, 폐기물 관리 점검 등의 추가 모니터링 계획 수립함
- 검토 의견
 - 사후 환경영향조사 계획을 수립하였으며, 추가적인 모니터링 계획으로 오탉방지막 효율 평가, 소음·대기 측정 등을 계획한 점이 적정함
 - 강릉 및 군산 일대 본 공사와 유사한 공사로 인한 사후(장기) 침식/퇴적 문제가 발생되고 있는 것으로 보고되고 있음. 따라서 본 공사 개발완료 시 상기 지역에서 발생하는 형태의 장기적인(최소 10년) 침식/퇴적현상의 가속화로 주변에 상당량의 침식/퇴적(특히, 항내 퇴적현상)이 발생할 개연성이 예상됨. 이에 대한 분석/평가와 더불어 대책방안을 강구할 필요가 있음

라. 어업피해 영향 최소화 방안 수립의 적정성

- 기초조사 용역
 - 해당사항 없음
- 대우건설 컨소시엄
 - 여수토 준설토 확산 영향검토 수행 후 저감방안 수립함
 - 준설토 투기장 공사시 오탉방지막 최대 확산 범위 검토를 수행하였으며 약 82.1% 감소하는 것으로 분석됨
 - 해상운반 재료원 운반을 통해 육상 이동에 따른 민원발생 차단함
 - 적조 방제체계 구축 및 부상토 확산 방지대책 수립으로 해양오염 차단 및 주민 어업권 침해 방지 대책 수립함
 - 추가적인 생활환경 영향 최소화를 위한 소음 및 대기질 영향 예측 수행

및 저감방안 수립함

○ 검토 의견

- 공사시 및 운영시 부유사 확산 영향검토 반영한 저감방안 수립, 재료원 운반시 육상민원 방지를 위한 계획 수립, 부상토 확산방지 및 적조 방제체계 구축 등 어업피해 영향 최소화를 위한 방안을 수립한 것이 적정함

2. 환경 친화적인 항만설계의 적정성

가. 친환경 설계 도입의 적정성

○ 기초조사 용역

- 해당사항 없음

○ 대우건설 컨소시엄

- 어독성 환경기준 만족하는 검증된 대체 고화재 사용함
- 3중 필터 시스템을 적용하여 준설토 유출 방지 계획함
- 무상치 사석경사제, DCM구간 오염도 검사를 통한 폐기물 관리방안 수립함

○ 검토 의견

- 대체고화재의 친환경성 검증 및 3중 필터 시스템, 무상치 사석 경사제 적용 등으로 공사중 및 운영중 발생하는 환경영향을 최소화 하는 친환경 설계 도입한 점이 우수함

나. 온실가스 저감방안 및 효과

○ 기초조사 용역

- 해당사항 없음

○ 대우건설 컨소시엄

- 절수용 위생기구, DPF 장비부착, 상차중 공회전 통제 및 태양광 등부표로 온실가스 저감 계획 수립됨

○ 검토 의견

- 투입 공사장비에 대한 공회전 통제 및 DPF 장비부착, 태양광 등부표, 절수용 위생기구 등으로 온실가스 저감 대책 수립이 우수함

다. 신기술, 신공법 도입의 적정성

- 기초조사 용역
 - 해당사항 없음
- 대우건설 컨소시엄
 - 오락방지막 표시등을 적용 야간 통행 선박의 안전성 확보함
 - IoT 해상관제 시스템 적용으로 해양사고 차단 계획 수립함
 - 스마트 공사용 등부표로 실시간 공사 모니터링으로 해양내 발생할 수 있는 사고 방지 계획 수립함
- 검토 의견
 - 신재생에너지를 활용한 오락방지막 표시등, IoT 해상관제 시스템 등을 적용하여 즉각적이고 지속가능한 신기술, 신공법 적용한 점이 적정함

라. 탄소저감 방안 및 시공법 도입의 적정성

- 기초조사 용역
 - 해당사항 없음
- 대우건설 컨소시엄
 - 고로시멘트, 호안단면 개선 등으로 탄소발생량 122,433tCO₂-eq/식을 저감함
 - 친환경 건설자재·건설장비 도입 및 신재생 및 재활용 계획으로 소나무 52.1백만그루, 11.1억원의 경제적 효과 검증됨
- 검토의견
 - 고로시멘트, 친환경 건설장비 도입, 호안단면 개선 및 신재생 재활용 계획을 수립하는 등 탄소 저감을 위한 적절한 시공법 도입한 것이 우수함

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 강 문 상 (인)

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

설계평가 사유서

□ 안전명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구)축조공사
일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 스마트 건설기술

평 가 사 유

1) 계획단계

○ 평가항목 : 건설주기별 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 계획의 적정성

(평가의견)

- (제시내용) 설계, 시공, 유지단계별 스마트 건설기술 제시
- (세부의견) 정부정책상 스마트건설 및 BIM 관련 주요기술을 건설 전단계(설계, 시공, 유지 단계)에 걸쳐 계획하였다. 또한, 건설사업 BIM 시행지침을 반영하여, BIM 설계최적화, 시공 시뮬레이션, 준공 BIM 구축 등을 적정하게 계획하였다.

○ 평가항목 : 시설물 설치 계획과 스마트 건설기술의 연관성

(평가의견)

- (제시내용) 설계최적화, 시뮬레이션, BIM 구축, 데이터 이관 등
- (세부의견) 설계/시공 계획 수립에 있어 BIM 모델을 활용한 호안 단면 자동설계 및 DCM 수량산출로 설계최적화, DES 시공계획 시뮬레이션으로 적출장 운영시 발생하는 작업간섭 최소화를 계획하였다. 3D MG, DX 품질업무 플랫폼을 활용하여 시공 정밀도를 향상시키고, 드론 수심측량 기반 토공모델 구축을 계획함으로써 시공 안전성을 확보하였다.

○ 평가항목 : 스마트 건설기술 적용 목표와 기대효과

(평가의견)

- (제시내용) 생산성, 안전성 향상을 위한 방안 제시
- (세부의견) RTK 드론으로 수심 측량한 데이터를 기반으로 BIM 토공모델을 작성하고, 이를 3D MG 장비에 자동 연동하여 3D MG 효율성을 향상하는 적절한 계획을 수립하였다. 또한, 통합관제 플랫폼(On Site Monitoring, OSM)을 활용하여 실시간으로 현장을 관제하고, 위험 공정에 있는 근로자의 안전을 선제적으로 관리하여 근로자의 작업 안전성을 향상시킬 수 있도록 계획하였다.

○ 평가항목 : 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

(평가의견)

- (제시내용) GNSS 정밀도, IoT 장비관리 애로사항 및 대응방안 제시
- (세부의견) GNSS 기준국은 반경 3,000m 이상을 커버할 수 있어 투기장호안(2,493m) 시공시 정밀 GNSS 좌표를 취득할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, LTE 통신망은 대역폭이 넓어 CCTV 영상을 안정적으로 송출할 것으로 판단된다.

2) 설계단계

○ 평가항목 : BIM 설계 모델의 활용 수준(시공, 공정, 안전, 품질 등)

(평가의견)

- (제시내용) 시공, 공정, 안전, 품질 전반에 대한 BIM 적용방안 제시
- (세부의견) 설계 BIM 모델을 활용하여 각종 시뮬레이션(시공장비간 간섭검토, 주요 공사계획 검토, VR안전교육 콘텐츠 제작 등)을 수행함으로써 설계 BIM을 시공, 공정, 안전, 품질 관리에 적절히 활용하였다.

○ 평가항목 : 설계분야 스마트 건설기술 활용 정도

(평가의견)

- (제시내용) 항만, 토질, 구조, 시공 등 전반 활용 방안 제시
- (세부의견) 공통정보환경(CDE)을 구축하여 설계분야별 요구사항을 수립하여 설계오류를 최소화하였다. 설계 BIM 모델을 활용한 수량산출 및 공정시뮬레이션으로 기본설계 품질을 향상하였고, 시공계획을 검증하기 위해 적절한 DES 모델 활용계획을 수립하였다.

○ 평가항목 : 스마트 건설기술 활용 적용 기대효과 등

(평가의견)

- (제시내용) 수량산출, 정밀시공 등에 활용 방안 제시
- (세부의견) 지형/지층 모델, 제체수량, 투기장 3구역 수토량에 대한 수량 산출에 적용하였으며, 정밀시공을 위하여 ICT 측량 기반 BIM 토공모델 작성 및 MG 연동 하였다. 이를 통해, 정확한 물량산출 및 정확한 시공이 가능할 것으로 기대된다.

○ 평가항목 : 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

(평가의견)

- (제시내용) BIM 수량 검증 및 작업간섭 시뮬레이션 고려한 공사 기간 산출 등
- (세부의견) BIM 기반 정확한 수량산출을 통해 장래 수토 계획의 적정성을 검토하였고, DCM 개별 모델 수량산출을 통해 수량 적정성을 확보하였다. DES 시뮬레이션 기반 주요 공사계획 검증을 통해 주요 설계/시공계획의 적절한 검증을 계획하였다.

3) 시공단계

○ 평가항목 : 시공분야 스마트 건설기술 활용 정도

(평가의견)

- (제시내용) 제7차 건설기술진흥기본계획 핵심기술(BIM, ICT측량, MG, 플랫폼) 적용, 대우건설 자체 플랫폼 적용
- (세부의견) ICT, 디지털전환(DX) 등 “제7차 건설기술진흥기본계획”의 핵심기술을 적절히 반영하였다. 또한, 대우건설 자체 개발한 스마트 건설기술과 현장 적용사례를 구체적으로 제공하여 스마트 건설기술 활용역량을 검증하였다.

○ 평가항목 : 시공분야 스마트 건설기술을 활용한 공정/안전/품질 관리의 적정성

(평가의견)

- (제시내용) 플랫폼 기반 관리 방안 제시
- (세부의견) 스마트 통합관계플랫폼(OSM) 기반 실시간 현장관리, 안전·보건 업무 플랫폼(SMARTy) 내 안전 빅데이터 기반 현장 안전관리 고도화, 품질 업무 플랫폼(Q-BOX) 기반 품질 업무 자동화 및 스마트 송장 시스템 기반 효율적 자재관리 등 적절한 공정/안전/품질 관리계획을 제시하였다. 또한 각 플랫폼 현장 적용 사례 분석을 통해 얻은 노하우를 제시하여 DX 업무 플랫폼 활용계획의 적정성을 검증하였다.

○ 평가항목 : 시공분야 스마트 건설기술 활용에 따른 기대효과

(평가의견)

- (제시내용) 자동화 장비 및 플랫폼 기반 생산성 및 정밀도 향상
- (세부의견) 실시간 현장 관제를 통한 선제적 안전관리, 품질 문서 작성 효율화 및 자동관리, 안전 빅데이터 기반 현장 안전관리 고도화 등 DX 업무 플랫폼의 적용 기대효과를 구체적으로 제시하였다.

○ 평가항목 : 스마트 건설기술 활용 시공성의 적정성

(평가의견)

- (제시내용) IoT 기자재 및 3D MG 장비 활용 효율화 제시
- (세부의견) 드론 수심측량 데이터 활용, 방수 IMU 센서 활용, MG 전용 기준국 설치 등 해상공사 특성을 반영한 3D MG 자동화장비 운영계획을 수립하였다.

4) 유지단계

○ 평가항목 : 유지관리단계 스마트 건설기술 활용 정도

(평가의견)

- (제시내용) 데이터 축척 및 이관방안 제시
- (세부의견) 설계/시공 데이터(품질/계측/영상 등) 축적을 위한 클라우드 기반 공통정보환경(CDE)을 적절히 계획하였으며, 설계/시공 데이터의 효율적 이관을 위한 데이터 자동 분류 및 연동을 계획하였다.

○ 평가항목 : 유지관리단계 스마트 건설기술 적용에 따른 기대효과 (유지관리 용이성, 사용자 편의성·안전성 등)

(평가의견)

- (제시내용) 유지관리 용이성, 편리성, 안전성 등을 고려
- (세부의견) 설계/시공 데이터 통합을 위한 준공 BIM 모델 구축 계획을 적절히 제시하였다. 시설물 유지관리를 위한 스마트 유지관리 장비 운영계획을 구체적으로 제시하였다.

○ 평가항목 : 설계/시공단계의 스마트 건설기술 데이터 활용 정도

(평가의견)

- (제시내용) BIM 데이터 이관방안 제시
- (세부의견) BIM 모델, 설계/시공 데이터를 포함한 시공 BIM 데

이터의 구성이 상세하게 제시되어 있으며, 준공 BIM 및 유지관리 통합데이터의 분류체계를 적절히 제시하였다.

○ 평가항목 : 스마트 건설기술 활용 유지관리의 적정성

(평가의견)

- (제시내용) 자동화 계측기, 기자재 이관 등을 통한 유지관리 효율화
- (세부의견) 자동화 계측 시스템 기반 실시간 시설물 계측 데이터 분석, 지능형 CCTV 기반 시설물 인근 인력 및 장비 관제, 스마트 등명기 기반 선박 및 호안 충돌 예방과 같이 시설물 유지관리 장비의 적정성을 상세하게 제시하였다.

건설기술진흥업무 운영규정 제31조의 규정에 의하여 항목별 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 07월 11일

심의위원 이 호 현



중앙위 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(2공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 스마트 건설기술

평가 사유

○ 평가항목 : (계획단계) 건설주기별 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 계획의 적정성

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 설계단계, 시공단계, 유지단계 등 건설주기별 스마트 건설기술 활용계획과 BIM 계획을 수립함
- 스마트 건설기술 활용에 있어서 시공단계에서 통합관계플랫폼을 통한 실시간 현장 통합관계, DX 안전/품질 업무플랫폼 구축, ICT 자동화 장비 사용 등을 이용한 생산성 및 안전성 향상 계획 등을 수립하고 있음
- 건설주기별 BIM 계획에 있어서 제7차 건설기술 진흥계획과 건설산업 BIM 시행지침에 부합하게 건설의 전 단계에서 BIM을 활용할 계획을 수립하고 있음

<종합 평가의견>

- 정부 정책과 프로젝트의 특성을 고려한 설계, 시공, 유지관리 단계의 건설 생애주기 전반에 걸친 스마트 건설기술 및 BIM 계획 수립에 있어 정부 정책 목표와 BIM 시행지침을 명확하게 이해하고 있으며, 이에 따른 계획을 적합하게 수립하고 있음
- 통합관계플랫폼과 DX 안전/품질 업무플랫폼 등을 운영함으로써 정부 정책 및 현장 특성에 적합한 스마트건설 세부 기술을 선정하였고, 이를 이용하여 건설공사 전 단계에서 생산성 및 안전성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨

- BIM 모델을 구축하고 시뮬레이션 수행을 통하여 설계 최적화와 함께 업무 효율화 향상을 가져올 것으로 판단되며, 특히 준공 BIM 구축 후 유지관리 단계로 이관하여 유지관리 효율을 향상시킬 수 있을 것임

○ 평가항목 : (계획단계) 시설물 설치 계획과 스마트 건설기술의 연관성

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 파라메트릭 기반의 BIM 모델링을 활용하여 제체안전성 확보와 단면 최적화를 이룰 수 있도록 계획하였고, DCM 개별 수량 산출로 DCM 수량을 정밀 산출하였음
- 시공계획 검토에 있어 Discrete Event Simulation(DES)을 활용하여 남 권 적출장 자재운반 시뮬레이션 계획을 수립함
- 제체 시공 자동화와 품질관리 자동화를 위한 ICT 자동화 장비 활용계획을 수립하고 있음

<종합 평가의견>

- 투기장 호안 시공의 특수성을 고려하여 설계 및 시공의 효율성을 향상시키기 위한 스마트 건설기술이 도입되어야 하며, 이를 이용한 설계/시공계획 검토, 제체 시공 자동화, 품질관리 자동화 등에 대한 계획을 적절하게 수립하였음
- 제체단면의 최적화 및 DCM의 개별 수량산출을 위해 BIM 모델을 활용하여 설계 최적화하고 있으며, DES 공사계획 시뮬레이션을 활용하여 건설장비간 작업 간섭 최소화하고 있음
- ICT 기반 자동화 장비와 품질 업무플랫폼의 사용을 통하여 측량, 시공, 품질 관리 자동화로 작업 효율성 증가에 따른 시공 생산성과 정밀도 향상 계획을 효율적으로 수립하고 있음
- 드론 수심측량을 활용한 지속적인 품질관리 모니터링으로 제체 안전성을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (계획단계) 스마트 건설기술 적용 목표와 기대효과(생산성, 안전성 등)

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 스마트 건설기술 적용 목표로 해상작업 생산성 향상, 작업자 안전성 확보를 설정하고 있음
- 스마트 건설기술 적용에 따른 기대효과로 생산성 향상 측면에서는 사석투하 및 고르기, 피복석 거치 작업생산성 30% 향상, 안전성 향상 측면에서는 건설현장 실시간 통합관제, BIM 기반 VR 안전교육, 대우건설 안전·보건 업무플랫폼 SMARTy(사고사례분석, 위험성평가, 안전교육 고도화) 효율성 확대를 수립하고 있음
- MG 플랫폼 적용으로 ICT 자동화 장비의 시공 현황을 실시간 모니터링하고 원격 지원이 가능하게 계획하고 있으며, 작업중인 근로자들의 안전관리를 위한 통합관제 플랫폼(OSM)의 사용 계획을 수립하고 있음

<종합 평가의견>

- 본 공사와 같은 위험도가 높고 재해 영향이 클 수 있는 해상공사에서 작업 생산성을 향상하고 안전을 보장하는 데 중점을 두고 스마트 건설기술을 적용해야 하며, 이를 위한 적정 스마트 건설기술을 사용하여 적용 목표에 부합되도록 하였음
- 생산성 30% 향상을 위한 방안으로 투기장 호안 시공 중 GNSS 기반 3D MG 자동화 장비를 활용한 사석 경사 및 고르기의 실시간 모니터링 계획, 정밀 피복석 거치를 위해 3D MG 크레인을 사용하여 잠수부 작업 최소화 계획 등 구체적으로 제시하고 있음
- 통합관제플랫폼(OSM)은 현장의 실시간 모니터링에 사용되며, 위험한 공정에서 근로자의 선제적 안전 관리를 수행하여 시공 현장의 안전을 개선할 수 있는 계획으로 평가됨

○ 평가항목 : (계획단계) 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인으로 불안정한 통신망 및 GPS 정밀도, 무선 IoT 장비 유지관리 어려움을 들 수 있음
- 통신 네트워크의 불안정성과 GNSS 정확성 문제를 해결하기 위해 전용 MG 기준국 설치계획을 수립하였고, LTE 네트워크의 넓은 커버리지와 대역폭을 활용하여 통신 사각지대를 최소화하고 안정적인 데이터 전송을 계획함
- 무선 IoT 장치의 오작동으로 인한 작업 효율성 저하를 방지하기 위해 IoT 장치의 이상상태를 모니터링하고 신속한 대응 계획을 마련할 수 있도록 계획함

<종합 평가의견>

- GNSS 기지국 설치 및 LTE 네트워크 활용은 통신 네트워크의 안전성 개선과 함께 IoT 장치 관리의 효율성 향상을 위한 우수한 조치계획인 것으로 판단됨
- 또한 GNSS 기지국 설치 및 LTE 네트워크 활용 계획은 스마트 건설기술의 장애를 최소화하고, 생산성을 효과적으로 증가시키며 안전을 보장할 수 있을 것임

○ 평가항목 : (설계단계) BIM 설계 모델의 활용 수준(시공, 공정, 안전, 품질 등)

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- BIM 시공시물레이션으로 공중간의 최적화를 통해 품질 향상과 안전성 확보계획을 수립함
- 인접 공사와의 공정간섭, 건설 장비간 간섭을 고려한 공사계획을 위해 DES 모델 구축을 계획함
- BIM 모델을 기반으로 VR 안전교육 콘텐츠를 생성하여 시각 현장특성

에 맞는 안전교육을 계획함

<종합 평가의견>

- 설계 BIM 모델 사용한 시공 시뮬레이션을 통해 시공 생산성 및 적정성을 검증할 수 있을 것으로 판단됨
- VR 안전교육 콘텐츠 생성으로 안전사고를 예방하고, 가상 현장을 통한 시공관리와 운영의 최적화를 추구할 수 있을 것임

○ 평가항목 : (설계단계) 설계분야 스마트 건설기술 활용 정도

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 설계단계 BIM 활용성 향상을 위하여 공통정보환경(CDE) 구축 및 도면 공유 계획 수립함
- 설계분야별 중점사항을 고려한 BIM 업무 수행으로 각종 수량, 공정간섭, 작업 안전성 등을 검토함
- 적출장의 효율적 운영을 위한 DES 모델 구축을 계획함

<종합 평가의견>

- CDE를 활용함으로써 설계 분야별 요구사항을 수집하고 BIM 모델을 구축하여 설계 오류와 시공간섭에 대한 확인에 효과적일 것으로 판단됨
- BIM 기반 수량산출, 공정 시뮬레이션, 시공 시뮬레이션 등의 수행에 따른 설계 품질향상에 기여도가 클 것으로 판단됨
- 재료원, 교통혼잡, 장비간 작업간섭 등을 확인에 DES 모델이 효율적일 것임

○ 평가항목 : (설계단계) 설계분야 스마트 건설기술 활용 적용 기대 효과 등

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- BIM 모델을 활용하여 제체 단면을 검토하고 수량산출을 진행하여 설계적정성의 검토를 계획함
- ICT 측량데이터 및 설계 BIM 기반 모델을 사용하여 시공 중 토공 모델의 3D MG 플랫폼과 자동 연동 계획을 수립함
- BIM 기반 단계별 공정 시뮬레이션과 가상 현장 기반 시뮬레이션을 통해 해양 장비 간의 간섭 최소화 계획 수립함

<종합 평가의견>

- BIM 모델을 활용한 수량산출을 통하여 보다 명확한 제체 수량, 투기장 3구역 수토량을 산출이 가능할 것임
- ICT 측량 기반 BIM 토공모델 작성 및 MG 연동 등 BIM 모델을 활용한 시공의 정밀도와 품질을 향상시킬 것으로 판단됨
- BIM 모델을 기반으로 한 다양한 시뮬레이션을 통해 시공계획 및 안전성 사전검토로 시공계획이 고도화될 것임

○ 평가항목 : (설계단계) 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 기초조사 데이터와 BIM 기반 모델을 이용하여 투기장 3구역 호안 1공구, 2공구 기본설계 단면을 반영한 수량을 검증하고자 함
- Discrete Event Simulation(DES) 공사계획 시뮬레이션을 통하여 인접 프로젝트 시공계획(적출장 운영 등), 건설장비 작업간섭 고려한 공사기간이 산출됨

<종합 평가의견>

- BIM 기반 정밀 수량 산출을 통해 향후 자재 조달 계획의 적정성이 검토될 수 있음
- 안골 적출장, 남컨 적출장의 효율적 운영을 위한 DES 모델 활용계획이 상세하게 제시되었음

- 스마트 건설기술 설계기술을 적용한 각종 시뮬레이션을 통하여 주요 설계 및 시공 계획에 대한 검증 프로세스가 적용된 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (시공단계) 시공분야 스마트 건설기술 활용 정도

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 정부 정책의 주요 사항(제7차 건설기술진흥기본계획의 핵심기술)을 반영한 BIM, ICT측량, MG, 플랫폼을 계획하였음
- 대우건설 컨소시엄의 스마트 건설기술(통합관계 플랫폼, 안전·보건 업무플랫폼, 품질 업무플랫폼)이 건설 전 단계에 적용됨
- 드론, 3D MG, 각종 업무 플랫폼의 적용실적 등을 통하여 제안사의 스마트 건설기술 활용역량을 제시하고 있음

<종합 평가의견>

- ICT 자동화장비와 디지털 전환(DX)을 포함한 제7차 건설기술 진흥 기본계획의 핵심 사항을 효과적으로 반영하고 있음
- 현장 생산성과 안전성을 향상하기 위해 자체 개발 스마트 건설기술의 종류와 현장 적용 상세 내용에 대해 구체적인 예시를 제시함
- 제시된 스트마 건설기술 역량 및 실적을 통하여 당 현장에서 스마트 건설기술이 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (시공단계) 시공분야 스마트 건설기술을 활용한 공정/안전/품질관리의 적정성

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 통합관계플랫폼(OSM), 스마트송장, 드론 수심측량 등의 스마트 건설기술을 활용한 공정관리를 하고 있음
- 안전·보건 업무플랫폼(SMARTy)의 스마트 건설기술을 활용한 안전관리를 하고 있음
- 품질업무 플랫폼(Q-BOX), 드론 수심측량 등의 스마트 건설기술을 활용한 품질관리를 하고 있음

<종합 평가의견>

- 스마트 통합관계 플랫폼을 통해 효율적 현장관리와 선제적 안전관리가 가능할 것으로 판단됨
- 모바일 기기를 활용한 안전, 품질, 시공 문서작성으로 현장 문서의 저장 및 관리를 효율화할 수 있음
- 스마트 건설기술의 성공적 적용 사례를 볼 때 실효성이 입증된 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (시공단계) 시공분야 스마트 건설기술 활용에 따른 기대효과

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 현장 근로자, 장비 및 선박의 실시간 모니터링을 통해 능동적인 안전관리를 가능하게 하는 통합관계플랫폼의 구현을 계획함.
- 드론을 이용한 수심측량을 통해 건설 정확도를 향상하는 것과 같이 ICT 자동화장비 활용으로 시공 생산성 및 정밀도를 향상시킴
- 모바일 기반의 문서 작성을 통하여 업무 효율성을 높이고 자동 데이터베이스 생성을 목표로 하는 안전/보건 및 품질 업무플랫폼의 활용을 제시함

<종합 평가의견>

- 시공단계에서 통합관계플랫폼의 적용에 따른 안전 관리, 품질 관리 및 생산성 향상에 대한 기대효과가 타당한 것으로 판단됨
- ICT 자동화 장비와 함께 3D MG 플랫폼을 활용함으로써 현장 관리를 개선하는 계획의 적정성이 확인되었으며 생산성 및 시공정밀도 향상에 우수한 것으로 판단됨. 다만, 해양공사 생산성 30% 향상에 대한 근거로 제시된 해외적용 사례 수가 부족한 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (시공단계) 스마트 건설기술 활용 시공성의 적정성

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- RTK 드론 수심측량과 3D MG 자동화 장비를 사용하여 해양공사 생산성 향상 계획을 제안하고 있음
- 3D MG 운영 플랫폼을 적용함에 있어 이라크 해양 건설 현장의 전문 지식을 바탕으로 적용 계획을 검토함
- 일본 해양공사 3D MG 적용사례 분석을 통하여 본 투기장 호안축조 공사에 있어 3D MG 플랫폼의 적용에 따른 해양공사의 생산성을 향상할 방안을 검토하고 있음

<종합 평가의견>

- 시공 과정에서 효율성과 생산성을 향상하기 위해 적절한 ICT 자동화 장비 및 3D MG 플랫폼을 적용하는 계획을 제시하고 있음
- 3D MG 적용에 대하여 타 현장 실제 적용 사례를 검토함으로써 기술 적용의 구체적인 예를 제시하고 실제 작업 환경에서 제공되는 이점에 함께 기존 적용현장의 애로사항에 대한 구체적 개선책을 제시함으로써 생산성 향상에 대한 신뢰성을 확보하고 있는 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (유지단계) 유지관리단계 스마트 건설기술 활용 정도

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 공통정보환경(CDE) 내 설계/시공 데이터 축적을 통한 통합플랫폼 연계 지원계획을 수립함
- 설계BIM 및 시공BIM 데이터를 포함한 준공 BIM을 기반으로 현장 취득 데이터의 축적을 계획하고 있으며, BIM 성과품을 활용한 유지관리를 위한 통합 플랫폼의 이전을 계획으로 제시하였음

<종합 평가의견>

- 준공 BIM 구축으로 효과적인 데이터 활용과 통합 관리 전략을 제시하고 있는 점이 우수한 것으로 판단됨
- 스마트 건설기술 및 장비의 이관으로 유지관리 정보의 연계성 확보 및 고도화가 가능할 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (유지단계) 유지관리단계 스마트 건설기술 적용에 따른 기대효과(유지관리 용이성, 사용자 편의성·안전성 등)

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 준공 BIM 기반의 시설물 유지보수 이력관리로 인하여 유지관리 용이성을 기대효과로 제시하고 있음
- 자동화 계측시스템 및 영상 유지관리 시스템의 유지관리 장비(자동화 계측기, 지능형 CCTV, 스마트 등명기) 연계 및 준공 BIM 연계를 통한 사용자 편의성·안전성 향상을 기대효과로 제시하고 있음

<종합 평가의견>

- 설계 및 시공 단계에서 축적된 BIM 데이터를 포함하는 준공 BIM 모델을 사용하여 유지관리 데이터의 연계할 시 제안사에서 제시된 바와 같이 유지관리의 용이성 및 사용자 편의성·안전성 향상에 대한 기대효과는 타당하고 효율성이 클 것으로 판단됨
- 자동화 계측시스템 및 영상 유지관리 시스템의 장비 이관 및 데이터 연계를 통한 유지관리 비용의 감소 효과가 클 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (유지단계) 설계/시공단계의 스마트 건설기술 데이터 활용 정도

<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 준공 BIM을 기반 유지관리시스템에 연계하고 이를 발주처에 이관하는 계획을 제시함
- 건설 생애 주기 전반에 걸쳐 BIM 데이터를 축적하고 이를 유지관리 데이터와 연계함으로써 더 효율적이고 편리하게 만드는 계획을 제시함

<종합 평가의견>

- 설계 BIM 및 현장 축적 데이터를 포함한 준공 BIM 데이터의 구성 내역과 유지관리 통합데이터 구성 내역(객체기반 유지관리 속성정보 구

축 포함)이 명확하게 구체적으로 제시되어 있음

- 건설 전주기 BIM 상세 데이터 이관으로 능동적인 유지관리가 가능해지고 유지관리 편의성과 효율성이 크게 향상될 것으로 판단됨

○ 평가항목 : (유지단계) 스마트 건설기술 활용 유지관리의 적정성
<대우건설 컨소시엄 설계내용 분석>

- 자동화 계측기 이관을 통한 중점 관리구간 모니터링에 관한 유지관리 적용계획을 제시함
- 지능형 CCTV 이관을 통한 실시간 영상관제, 비인가 출입자 출입정보 등의 유지관리 적용계획을 제시함
- 스마트 등명기 이관을 통한 호안 및 선박 충돌 예방에 관한 유지관리 적용계획을 제시함

<종합 평가의견>

- 자동화 계측기, 지능형 CCTV, 스마트 등명기 등의 스마트 장비 이관을 통하여 일반상황 뿐만아니라 재해상황에서도 능동적인 유지관리가 가능하여 시설물과 인명에 대한 안전성 확보에 효율성이 클 것으로 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 7월 11일

심의위원 : 김 승 훈



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하