

평가사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

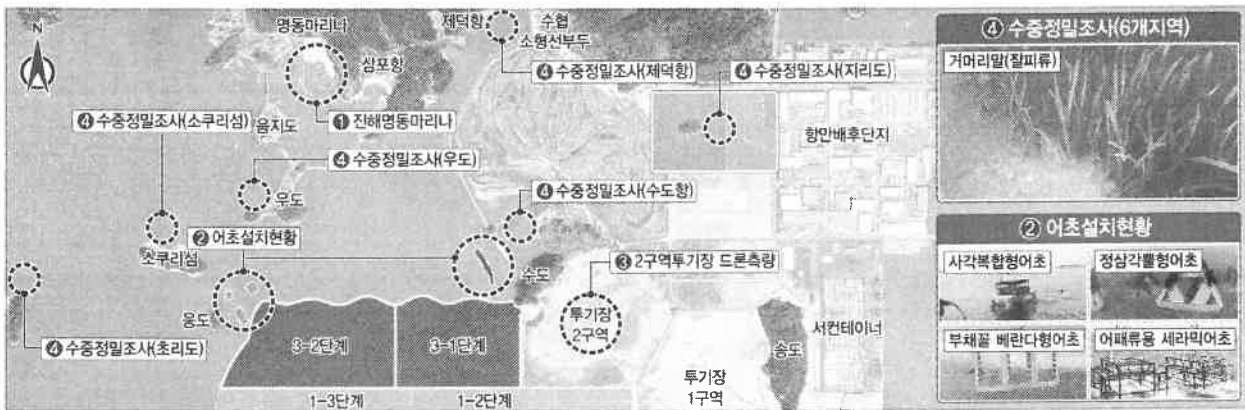
□ 전문분야 : 항만 및 해안

평가사유

1. 사전조사 및 설계기준의 적정성

■ 동부건설 등

가. 각종현황조사 및 관련계획 검토



○ 각종 현황조사

- 옹도↔북측방파호안(서측) 통항선박 조사, 수중정밀 조사, 2구역 측량, 어초설치현황 조사, 2구역 잔여수토 용량, 어초이설 계획 등 분석

○ 관련계획 검토

- 관계기관 협의결과 반영(창원특례시, 진해구, 창원해양경찰서, 해양수산부)
- 진해신항 민관협의체 건의사항 및 대처방안 수립→보상 및 어촌계
- 인근 투기장 호안 시공 및 피해사례 조사 : 이상조위 발생 시 매트부상 및 배면보호 대책 수립, 유지관리계획 수립 등

나. 수심 및 지형측량, 수중위험물, 지장물 등 기초자료 조사

○ 수심 및 지형측량 : 공동조사+개별조사

- 수심측량 및 지형측량(수도 불부합지 조사)
- 지반조사 : 시추조사 10공 등
- 개별조사 : 2구역 수토용량 측량 및 검토, 어업권조사 및 민원대책 검토

○ 수중위험물, 지장물 등 기초자료 조사

- 터널(가스관) 통과구간 DCM 블록식 보강, 인공어초, 정삼각뿔형 어초 시공시 이설 검토, 드론측량 실시, 증고 후 수토용량 검토
- 재료원 및 작업장
 - 주재료원(육망산) 등 5개소, 레미콘 10개소 조사
 - 육·해상작업기지(북측) 7.35천㎡, 해상작업기지 3천㎡ 조성

평 가 사 유

다. 항만기능에 불합하는 설계기준 등

○ 설계과

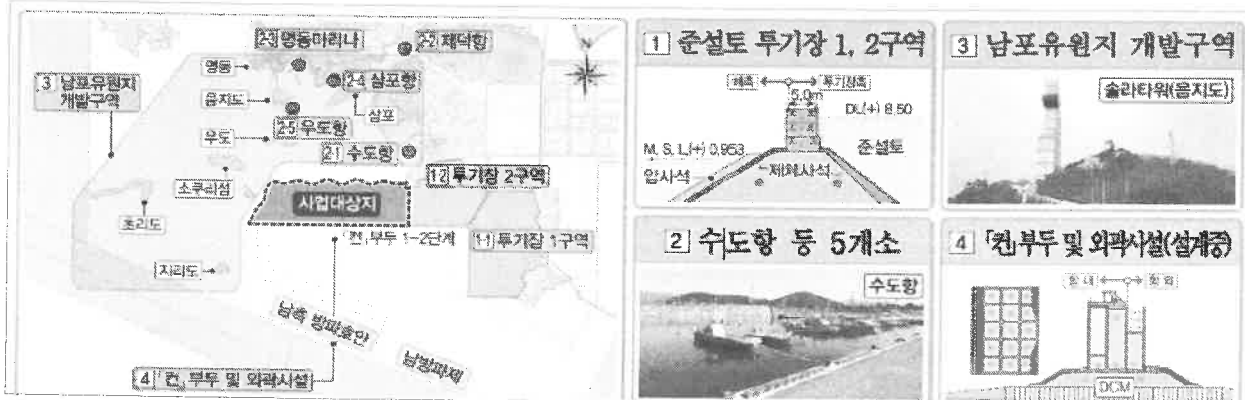
구분	파고(m)	주기(s)	파향	비고
북측방파호안(북측)	1.40	4.80	WNW	바람장(비태풍)
북측방파호안(서측)	1.70	17.50	S	100년빈도
우각부(북측)	1.70	17.50	S	
우각부(서측)	2.10	17.50	S	
내부가호안	3.30	14.40	S	10년빈도

○ 설계조위 및 내진등급

- AHHW = 3.812m, 1등급(재현주기 1,000년, 북측 및 서측 호안)

■ 남광토건 등

가. 각종 현황조사 및 관련계획 검토



○ 각종 현황조사

- 투기장 1,2구역, 수도권 등, 남포유원지 개발구역, '권' 부두 및 외곽시설, 지형 및 지세, 해역이용현황, 해역특성, 해양환경 분석

○ 관련계획 검토

- 관계기관 협의결과(부산지방해양수산청, 도선사회 및 관제센터, 창원시청, 진해구청 등) 및 관련계획 검토
- 투기장 현장 및 시공사례 조사를 통해 제거 유용이 용이한 가호안 단면 계획
- 투기장 호안 시공사례 및 피해사례조사 → 상치파손, 제체세굴 및 유실, 부등침하, 매트부상 및 필터매트 파손 등

나. 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료 조사

○ 수심 및 지형측량 : 공동조사+개별조사(지반조사)

- 수심측량 및 지형측량(수도 불부합지 조사), 지반조사(시추조사 10공 등), 개별조사(시추조사 4공, 38개 항목 특화시험 수행)

○ 수중위험물, 지장물 등 기초자료 조사

- 해저가스관로, 옹도층 인공어초 해상짚라인, 해저송전선 등 간섭, 해상교통 및 어업권조사 시행

평 가 사 유

- 재료원 및 작업장

- 석재원 옥망산 등 9개소, 레미콘 16개소 조사 수행, 남 ‘컨’ 작업장, 송도작업장, 웅천작업장, 신흥 작업장 조사 수행

다. 항만기능에 부합하는 설계기준 등

○ 설계파

구분		100년빈도			10년 빈도		
		파고(m)	주기(s)	파향	파고(m)	주기(s)	파향
방파	북측	1.40	4.60	WNW	1.10	4.60	WNW
호안	서측	1.90	5.40	SW	1.60	5.00	SW
내부가호안		-			1.55	5.00	SW
투기장내측		-			0.55	2.40	전파향
1단계 및 오타		-			3.20	14.4	S

○ 설계조위 및 내진등급

- AHHW = 4.50m, 1등급(재현주기 1,000년, 북측호안), II 등급(재현주기 500년, 내부가호안)

○ 구조물 내구수명 : 1등급, 100년

▶ [평가결과]

가. 각종 현황조사 및 관련계획 검토

- 두 회사 모두 현지조사, 관련계획 검토 등을 발주청이 제시한 “기초조사 용역”의 기준보다 상향된 설계기준을 제시하였으며, 본 사업과 관련된 현지조사, 관계기관과의 협의도 성실히 수행하였음
- 동부건설은 통항선박조사, 수중정밀조사, 2구역 측량, 어초설치현황 조사, 2구역 잔여수토용량, 어초이설계획 등 분석하였으며, 특히 명동마리나 200FT급 선박 통항로 확보 등의 대책을 수립하였음
- 남광토건은 17건의 다양한 관련계획 검토, 39건의 투기장 호안 시공 및 피해사례 등을 통해 제거가 용이한 가호안 단면 계획을 수립하는 한편 상치파손, 제체세굴 및 유실, 부등침하, 매트부상 및 필터매트 파손 등에 대한 대책을 수립하였음. 또한 진해신항 적기 개발과 장래개발계획 등을 고려한 적합한 시설계획을 수립하였음
- 현황조사 및 관련계획 검토에서는 각사의 내용이 유사하나, 항만구조물의 외력 및 설계파고 적용, 다양한 관련계획 검토 및 피해사례 등을 적극 검토한 점 등을 고려할 때, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

나. 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료 조사

- 두 회사 모두 과업대상지의 수심 및 지형측량, 지반조사 등을 공동조사 및 개발조사 등을 성실히 수행하였음
- 다만, 동부건설은 개별조사로 2구역 수토용량 측량 및 검토, 어업권조사 및 민원대책을 조사한 반면, 남광토건은 개별조사로 시추조사 4공 및 38개 항목 특화시

평 가 사 유

험을 통해 준설매립토 특성분석을 시행하는 등 지반조사와 각종 기초현황 자료 조사를 수행한 점을 감안, 1순위 남광토진, 2순위 동부건설 순으로 평가함

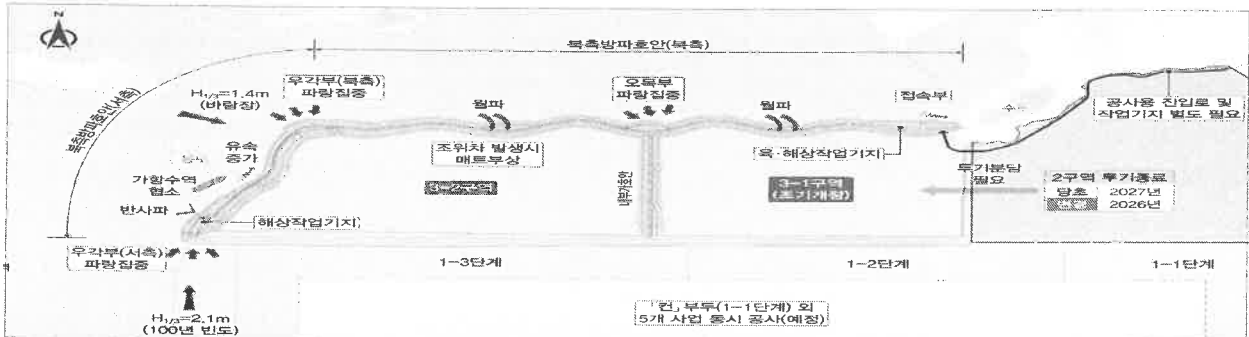
다. 항만기능에 부합하는 설계기준 등

- 두 회사 모두 각자의 수치 및 수리모형을 통해 기초조사용역에서 제시한 설계 기준보다 상향된 기준을 제시하였음
- 특히 두 회사 모두 내진 1등급, 내구수명도 1등급으로 내구성을 강화하였으며, 잔류침하량도 당초 기초조사용역보다 우수한 5cm 이하로 강화 하였음
- 또한 설계파고의 경우 북측은 양사 모두 기초조사보다 0.1m 상향된 1.4m를 제시하였으며, 동부건설의 경우 서측호안 구간은 0.4m 상향된 2.1m를 제시하였음
- 두 회사 모두 제시된 기준 이상의 설계기준을 제시하였으나, 투기장 기능에 부합하도록 보다 다양하고, 구체적인 조건의 설계기준을 제시하여 항만기능에 부합한 설계기준을 제시한 점을 감안, 1순위 남광토진, 2순위 동부건설 순으로 평가함

2. 시설계획의 적정성

■ 동부건설 등

가. 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설계획의 적정성



○ 해역특성을 고려한 시설계획

분야	시설계획
파랑	전구간 피복재 0.5m ³ 급 이상, 세굴방지공, 소단 DL(+)6.5m 증고
풍파	배면 경사(1:1.5) 및 돌망태 5톤급, 다중 필터 시스템+보호압사석 등
조류·조석	웅도 가항수역 128.8m 확장, 반원형 멀티 블록 직립제, 착저식 세굴방지공
파랑집중부	(우각부) 서측 TTP 5톤, 북측 피복석 1.0m ³ 급 / (오목부) 피복석 0.7m ³ 급 보강
유출방지공	필터사석+필터매트(50kN)+복합매트(100kN)+보호압사석+돌망태 5톤+경사(1:1.5)
입지여건	수도측 공사용 진입로, 육·해상작업기지(2개소), 투기장 26년 조기 개장 등

○ 이용관리를 고려한 시설계획

- 투기장 조성 : 상부 3LANE, 피복재 최대 10m³, 소단 DL(+)6.5m 적용, 반원형 멀티

평가사유

- 블록, 배면소단+1:1.5 완경사 다중 필터 시스템+돌망태 5톤 보강
- 투기 및 운영 : 3-1구역 투기장 26년 조기 개장

나. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

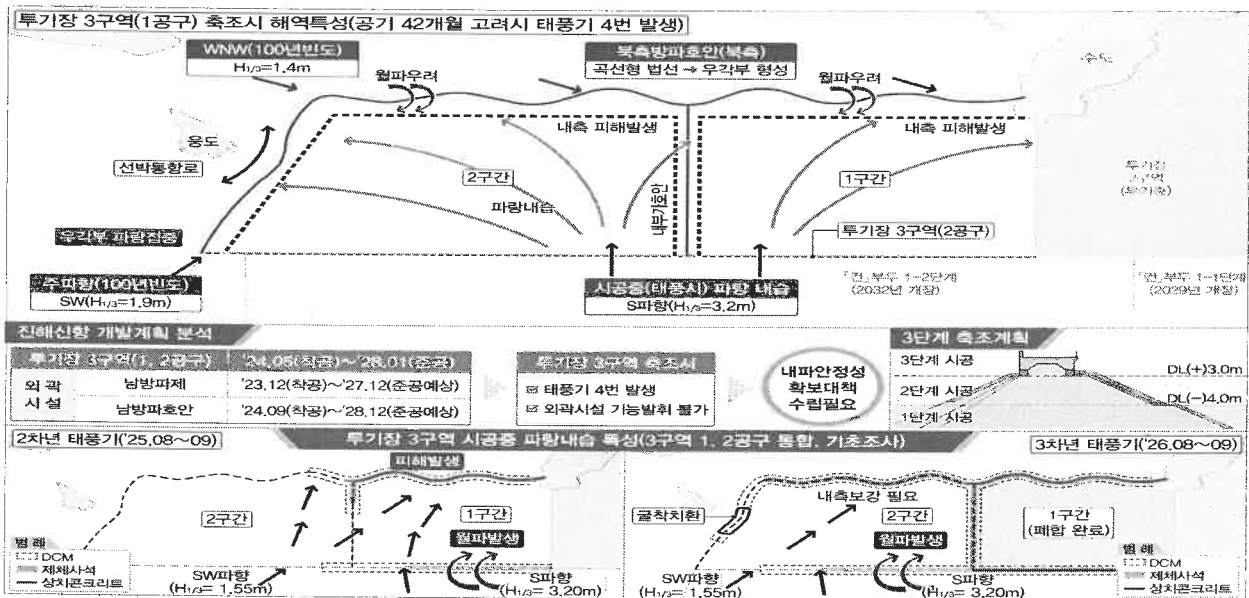
- 개발시기 검토 : 양곡부두 사업일정 변경('27→' 24.)으로 3-1구역 26년 개장 등
 - 수토용량 확보 계획 : 내부가호안 평면배치별 Dead Zone 검토, 임시 여수토 및 방제여수구 적용 등
- 수토용량 31,815천 m^3 (원지반압밀침하 제외, 온라인답변)

다. 기존 시설물 및 장래계획과의 연계성

- 기존시설물과의 연계성 : 공사 중 1~2단계 선박통행 무장애 방안, 2공구 접속 부 DCM 2열 추가 보강, 지적불부합지(79.1천 m^2) 법적 검토, 2구역 용량 측량
- 장래 계획과의 연계성 : 대단위 광폭 무상치 경사제 적용, 육해상작업기지(2개소) 제공, 스마트항행 지원시설(IoT, AIS시스템), 태양광 해충퇴치기 등

■ 남광토건 등

가. 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설계획의 적정성



○ 해역특성을 고려한 시설계획

분야	시설계획
파랑	외곽시설 축조시기 및 태풍기 고려 3단계 축조계획 1단계(DL(-)4.0m, $2H_{1/3}$ 이상), 2단계(DL(+))3.0m, 3단계(상치부)
내파안정성	시공시(호안내측보강) : 보호압사석(0.015~0.03 m^3 급)+0.4 m^3 급 운영시(전구간 외측파복재 2.5배 상향) : 1.0 m^3 급(서측), 0.5 m^3 급(북측)
세굴방지공	DCM구간 : 해측 부상토 준치 및 세굴방지벽설치 굴착치환구간 : Buried 보강(H=3.0m, 사석채움: 0.015~0.03 m^3 급)

○ 이용관리를 고려한 시설계획

평 가 사 유

- 투기장 운영 : 광폭상치, 다기능적출장, 안전난간 등 설치, 회차장, 투기공간, 여수토(북측) 및 3중 오타방지막 추가
- 투기장 관리 및 유지보수 : 방제여수로, 해충퇴치기, 구조물표시 등 설치

나. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

- 진해신항 개발시기 검토 : 투기장 축조 및 투기계획, 인근투기장 사례 등 분석, 적기 수토 및 부지 선공급 등 검토
- 수토용량 확보 계획 : 내부가호안 단면최적화 및 기초굴착구간 확대로 기초조사 대비 수토용량 추가, '27년 준설토 수토를 위한 투기장 3구역(1구간) 공급
→ 수토용량 32,292천㎥(원지반압밀침하 제외, 온라인답변)

다. 기존 시설물 및 장래계획과의 연계성

- 기존시설물과의 연계성 : 옹도 측 통항로, 수도항 입구폭 확보, 짚라인, 해저송전선, 해저가스관로 간섭 검토
- 장래 계획과의 연계성 : 여수토, 다기능 적출장, 지적불부합지(79,244㎡) 및 편입토지 보상업무 지원, 내측 부상토 선제거, 친수광장, ECO-Garden 등

▶ [평가결과]

가. 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설계획의 적정성

- 두 회사 모두 부산항진해신항의 해역특성을 분석하고 해역특성을 고려한 시설계획을 수립하였음
- 동부건설의 경우 수치 및 수리모형을 통해 해역의 특성을 고려한 구간별 시설계획을 정밀 검증하였으며, 특히 경사입사파에 의한 파랑집중(접속부, 우각부)구간 내파 안정성 개선을 적용하였고, 북측호안에 3LANE 사석경사제, 서측호안은 반월형 직립식 멀티블록을 제시함. 아울러 내부가호안 3-1구간은 '26년 조기에 수토가 가능하도록 조기 개장을 검토함
- 반면 남광토건은 시공 중 내측파랑 피해 예방, 호안 및 가호안 모두 광폭 상치(B=9.0m) 일괄 적용하였으며, 북측 여수토장(2개소) 등의 시설계획을 추가로 제시함
- 양측 시설계획의 큰 차이점은 동부건설은 북측과 서측에 서로 다른 형식의 호안단면을 제시한 반면, 남광토건은 모두 동일한 사석경사제 형식을 제시함
- 다만, 동부건설이 옹도 측 가항수역 확폭에 노력하였으며, 남광토건 보다 약 1년 먼저 3-1구역 조기개장을 검토한 점 등을 고려, 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함

나. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

- 두 회사 모두 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보를 위해 적정한 검토를 수행하였음
- 동부건설은 양곡부두 사업일정을 고려 금번 사업지 중 3-1구역을 '26년 개장하는 것으로 제시한 반면, 남광토건은 '27년 개장하는 것으로 제시함. 다만, 동부건설이 남광토건보다 1년 먼저 3-1구역 개장을 제시한 이유로 양곡부두

평 가 사 유

사업일정을 들었으나, 동 사업의 착공시기가 아직 확정되지 않았고, 기존 2투기장의 잔여 및 증고 물량도 확정되지 않은 상황인 점을 고려할 때 '26년 조기 개장이 반드시 필요한지'에 대해서는 검토할 필요가 있음

- 양측에서 제출받은 호안 축조 후 수토량 산정 물량을 살펴보면, 동부건설의 경우 축조 후 31,815천 m^3 (원지반 압밀침하량 제외)로 남광토건이 제시한 축조 후 32,292천 m^3 보다 약 477천 m^3 수토량이 적은 것으로 확인됨
- 따라서 전반적은 수토량 확보계획, 예상되는 수토량 등을 고려할 때 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함.

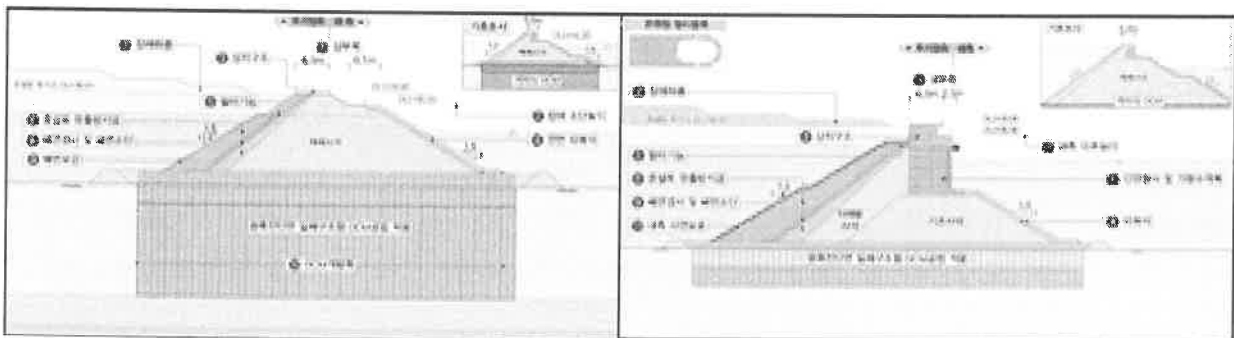
다. 기존 시설물 및 장래계획과의 연계성

- 두 회사 모두 적정한 현지조사 등을 통한 기존 시설물과 장래계획된 시설물과의 연계성을 적합하게 조사하여 반영하였음
- 다만 동부건설은 단계별 시공을 통한 응도 측 선박통항과 2공구와 접속부 보강, 사업지구내 지적불부합지(일명 포락지) 처리방안, 장래계획을 위한 무상치호안, 해양보호 및 해충퇴치 시설 등을 제시함
- 이에 반해 남광토건은 응도 측 통항로 확보를 위한 어초블록 이설, 수도항 입구폭 확보 및 장래 2공구 전면 전부두 개발시 폐쇄되는 여수토 시설을 대비하여 북측 호안에 여수토시설 2개소 추가 설치, 다기능 적출장 등을 제시함. 또한 장래 항만부지 대형장비 진입에 적합한 2차로 확보, 각종 친수, 친환경 시설을 제시함
- 다만, 단계별 공사시공을 통해 응도 측 선박통항로를 최대 200m까지 확보하고, 지적불부합지에 대한 법적 검토 등을 수행한 점 등을 종합적으로 고려할 때 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함

3. 단면 선정의 적정성

■ 동부건설 등

가. 구간별 단면선정의 적정성



평 가 사 유

○ 북측방파호안(북측) : 대단면 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루, 소단 높이	마루높이 : DL(+)9.0m, 소단높이 : DL(+)6.5m
마루, 소단 폭	마루폭 : 6.5m(2LANE) / 소단폭 : 6.1m(1LANE) / 배면 : 1.5m
상치구조	무상치
피복재	일반구간 : 0.5m ³ 급+0.1m ³ 급(2층) / 우각,접속부 : 0.7~1.0m ³ 급+0.1m ³ 급(2층)
매트정치공	보호압사석+1:1.5경사
필터매트	상부:필터(50kN)매트, 하부:복합(100kN)+필터(50kN)매트
준설토유출방지공	다중필터시스템+보호압사석
장래하중, 내진	재하성토 추가 토압상향(기초조사 대비 23%), 내진 I 등급

○ 북측방파호안(서측) : 반원형 멀티블록 직립제

구분	설계적용
단면형식	반원형 멀티블록 직립제
마루,소단 폭	마루폭:상부 6.5m(2LANE), 하부 3.5m / 소단폭:4.6m
피복재	일반구간:0.5m ³ 급+0.1m ³ 급(2층) / 파랑집중부:0.7~1.0m ³ 급+0.1m ³ 급(2층)
매트정치공	보호압사석+1:1.5경사
필터매트	복합(100kN)+필터(50kN)매트 2중매트
준설토유출방지	다중필터시스템+보호압사석
배면부보강	돌망태 5톤급
장래하중,내진	재하성토 추가 토압상향(기초조사 대비 23%), 내진 I 등급

○ 내부가호안 : 상부확장형 사석경사제

구분	설계적용
마루,소단 폭	마루폭:6.5m(2LANE으로 양방향 통행), 배면소단폭:1.5m
전면사면보강	돌망태 5톤급
필터매트	상하부:복합매트(100kN)
준설토유출방지	배면필터 시스템
매트정치공	보호압사석
배면안정성	배면소단+1:1.5 경사
여수토	임시여수토 1EA +방제여수구 4EA

나. 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- 단면의 시공성 : 사석동다짐 공법, DCM 해상 전용선, 해상 BP 전용선, 육·해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측), 재해방지 점멸식 안전난간 설치
- 단면의 유지관리의 용이성 : 사석경사제, 다중필터 시스템+보호압사석, 전구간 세굴 방지공, 0.5m³급 피복석, 0.7m³급+TTP 5톤급 보강, 옹도 측 반원형 멀티블록 적용

다. 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

- 내측 돌망태, 3LANE 차량동선, 체절 코어/가두부 0.5m³급 보강, 선박충돌방지 시스템(AIS), IoT등부표,점멸식 오탁방지막, 파랑예보시스템 도입

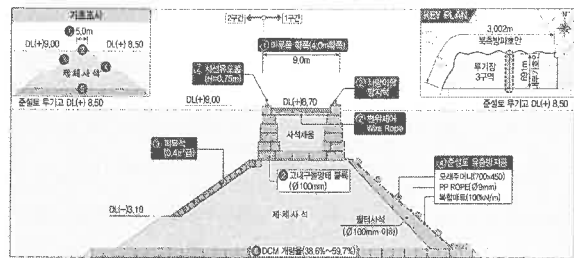
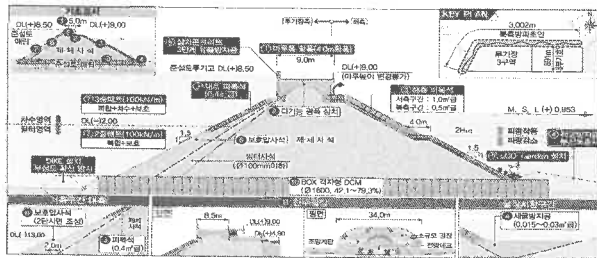
평 가 사 유

라. 상부시설계획의 적정성

- 6개 테마 친수경관시설, 대피소, 점멸식안전난간, CCTV, 태양광표시등, 선박충돌방지공, 육·해상작업기지(북측) 및 해상작업기지(서측), 회차장 설치

■ 남광토건 등

가. 구간별 단면선정의 적정성



- 북측방파호안(북측) : 다기능 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
상치콘크리트	상치폭 : 9.0m(왕복교행), 35Mpa, 차량이탈 방지턱, 안전난간
피복석(해측)	북측 0.5m³급(소요중량의 2.5배 적용), 우각부 : 1.0m³급
피복석(내측)	2구간 0.4m³급 피복
세굴방지공	DCM구간: 부상토존치, 굴착구간 : Buried (0.015~0.03m³급)
준설토 5단 유출방지공	5단계 유출방지공 : 상치부(3단계), 제체부(2단계)
	매트정지공 : 보호압사석 2단사면(소단 2.0m설치)
	3중매트(복합+차수+보호매트, 100kN/m)

- 북측방파호안(서측) : 다기능 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
상치콘크리트	상치폭 : 9.0m(왕복교행), 35Mpa, 차량이탈 방지턱, 안전난간
피복석(해측)	0.2~1.0m³급(전구간 소요중량의 2.5배 적용)
피복석(내측)	2구간 0.4m³급 피복
세굴방지공	DCM구간: 부상토존치, 굴착구간 : Buried (0.015~0.03m³급)
준설토 5단 유출방지공	5단계 유출방지공 : 상치부(3단계), 제체부(2단계)
	매트정지공 : 보호압사석 2단사면(소단 2.0m설치)
	3중매트(복합+차수+보호매트, 100kN/m)

- 내부가호안 : 고내구 돌망태블록 경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
설계파랑	$H_{1/3}=1.55m$, $T_{1/3}=5.40s$ (10년 빈도)
상부형식	고내구 돌망태블록($\phi 100mm$)
피복석	2구간측 : 0.4m³급(1단 피복)
안전시설	쇄석포장, 차량이탈 방지턱, 시선유도봉, 변위제어 Wire Rope
유출방지공	1구간측 : 모래주머니+PP ROPE+복합매트(100kN/m)
지반처리	BOX격자형 DCM, 개량을 최대 59.7%, 중첩폭 30cm

평 가 사 유

나. 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- 단면의 시공성 : Auto 버켓, 상치 해상 일괄타설, 고내구 돌망태 블록, 패각 연약지반 완전제거, 파이프쿨링, 해상 BP 타설
- 유지관리의 용이성 : 단면강화 9.0m 상치, 상치부유출방지공, 3중매트, 보호압사석설치, 다기능 적출장(L=100m), 전 구간 안전시설, 스마트 유지관리

다. 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

- 태풍기 고려한 3단계 축조 시공계획, 호안내측 피복석 보강(0.4m³급) + 파랑예보 시스템 구축, 공사용 선박 통행로 구간 개방에 따른 가두부 사면보강(0.4m³급)

라. 상부시설계획의 적정성

- 친수광장, 전망대, ECO-Garden 등 조성, 안전난간, 응도통행로 구조물 표시등, 지능형 CCTV, 전구간 왕복차로, 다기능적출장, 회차장, 투기구간

▶ [평가결과]

가. 구간별 단면선정의 적정성

- 동부건설은 북측호안을 대단위 광폭 사석경사제 설계하였으며, 서측호안의 경우 반원형 멀티블록 직립제를 선정하였음. 아울러 북측호안의 경우 상단 마루폭은 6.5m(2 LANE)+소단폭 6.1m(1 LANE) 총 3 LANE로 상치는 무상치 사석으로 장래 제거를 전제로 설계함. 아울러 내부가호안은 마루폭은 북측호안과 같은 6.5m(2 LANE)로 설계함
- 반면 남광토건은 전체단면을 동일한 상치콘크리트를 타설한 다기능 광폭 사석경사제로 설계하였으며, 상치폭은 9.0m로 대형장비와 왕복 교행이 원활하도록 하였으며, 내부가호안 역시 북측호안과 동일한 9.0m로 하되 수토용량 증대와 장래 가호안 제거가 용이한 돌망태블럭을 채택하였음
- 앞에서 설명한 바와 같이 동부건설은 투기장 호안의 안정성을 극대화하고 장래 제거에 대비 무상치로 설계한 반면, 서측호안은 DL(+9.0m의 유상치 영구호안으로 설계한 것은 고려해 볼 필요가 있으며, 향후 호안 전면엔 컨테이너 부두와 컨테이너 야드가 및 배후단지가 조성된다는 점 등을 고려할 때 조성된 호안상치를 반드시 제거하여야 하는지에 대해서도 검토할 필요가 있음
- 따라서 현 시점에서 호안을 상치콘크리트 타설하는 완성된 사석경사제로 단면계획을 적용한 남광토건의 더 적정하다고 판단되는 바, **1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순**으로 평가함.

나. 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- 동부건설은 시공성 확보를 위해 DCM 해상전용장비, 해상BP선, 육해상작업기지(북측, 서측)를 제시하였으며, 투기장 피해예방을 위해 유형별 피해 발생을 분석 세굴 및 배면보호공 붕괴 등을 예방하기 위해 보강방안을 제시함
- 반면 남광토건은 Auto버켓에 의한 사석 정밀 투하, 파이프클립, 해상BP타설

평 가 사 유

등을 통해 시공선을 개선하였으며, 특히 콘크리트 품질확보를 위해 타설환경에 따른 관리방안 수립 수립하였고, 유지관리 방안으로 3중 매트 적용, 0.4m³ 급 제체 내측 피복석 보강 등을 제시함

- 두 회사 모두 시공성 및 유지관리를 위해 적합한 방안을 제시하였으나, 공사 중 S계열의 파랑내습에 대비하여 호안 내측에 0.4m³급 피복석 보강 방안 등을 제시하는 등 향후 S계열의 파랑으로부터 제체 보호방안을 구체적으로 제시한 점 등을 고려할 때, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함.

다. 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

- 동부건설은 시공중 파랑 내습에 대비 서측호안 및 내부가호안에 대한 돌망태 보강과 체질 전구간 코어 및 DCM 보강을 제시함
- 반면 남광토건은 태풍기를 고려한 단계별(3단계) 시공계획을 수립하였으며, 태풍내습에 대비 3-2구간 내측에 피복석 0.4m³급 보강을 제시하였음. 또한 공사용 선박의 통행로 가두부를 보강방안도 제시함
- 양사에서 제시한 시공 중 안정성 확보에 대해 검토한 결과, 진해신항 외곽시설 및 투기장 호안 축조계획을 분석 태풍기별 축조 방안을 제시하고 시공 중 내습 파랑에 따른 호안 3-2구간 피복석 등의 보강 방안을 제시한 점등을 고려할 때 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함.

라. 상부시설계획의 적정성

- 동부건설은 6개 테마 친수경관시설 및 조망공간을 제공하였으며, 대피소, 각종 안전시설 등을 제시함
- 반면 남광토건은 친수광장 2개소, 전망대 6개소, ECO-Garden 등과 안전난간 등의 안전시설 등을 제시함
- 검토결과 구간별 경관 및 친수시설 등의 마스터 플랜을 수립하여 부산항 진해신항의 친수성 향만 이미지를 제공한 점을 고려할 때, 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.

4. 구조물 세부설계의 적정성

▣ 동부건설 등

가. 설계외력 및 구조물 세부설계

- 설계조위 : AHHW DL(+) 3.812m
- 마루높이 산정 : DL(+)9.0m(입찰안내서 반영)
- 소단높이 DL(+) 6.5m, 내부가호안 DL(+)9.0m / 마루폭 : 27.2m(시공중), 6.5m(완공후)
- 설계외력 안정성

평 가 사 유

구분	북측방파호안(서측)				
	활동	전도	지지력	직선	원호
시공시(파압시)	4.75>1.2	10.06>1.2	167.22<500	2.14>1.2	1.452>1.3
시공시(투기완료)	1.77>1.2	3.52>1.2	285.97<500	1.52>1.2	1.432>1.3
시공시(재하성토)	1.54>1.2	2.91>1.2	331.89<500	1.43>1.2	1.306>1.3
완공시	2.35>1.2	4.55>1.2	248.21<500	1.71>1.2	1.432>1.3
지진시	1.52>1.1	2.61>1.1	388.40<600	1.40>1.1	1.162>1.1

구분	원호활동			
	호안축조완료시	준설토투기완료시	재하성토시	지진시
북측방파호안(북측)	1.480>1.3	1.484>1.3	1.406>1.3	1.176>1.1
내부가호안	1.377>1.3	1.372>1.3	-	1.164>1.1

나. 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 피복재
 - (북측) 일반구간(0.5m³+0.1m³급), 시점부(0.7m³+0.1m³급), 우각부(1.0m³+0.1m³급)
 - (서측) 일반구간(0.5m³+0.1m³급), 우각부(0.7m³+0.1m³급+TTP 5톤급)
 - (내부가호안 및 서측호안(내측)) 돌망태 5톤급 / 북측호안(내측) 0.03m³급, 세굴방지공 및 배면보호공
 - (DCM구간, 준설회환구간) Berm Type 0.5m³급, Berm 길이 3m
 - (배면보호공) 1:1.5 경사, 소단, 보호압사석
- 준설토 유출방지 및 구조물 내구성
 - 다중필터시스템+보호압사석(필터사석 + 필터매트 50kN/m + 복합매트 100kN/m+보호압사석+돌망태 5톤급) / 조인트셀러 및 필터, PVC지수판
- 체절구간
 - '26년 개장 체절: 내부가호안 80m / 최종 체절: 북측호안(오목부) 200m
 - 코어보강(0.5m³급)+바닥보호공(5.2m확장), 가두부 거석 0.5m³급 보강
- 안전시설 및 방제시설
 - 안전 : 등대, IoT공사용등부표, AIS시스템, 선박충돌보호공, 인명구조함 등
 - 방제 : 3단계 해충 방제 시스템
- 육·해상작업기지(북측)/해상작업기지(서측) 설치
- 선박 충돌위험도 분석 및 충돌보호공
 - 대상선박 : 200ft급 레저선박 교행운항 가항수역폭 128.8m 확보
 - 선박충돌보호공 : Pneumatic Fender(10개), 태양광 표시등(12개) 설치
- 접속부
 - 수도접속부 0.7m³급 보강 및 준설토유출방지(다중필터시스템+고무방사판)
 - 2공구 접속부 DCM블록식 2열 추가, 서측우각부 0.7m³급+TTP 5톤급 보강

■ 남광토건 등

가. 설계외력 및 구조물 세부설계

- 설계조위 :AHHW DL(+) 4.500m

평 가 사 유

- 마루높이 산정 : DL(+9.0m(입찰안내서 반영)
 - 항외측 마루높이는 DL(+) 7.8m(조망 및 친수기능 고려)
- 설계외력 안정성

구분	북측방파호안				
	활동	전도	지지력(kN/m ²)	직선	원호
호안축조(파압시)	7.51 > 1.20	13.04 > 1.20	106.64 < 500.0	1.89 > 1.20	1.390 > 1.20
투기완료	2.68 > 1.20	4.76 > 1.20	147.10 < 500.0	1.70 > 1.20	1.352 > 1.30
부지개량	1.43 > 1.10	2.06 > 1.10	192.56 < 500.0	1.29 > 1.10	1.210 > 1.10
지진시	1.86 > 1.10	3.22 > 1.10	157.29 < 600.0	1.46 > 1.00	1.104 > 1.10

구분	내부가호안				
	활동	전도	지지력(kN/m ²)	직선	원호
호안축조(파압시)	40.15 > 1.20	245.67 > 1.20	112.55 < 500.0	1.71 > 1.20	1.353 > 1.30
투기완료	3.55 > 1.10	12.32 > 1.10	134.06 < 500.0	1.50 > 1.10	1.269 > 1.10
부지개량	1.90 > 1.10	5.34 > 1.10	166.27 < 500.0	1.18 > 1.10	1.132 > 1.10
지진시	9.88 > 1.10	21.00 > 1.10	112.46 < 600.0	1.56 > 1.00	1.249 > 1.00

나. 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 피복재
 - 북측방파호안(항외측) : 북측 0.5m³급(우각부 1.0m³급), 북·서측 1.0m³급
 - 북측방파호안(항내측) 북·서측 : 0.4m³급
 - 내부가호안 : 0.4m³급
- 세굴방지공
 - DCM구간:세굴미발생(부상토 존치)/굴착치환구간:Buried Type 0.015~0.03m³급
 - 국부세굴실험:유속 0.45m/s시 최대세굴심도 0.49m(소요폭 0.98m<2~3m보강)
- 준설토 유출방지공
 - 5단계 구성 : 1단계(상치부 준설토 유출방지공), 2단계(블록과 상치부 차수판 설치), 3단계(3중 매트 블록 매입), 4단계(3중 매트 설치), 5단계(보호압사석)
- 라. 최종체절
 - 가두부 사면 피복석 0.4m³급 보강, 점고식 규격석 포설
 - 적출장으로 육상석재 공급, 소조기 체절 시행, 수리실험 안정성 확인
- 여수토
 - 2개소 : 외측 3중오타방지막(1구간), 내·외측 각 3중오타방지막(2구간)
 - 투기장 3구역 운영기간(‘27년~’ 30년)동안 1, 2구간 여수토 운영
- 대규모 다기능 적출장 및 기타 시설계획
 - 적출장, 회차장, 투기구간, 왕복2차로 등
- 옹도와 서측호안 사이 선박 통행로
 - 시공중 : 직립수하식 앵커설치, 스마트등부표, 오타방지막 점멸등
 - 완공후 : 옹도측 등부표 존치, 구조물표시등 및 임시등대 설치
- 접속부
 - 수도접속부 및 내부가호안 3중매트 설치
 - 계단식 DCM 적용, 2공구접속부 4단계 보강

평 가 사 유

▶ [평가결과]

가. 설계외력 및 구조물 세부설계

- 두 회사의 설계고조위 산출 방법은 모두 동일하나, 동부건설은 설계고조위를 DL(+3.812m, 남광토건은 DL(+4.50m로 다소 높게 산정됨. 따라서 각사의 마루높이도 다소 차이가 있으나, 입찰안내서에 북측방파호안의 마루높이를 DL(+9.0m로 정함에 따라 이에 따라 양사 모두 마루높이를 DL(+9.0m로 적용함
- 동부건설은 북측방파호안 및 내측 가호안 모두 안전율을 투기완료시와 동일한 1.3이상으로 정한 반면, 남광토건의 경우 부지개량시의 안전율과 내부가호안의 안전율을 1.1이상을 적용하였음
- 따라서 북측호안 뿐 아니라 내부가호안까지 설계외력 안정성을 영구호안 수준의 안전율로 검토한 점 등을 고려할 때, 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.

나. 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 동부건설은 호안의 단면 뿐 아니라 평면까지 수리모형실험을 통해 피복재의 안정성을 검증하였으며, 특히 북측호안 우각부에 대해서는 파랑집중부 구간으로 설정 1.0㎡급 피복재로 보강하였음. 또한 세굴방지를 위한 보호압사석 증대와 다양한 선박충돌 보호공 등을 제시함
- 반면 남광토건은 단면 수리모형실험을 통해 피복재의 안정성을 검증하였으며, 세굴방지를 위해 Buried Type 사석을 적용하는 등 세굴안정성 증대하였음. 아울러 차수+복합매트 적용, 상부공 5단계 유출방지공 등을 제시함. 또한 여수토 추가설치 등 다양한 방안을 제시함
- 검토 결과 두 회사 모두 피복재 및 세굴방지를 위해 다양한 방안 등을 제시하였으나, 단면 뿐 아니라 평면 수리모형실험 등을 통해 피복재의 안정성을 검증하고 보호압사석 규모를 최대 확보한 점 등을 고려할 때, 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.

5. 수치 및 수리모형의 적정성

■ 동부건설 등

가. 수치 및 수리모형실험의 적정성

- 수치모형실험 : 4개분야 24개 항목 수행
- 파랑분야 : 8개 항목
 - 바람장설계파 : 바람장(태풍 23개, 비태풍 20개)을 이용한 설계파 산정
 - 심해설계파(4개) : 심해파/호안심해파, 풍파, 파향선, 해상풍 검토
 - 정온도 : 서측호안 정온 영향 검토, 기본설계 정온도 1.6% 저감
 - 경사입사파(연파) : 북측호안 연파 발생 검토, 기본설계 약 7% 저감
 - 장기파랑산출 : 최근 10년간 해상풍 자료 이용, 장기파랑 추산 및 분석

평 가 사 유

- **유동분야** : 8개 항목
 - 해수유동 : 현상태/투기장 조성 후 최강유속 각각 68cm/s, 85cm/s
 - 체질 : 외곽호안/가호안 최종체질의 유속 각각 7.5cm/s, 17.7cm/s
 - 내부가호안 배치 : Dead Zone 최소 발생 평면배치 검토 및 선정
 - 침퇴적변화 : 사업전·후 연간 침·퇴적 변화량 -10~-5cm/yr 침식 경향
 - 해수교환 : (광역 6개 해역) 진해신항 항내수역, 북측해역 등
 - 부유사확산 : 본 사업 및 주변사업 고려한 부유사 최대 확산범위 예측
 - 여수토확산 : 준설토 투기시 여수토 최대확산범위 산정, 저감방안 검토
 - 수질변화예측 : 투기장 조성전·후 수질인자(COD, T-N, T-P) 변화 분석
- **방재분야** : 2개 항목
 - 폭풍해일(과거태풍 23개) : 태풍 매미 내습시 최대해일고 155cm 산정
 - 지진해일(가상지진 11개) : 가상지진 발생시 최대해일고 101cm 산정
- **특화분야** : 6개 항목
 - 수치파동수로(4개) : 북측(6개 단면)·서측호안(6개 단면) 반사율, 월파 수리 특성 검토
 - 3차원(평면) 국부유동 : 서측호안 기초조사 대비 유속 약 14% 저감
 - 3차원(평면) 국부세굴 : 파랑 및 조류에 의한 외곽호안 전면 세굴 검토
- 수리모형실험 : 단면(16개, 축척1/25), 평면(10개 항목, 축척1/60) 수행

나. 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

- 수치모형 실험검증
 - 설계파(바람장), 해수유동(조위), 폭풍 및 지진해일고, 부유사 농도변화, 실험 파(스펙트럼) 등 수치모형실험 계산치와 관측치를 비교·검증
- 실험 결과 분석 및 설계적용
 - 북측호안 기초조사 대비 경사입사파(연파) 최대 14% 저감
 - 서측호안 기본설계 단면의 3차원(평면) 국부 유속 및 세굴 경향 검토
 - 서측호안 반원형 멀티블록 단면형상 및 북측호안 평면배치 설계 반영

■ 남광토건 등

가. 수치 및 수리모형실험의 적정성

- 수치모형실험 : 4개분야 24개 항목 수행
 - 외력조건 분야 : 7개 항목
 - 바람장파(태풍 및 비태풍 8개 이벤트) : 기존 바람 발생에 의한 설계파 산출
 - 심해설계파(2개) : 심해파/호안심해파, 풍파(10년, 50년 100년 빈도) 검토
 - 호안내파(10년 빈도) : 호안폐합 후 및 투기전 호안내 발생파랑
 - 장기파랑(10년간 통계) : 연간/월별 내습파랑의 파향 및 파고 분석
 - 폭풍해일(5개 태풍이벤트) : 매미시 현상태에서 폭풍해일고 1.558m
 - 지진해일(2개 가상지진) : 진도9 지진시 현상태에서 지진해일고 0.426m
- **환경변화 예측 분야** : 5개 항목
 - 해수유동(유동변화, 고·저위 변동) : 홍수시 유속(최대 96cm/s)

평 가 사 유

- 정온도(설계과, 평상과) : 축조후 S계열 파랑에 대한 정온도 대폭 향상
- 해수교환 : 축조 전 · 후, 명동마리나 방파제 제거 시 전 · 후
- 침퇴적(퇴적물이동) : 축조 전 · 후 연간침퇴적량 변화(축조후 1~3cm/yr 감소)
- 국부세굴3D : 옹도/서측호안 지형 변화 및 유속증가로 인한 세굴 발생
- 특수해석 분야 : 6개 항목
 - 광역체절(Delft3D) : 체절구간 예비위치별 발생유속 산출
 - 상세체절(Flow3D) : 체절부 3차원 상세유속 및 유향, 체절부 세굴 검토
 - 항주과 : 옹도 항로 통항선박 수역 통과시 항주과 0.3~0.5m 산출
 - 유류유출 : 작업선 사고로 유류유출시 시간대별 확산범위 예측
 - 부유사 : 시공중 부유사 발생공중시 부유사 확산범위 예측
 - 여수배출 : 장래 준설토 투기 준설 여수 배출시 부유사 확산범위 예측
- 수리특성 분석 및 안정성 검증 분야 : 6개 항목
 - 수치파동수조(2D) : 조위에 따른 파랑 내습시 구조물과의 상호작용
- 수리모형실험 : 단면(14개, 1/40) 수행
 - 단면수리 : 시공중 안정(9단면), 수리특성(2단면), 최종안정(3단면)

나. 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

- 수치모형 실험검증
 - 파랑실험 관측값 검증, 유동실험 조위/조류 검증, 침퇴적 측량성과 검증
 - 폭풍해일 관측값 시계열 검증, 지진해일 역사지진 관측 시계열 검증
- 실험 결과 분석 및 설계적용
 - 해수면 상승 설계과 증대 및 지형변화 통수단면 축소 유속증가 등 외력반영
 - 지형변화로 유동변화, 정온 향상, 해수교환 감소 등 환경변화 설계대응
 - 체절 유속 및 항주과, 유류 · 부유사 · 여수 확산 등 특수상황 안정 검토

▶ [평가결과]

가. 수치 및 수리모형실험의 적정성

- 동부건설의 경우 수치실험으로 4개분야 24개 항목을 수행하였으며, 빈도별(100년, 50년, 20년, 10년)로 심해설계과 및 풍파 내습시 설계과를 산정함. 이상조위 및 수리특성 검토, 해수유동 및 해양환경 영향 검토 등을 통해 체절에 따른 유속변화, 침퇴적 변환, 해수교환율 평가 등 다양한 수치 검증을 시행함. 아울러 16개의 단면 수리모형실험, 10개의 평면수리모형실험을 시행하는 등 다양한 조건에서의 제체의 안정성을 검토함
- 반면 남광토건은 수치실험으로 동부건설과 같은 4개분야 24개 항목을 수행하였으며, 100년 빈도의 심해설계과 적용 및 환경변화 예측, 특수상황 해석 등의 다양한 검증을 시행함. 아울러 14개의 단면 수리모형실험을 통해 다양한 조건에서의 제체의 안정성을 검토함
- 검토결과 두 회사 모두 다양한 수치, 수리모형실험 등을 통해 다양한 조건의 실험을 실시하였으나, 단면 뿐 아니라 평면수리모형실험을 통해 연파 등 다양한 조건을 세밀하게 검증하고 안정성을 검증한 점을 고려할 때, **1순위 동부건설**

평가사유

설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.

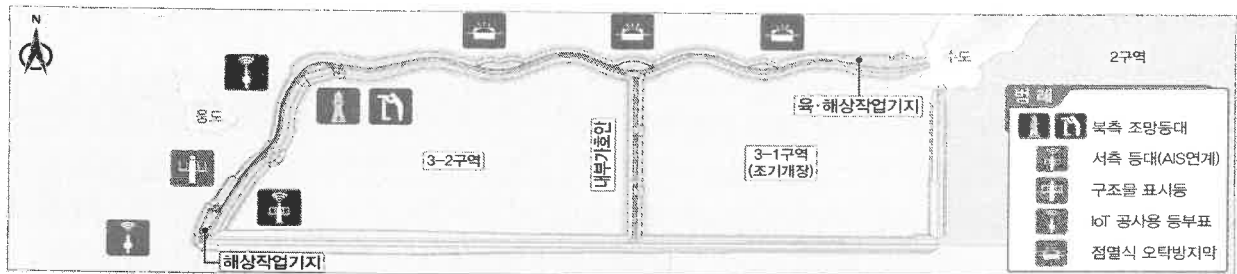
나. 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

- 두 회사 모두 수행한 수치 및 수리모형실험 등을 통한 분석결과를 설계에 적정하게 반영하였으나, 수치모형실험 뿐 아니라, 단면과 평면에 대한 다양한 수리모형실험을 통해 관측치 및 계산치 결과를 검증한 점등을 고려할 때, **1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.**

6. 부대시설의 적정성

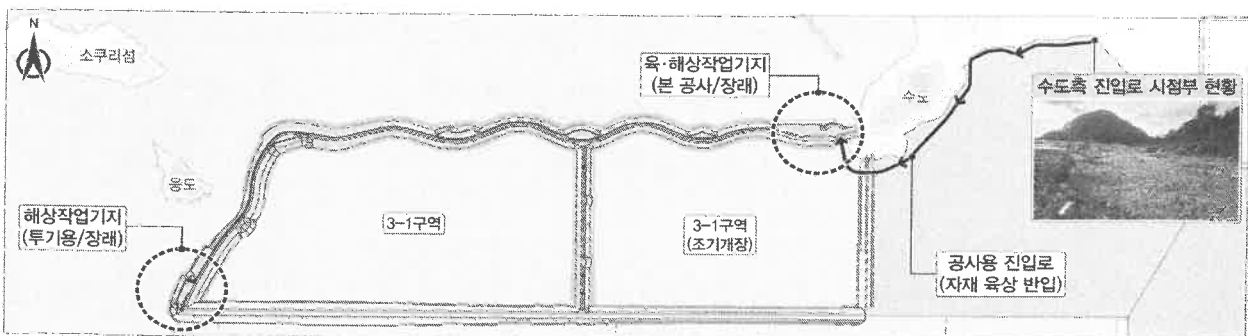
■ 동부건설 등

가. 구조물 표지시설 등의 적정성



- 구조물 표지시설(공사 중)
 - IoT 공사용 등부표 6개소, 점멸식 오탁방지막 및 앵커부이 1식, 해상부표 12개소, 선박충돌방지시스템(AIS) 1식, 단계별 표지시설 배치
- 구조물 표지시설(완공 후)
 - 조망등대 2개, 구조물 표시등 12개, 점멸식 바닥등, AIS 시스템, IoT 등부표 등

나. 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

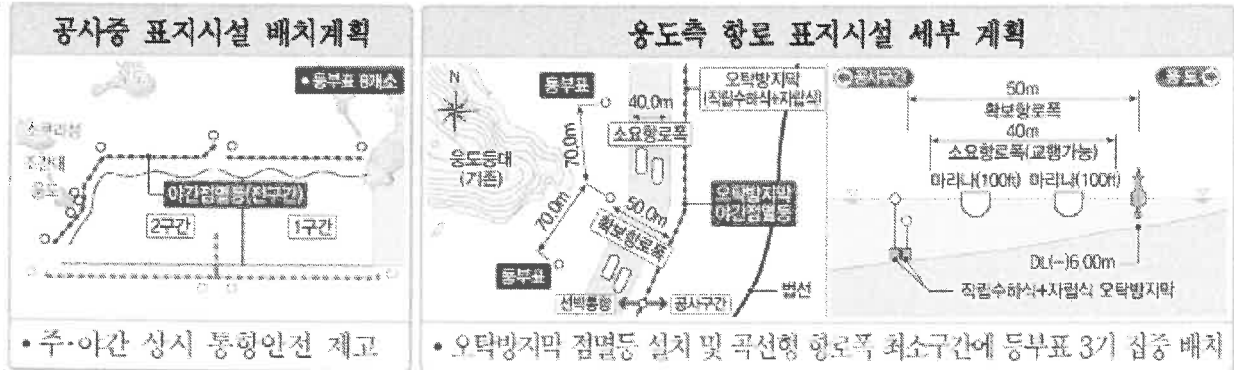


- 공사용 작업장 및 적출장
 - 육·해상작업기지(북측) : 공사용 진입로 연계, 작업선박 4천톤급 접안 등
 - 해상작업기지(서측) : 작업선박 1만톤급 접안, 이글루블록 적용(옹도측 반사파)
- 기타시설 계획
 - 점멸식 안전난간, 태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 스마트 파랑예측시스템 등

평가사유

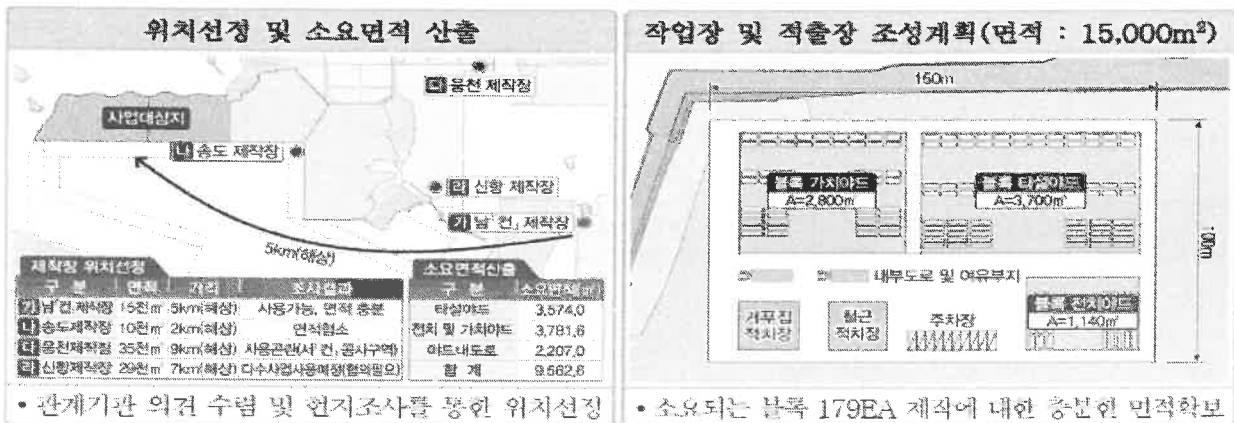
■ 남광토건 등

가. 구조물 표지시설 등의 적정성



- 구조물 표지시설(공사 중)
 - 오탁방지막 야간점멸등 및 앵커부이, 스마트 동부표(GPS내장) 8개소 설치
 - 해상교통류 분석을 통한 오탁방지막 및 구조물 표지시설 배치
- 구조물 표지시설(공사 중)
 - 임시등대 1개소, 구조물 표시등 27개소, GPS 기반 스마트 동부표 7개소

나. 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획



- 공사용 작업장 및 적출장
 - 공사용 작업장 및 제작장 : 남 '권' 부지
 - 적출장 : 욕망산(석재원 적출), 남 '권' (블록적출), 다기능적출장 신규조성 등
- 기타시설 계획
 - 투기구간 4개소, 전구간 2차로, 진해신항 홍보관(영상존 계획)

▶ [평가결과]

가. 구조물 표지시설 등의 적정성

- 동부건설의 경우 공사 중 IoT기반 공사용 동부표 6개소, 해상부표 12개소, AIS

평 가 사 유

등을 배치하고, 완공 후에는 조망등대 2개소, 구조물 표시등, AIS, IoT기반 등부표 설치하는 것으로 제시함.

- 반면 남광토건은 공사 중 GPS내장 스마트 등부표 8개, 오탉방지막 야간점멸 등등을 설치하고 완공 후에는 임시등대 1개소, 구조물 표시등, GPS내장 스마트 등부표 7개소를 설치하는 것으로 제시함.
- 두 회사 모두 해상 안전 등을 위해 공사 전후 최첨단 기반의 구조물 표지시설을 제안하였으나, 선박충돌방지시스템(AIS) 등 공사 전후에 첨단기술을 동원한 다양한 표지시설 등을 제시한 점을 고려하여 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.

나. 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

- 동부건설의 경우 공사용 작업장 및 적출장으로 북측 및 서측 호안에 각 1개소씩 총 2개소(9,540㎡)의 작업기지를 제시하였으며, 수도 측 진입로를 시점으로 하는 공사용 육상 진입로도 제시함.
- 반면 남광토건은 남「컨」부지 15천㎡를 작업장 및 제작장으로 조성하고, 북측 가호안에 3천HP 대선 4척이 동시 접안 가능한 다기능 적출장을 제시함
- 두 회사 모두 공사 뿐 아니라 준공 후 사용이 가능한 대규모 작업장을 제시하였으나, 해상작업로 뿐 아니라 공사용 자재 반입을 위한 육상 작업로를 추가로 제시한 점을 고려하여 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함.

7. 스마트건설기술활용계획 및 설계적용의 적정성

■ 동부건설 등

가. 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM적용계획의 적정성

- 스마트 건설기술 활용계획 : 5개분야 총 31건 도입
 - BIM 분야(7건), 스마트 유지관리분야(3건), 스마트 시공분야(9건), 스마트 안전분야(9건), 스마트 환경분야(3건)
- BIM 적용 계획의 적정성
 - 계획단계, 설계단계, 시공단계, 유지관리단계 단계별 BIM 계획 수립

나. 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

- 장애요인 : 기존 설계방식 고수, 법적 규제, 기술별 문제점 분석
- 대응방안 : 전면 BIM 엔지니어 교육 및 스마트 설계환경 전환, 규제샌드박스 활용, 장비운용에 지장이 없도록 사전대응방안 수립

다. 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과

- 활용 정도 : 변수기반 자동화 설계, 수량 산출 자동화, 공정계획과 연계한 사전 시뮬레이션 검토, 공통정보관리환경(CDE) 구축, BIM 연계 VR 안전교육
- 기대효과 : 설계오류 검토, 신속한 의사결정, 공정계획 검증 단계를 통한 안전 사고 예방

평 가 사 유

라. 스마트건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

- 활용계획
 - 디지털맵 기반 구조물 법선 검토, 지층 BIM 모델분석 최적 DCM 규모 산정
 - 호안 단면의 수량산출 결과 검증, BIM 기반 굴착치환 및 DCM 경계부 검토
 - 디지털 모델을 활용한 체절계획, 공정 시뮬레이션DB 활용 욕망산 석재 활용 검토
 - 육상 건설장비 회전반경 및 여유폭, 시공중 해상장비 및 항로주변 간섭
- 설계적용의 적정성
 - 지층 BIM 모델 분석 및 기초지반처리 구간 설정, 시공 시뮬레이션을 통한 DCM · 제체사석 · 피복석 · 상부구조물 타설 시공, 건설장비 간섭여부

■ 남광토건 등

가. 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM적용계획의 적정성

- 스마트 건설기술 활용계획 : 5개분야 총 40건 도입
 - BIM 분야(7개), 스마트 유지관리 분야(3개), 스마트시공 분야(10개), 스마트 안전분야(10개), 스마트 환경분야(10개)
- BIM 적용 계획의 적정성
 - 계획단계, 설계단계, 시공단계, 유지관리단계 단계별 계획의 적정성 검토

나. 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

- 장애요인 : 스마트장비 통신 및 전원장애, 장비오작동, 웨어러블오작동, IoT모듈오류
- 대응방안 : 전담조직 운영, 기기 상시점검, 정기 교육, 데이터 백업 등

다. 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과

- 활용정도 : 자동화 설계수행, 디지털 가상시공 수행, 공정계획 확인, 지형 및 구조물 모델 구축, 수량검증, 설계정합성검토, 단계별 시공 시뮬레이션 등
- 기대효과 : 시공성 및 시공안전성 등 사전검토, 공정/비용 최적화

라. 스마트건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

- 활용계획
 - 주기별 통합관계플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립
 - 시공관리 : GNSS 기반 DCM시공관리, 머신가이던스, 스마트 송장관리 등 10건
 - 안전관리 : 지능형 CCTV, 원격 육상 및 해상 모니터링, 스마트 웨어러블 등 10건
 - 환경관리 : 스마트 웨더스테이션, 스마트 여수토 관리시스템 등 10건
- 설계적용의 적정성
 - 3D 지층 BIM 모델을 활용한 기초처리 구간설정 및 단계별 시공 검토 수행
 - 표준 및 시설물 데이터 이관으로 유지관리 단계까지 데이터 연속성 확보

평가 사유

▶ [평가결과]

가. 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM적용계획의 적정성

- 동부건설의 경우 스마트 건설기술 활용계획으로 5개분야 총31건을 도입하였으며, 반면에 남광토건의 경우 스마트 건설기술 활용계획으로 5개분야 총 40건을 도입하였음. 아울러 양사 모두 BIM을 적용한 계획단계, 설계단계, 시공단계, 유지관리단계 검토를 시행하였음. 다만 상대사보다 더 다양한 건설기술활용계획을 수립하고 적용하려고 노력한 점을 고려, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

나. 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

- 동부건설의 경우 장애요인으로 엔지니어 고령화로 인한 기존 2D설계, 법적 규제, 통신장애, 센서 오작동 등의 스마트 장비 문제로 분석하였으며, 대응방안으로는 인력교육, 규제샌드박스 활용 및 장비 사전대응방안 수립 등을 제시함
- 남광토건의 경우 통신망 및 네트워크 장애, 드론 등 스마트기기 오류, 웨어러블오작동, IoT모듈오류로 장애요인에 대한 원인은 양사 모두 비슷하였음. 다만, 남광토건의 경우 스마트기술 전담조직을 운영하여 장애 정도에 신속대응하고, 상시점검, 정기 작업원 교육 등의 구체적인 대응계획을 제시함. 따라서 장애요인에 대한 대응계획이 보다 세부적이고 구체적이며 효율적으로 구축·제시된 점을 고려, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

다. 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과

- 설계단계 스마트 건설기술 활용 방안에 대해서는 양사 모두 자동화 설계수행, 각종 시뮬레이션 및 모델링 구축 등에 활용하는 것으로 제시하였음
- 다만, 스마트 건설기술을 활용한 BIM스마트 설계기법 기반 자동화·정보화로 설계오류 및 재시공방지, 안전사고 예방 등을 사전 검증하고 최적화 방안을 제시한 점 등을 고려할 때 1순위 동부건설, 2순위 남광토건 순으로 평가함

라. 스마트건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

- 동부건설은 스마트건설기술을 호안의 검토, 체결 및 석재원 검토, 사전 시공성 검토 등을 통해 입체적인 공정계획 및 사전 검증으로 설계품질을 향상시킴
- 반면 남광토건은 건설주기별 통합관계플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립하였으며, 시공관리계획, 안전관리, 환경관리 등 다양한 분야에 활용계획을 수립하였음 3D지층 BIM모델을 활용한 기반처리구간 설정 및 단계별 시공검토와 건설주기별 표준 BIM 데이터 구축, 축적 및 활용, 유지관리단계 확장으로 시뮬레이션 연속성 확보를 검토한 점을 고려, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

8. 유지관리등을 고려한 시설물 계획의 적정성

▣ 동부건설 등

평 가 사 유

가. 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획
 - 3LANE(유지관리로+방재도로), 육해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측)
 - 대피소, 인명구조함, 구명환, 구명사다리, 점멸식 안전난간 등
- 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획
 - 다중 필터시스템+보호압사석, TTP 5톤 보강, 착저식 세굴방지공, 체절구간 DCM 최대 106.9m 확장, 반원형 멀티블록, 사석동다짐공법 등

나. 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 도입의 적정성 : 안전 9건, 유지관리 8건, 환경성 11건, 기타 53건 등 총 81건
- 도입효과 : VE/LCC 분석결과 : LCC 9.1% 절감, 가치 48.7% 향상

다. 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

- 해충방역 계획
 - 투기중 : 3단계 해충 방제시스템[임시여수토+방제여수구]+태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 방제드론]
 - 투기후 : 장래 복토공사를 위한 작업기지(2개소)+공사용 진입로 제공
- 관리방안 : 보안시설(보안문, 이동형 CCTV 등) 설치, '26년 개장 후 드론측량 및 계측장비로 호안 계측

■ 남광토건 등

가. 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획
 - 9m 왕복차로(전구간), 추락방지 시설(전구간), 지능형 CCTV, 35m 다기능 적출장(100m×35m), 자동화 계측관리(전구간), 상치일체형 여수토 2개소 등
- 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획
 - 9.0m 광폭 상치, 상치 및 제체 유출방지공, 피복석 0.5~1.0m³급 등
 - 두께 5m이하 폐각연약지반 굴착치환 보강, 세굴방지공, 방제여수로 설치 등

나. 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 도입 적정성 : 안정 12건, 시공성 등 35건, 통항안전 등 21건, 기타 30건 등 총 98건
- 도입효과 : 안정, 내구, 시공안전, 유지관리, 통항안전, 환경개선 등 총8개 분야 68건의 신기술 신공법 도입 효과

다. 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

- 해충방역 계획
 - 해충퇴치 모니터링(10개소), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치(1구간 연 8회 살포분), 해충퇴치기(50EA), 스마트 트랩(10EA)
 - 해충피해 사례 및 현재 운영 중인 방제기준 분석

평 가 사 유

- 관리방안 : 여수로 추가설치, 투기구간, 회차장, 전구간 2차로, 다기능 적출장, 1구역 투기장 조기조성, 돌망태블록 경사제

▶ [평가결과]

가. 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 동부건설은 3LANE(유지관리로+방재도로), 작업기지(북측, 서측), 대피소 등 각종 안전시설 및 다중 필터시스템+보호압사석 시공등을 제시하였으며,
- 남광토건은 9.0m 왕복차로(전구간), 다기능 적출장(100m×35m), 상치일체형 여수로 시설, 및 자동화 계측관리 등과 제체 유출방지공, 피복석 보강 및 방제여수로 등을 제시함
- 동부건설이 제시한 3LANE는 상치 2LANE(폭 6.5m), 소단부 1LANE(폭 6.1m)로 로 조성되며, 상치 폭 6.5m는 대형차량(전폭 약 2.5m) 교행 시 여윍폭이 1.5m에 불과해 양방향 통행에 어려움이 예상되며, 상치도 쇄석으로 마감되어 주행성 불량, 분진 등으로 인한 환경피해 등도 예상됨
- 반면 남광토건은 제체 상부가 폭 9.0m의 콘크리트 포장으로 마감되어 차량 교행성, 주행성 및 분진 등이 상대적으로 우수할 것으로 판단됨
- 따라서 유지관리 편의성 등을 종합적으로 고려할 때, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

나. 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 동부건설은 신기술·신공법으로 안전 9건, 유지관리 8건, 환경성 및 특화실험 조사 11건, 기타 53건 등 총 81건을 도입하였으며, 도입효과로는 LCC 9.1% 절감, 가치 48.7% 향상되는 것으로 분석됨
- 반면 남광토건은 신기술·신공법으로 안정성/내구성개선 12건, 시공성/품질/안전/유지관리개선 35건, 통항안전/환경성개선 21건, 기타 30건 등 총 98건을 도입하였으며, 도입효과로는 안정, 내구, 시공안전, 유지관리, 통항안전, 환경개선 등 총8개 분야 68건의 도입 효과가 분석됨
- 양사 모두 다양한 분야에 신기술·신공법을 도입하여 도입효과를 가져온 것으로 판단됨. 다만, 상대적으로 더 다양한 분야에서 보다 적극적인 신기술·신공법을 도입하여 적용한 점 등을 감안, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

다. 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

- 동부건설 및 남광토건 모두 해충방재를 위해 해충퇴치기, 방제 여수로, 해충퇴치 모니터링 등을 제시하였으며, 장래 투기장 관리방안으로는 동부건설의 경우 보안시설 설치, 드론측량 및 계측장비 활용을 반면 남광토건의 경우 북측 여수토시설 설치, 회차장 5개소 설치 등을 제시함
- 양사 모두 투기장 해충방역을 적정한 관리방안을 제시하였으나, 해충피해사례 조사·분석, 해충방제관리 체계 및 단계별 관리지침 도입 등을 제시하고, 방제 여수로 기능으로 여수로 시설을 추가 제시한 점 등을 고려, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

9. 경제성(VE/LCC)분석을 통한 시설물계획의 적정성

■ 동부건설 등

가. 경제성(VE/LCC)분석기준, 절차의 적정성

- 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용
- 분석절차
 - 준비단계 : VE팀 구성, 대상선정(고비용 공종, 특허 및 신기술 공종 집중 선정)
 - 분석단계 : FAST, AHP분석, LCC분석, 50년 기간, 4.5% 할인율 적용
 - 실행단계 : 대안별 가치평가, VE 제안서 작성 및 검토/승인

나. 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 창의적 아이디어 현황 : 총 39건(구체화 대상 35건/구체화 비대상 4건)
- 분석결과 : 4개분야 총35건 성능개선 41.8%, 비용증가 2.2%, 가치향상 42.7%

■ 남광토건 등

가. 경제성(VE/LCC)분석기준, 절차의 적정성

- 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용
- 분석절차
 - 준비단계 : VE팀 구성, 품질모델(경관성, 효율성, 작업안정성 등 16개 항목)
 - 분석단계 : FAST, AHP분석, LCC분석, 가치분석, 50년 기간, 5.5% 할인율
 - 실행단계 : 이행 회의를 통해 채택된 VE제안에 대하여 각 분야별 설계 반영

나. 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 창의적 아이디어 현황 : 총 60건(항만 28+구조 6+지반 6+시공 14+환경 6건)
- 분석결과 : 5개 분야 총 60건 성능향상 35.9%, 비용절감 27.1%, 가치향상 86.3%

▶ [평가결과]

가. 경제성(VE/LCC)분석기준, 절차의 적정성

- 양사 모두 입찰안내서 및 VE매뉴얼에 따라 분석기준을 제시하고 분석단계(준비단계, 분석단계, 실행단계)를 적정하게 계획하였음. 다만, 동부건설은 “교통시설 투자평가지침, 국토교통부 2022”에 따라 기준할인율을 4.5%를 제시한 반면 남광토건은 “항만부문사업 예비타당성조사 표준지침, 2014” 등을 항만건설분야에서 주로사용되는 5.5% 실질할인율을 적용함
- 다만, 준비, 분석 및 실행단계에서 단계별 세부활동이 구체적으로 수립 수행한 점 등의 전반적이 사항에서 판단할 때, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

평 가 사 유


나. 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 동부건설의 경우 4개 분야 총 35건의 창의적 최적 대안 설계반영으로 성능개선 41.8%, 비용증가 2.2%, 가치향상 42.7%의 가치를 개선하였으며, 반면 남광토건의 경우 5개 분야 총 60건에 대한 설계VE 수행으로 최적의 준설토 투기장을 구현 전 분야 성능향상 35.9%, 비용절감 27.1%, 가치향상 86.3%의 가치를 개선하였음
- 따라서 양사 모두 높은 수준의 가치개선을 도출하였으나, 5개분야 60건의 창의적 아이디어 적용을 통해 20%이상의 비용절감과 80%이상의 가치향상을 개선한 점을 고려할 때, 1순위 남광토건, 2순위 동부건설 순으로 평가함

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 장 병 철



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설투기장(37억) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

1. 평가 개요

□ 사업개요

- (목 적) 부산항 진해신항의 컨테이너 부두건설 및 항로 준설시 발생하는 준설토의 처리를 위한 투기장 건설
- (총사업비/공사기간) 3,781억원/ 착공일로부터 48개월 이내
- (사업내용) 북방파호안 3,002m, 내부파호안 691m, 부대공

□ 주요 설계조건 (입찰안내서)

- 설계 수행시 특별한 사유가 없는 한 「입찰안내서」에서 제시한 설계지침의 제반사항을 충실하게 반영
- 주변 현장여건, 지반 및 해양환경 특성, 기타 장래 항만운영과 선박운항 여건 등을 충분히 분석하여 본 공사로 인한 간섭, 피해 등이 최소화될 수 있도록 최적의 공법을 제시함으로써 공사 시 안전성, 시공성, 경제성이 확보되는 설계 수행
- 본 공사에 신기술·신공법 적용시 사전에 적용 타당성을 검토하고 채택공법은 물론 타 공법과 비교, 분석하여 이에 투입되는 장비, 인력, 자재 등 제반 공사계획을 검토하여 발생 가능성이 있는 문제점에 대비한 계획 수립
- 기초자료조사의 설계목적 달성을 수 있도록 설계기준, 시공성, 경제성, 안정성, 내구성 등을 고려하여 동등하거나 그 이상으로 설계

【호 안】

- 구조물은 이상파랑 및 이상조위 그리고 해수면 상승고에 따른 구조물 안정성을 검토하여 안정된 구조로 설계
- 호안의 상치 계획 수립시 친수시설 및 배후주민의 조망권이 확보될 수 있도록 설계하여야 하며, 향후 부두 계획고를 고려한 상치계획 수립

【부대시설】

- 공사 중 해상 안전사고 방지를 위한 안전시설은 항만시설물의 안전시설 설계지침에 따라 계획 및 설계
- 부유물질의 확산 방지를 위한 오탁방지막 설치 등 환경영향을 최소화하고, 항로를 통항하는 선박에 지장을 주지 않도록 해양환경오염 저감대책 시설의 배치계획 수립

□ 검토방향

- 설계범위(호안, 내부가호안 등) 및 주요 설계조건을 감안하여 구조물 안정성, 시공성, 시설 계획의 적정성, 입찰안내서 설계조건 등에 따른 부합성 등을 중점으로 평가

2. 세부 항목별 평가

1. 사전조사 및 설계기준의 적정성

1-1. 각종 현황 및 관련계획 검토

【동부건설】

- 각종 현황조사
 - 웅도~북측방파호안 통항선박조사, 수중정밀조사, 2구역 측량, 어초설치현황 조사, 2구역 잔여수토용량, 어초이설계획 등 24건 분석
- 관련계획 검토
 - 관계기관 협의결과 반영(12개 기관, 12개사항)
 - 명동마리나 최대선박 반영, 어초이설, 편입용지처리방안, 투기장방제 등
 - 관련계획(5건) 검토결과 반영
 - 수토시기 변동에 따른 용량 재산정/투기계획 재분석, 장래 계획 등
 - 진해신항 민관협업체 건의사항 및 대처방안 수립 : 공통(보상) 6건, 어촌계 82건
 - 인근 투기장 호안 시공 및 피해사례 조사 : 22개소 / 남해권역 피해사례 조사
 - 이상조위 발생시 매트부상 및 배면보호 대책 수립, 유지관리 최소화 등

【남광토건】

- 각종 현황조사
 - 투기장 1,2구역, 수도항 등 5개소, 남포유원지 개발구역, ‘컨’ 부두 및 외곽시설, 해역이용현황, 해역특성, 해양환경 8개 분야 21건 분석
- 관련계획 검토
 - 관계기관 협의결과 반영(8개 기관, 9개사항)
 - 인근 제작장 및 적출장 사용가능 여부, 항로표지관련 협의 등
 - 관련계획(17건) 검토결과 반영
 - 개발 및 투기계획, 주변 친수경관계획 등
 - 투기장 현장 및 사례조사를 통해 제거 유용이 용이한 가호안단면 계획
 - 투기장 호안 시공사례 및 피해사례조사 : 39건 / 가호안 유용사례조사
 - 상치파손, 제체세굴 및 유실, 부등침하, 매트부상 및 필터매트 파손 등

◆ 평가의견

- 주변시설 현황조사, 관계기관 협의, 시공 및 피해사례 조사분석 등 상세한 조사분석을 수행하여 양사 모두 큰 차이는 없는 것으로 판단됨

- 다만, 명동마리나 통항선박조사, 관계기관(12개 기관) 협의결과 반영, 편입용지 처리방안 등 감안시 상대적으로 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

1-2. 수심 및 지형측량, 수중위험물, 지장물 등 기초자료 조사

【동부건설】

- 수심 및 지형측량 : 공동조사+개별조사
 - 수심측량 : DL(-)4.5~DL(-)22.9m 분포 / 지형측량 : 수도 불부합지(8개 필지) 조사
 - 지반조사 : 시추조사 10공, 연약점토층 두께 최대 29.5m 등
 - 개별조사 : 2구역 수도용량 측량 및 검토, 어업권조사 및 민원대책 검토
- 수중위험물, 지장물 등 조사
 - 수중위험물 : 터널(가스관) 통과구간 8m DCM 블록식 보강
 - 지장물 : 인공어초 201개 중 정삼각뿔형 어초 67개는 시공시 이설
 - 2구역 지형측량 : 드론측량 실시, 증고 후 수도용량 검토(총 636만㎡)
 - 재료원 및 작업장
 - 재료원 : 주재료원(육망산) 등 5개소, 레미콘 10개소 조사수행
 - 작업장 : 육·해상작업기지(북측) 7,350㎡, 해상작업기지 3,000㎡ 2개소 신규 조성 외 제작장 4개소, 적출장 5개소 조사수행

【남광토건】

- 수심 및 지형측량 : 공동조사+개별조사(지반조사)
 - 수심측량 : DL(-)4.5~DL(-)22.9m 분포 / 지형측량 : 수도 불부합지 조사
 - 지반조사 : 시추조사 10공, 연약점토층 두께 최대 29.5m 등
 - 개별조사 : 시추조사 4공, 38개 항목 특화시험 수행으로 합리적인 토질정수 산정
- 수중위험물, 지장물 등 조사
 - 수중위험물 및 지장물 조사
 - 해저가스관로, 옹도측 인공어초 201개, 해상짚라인, 해저송전선 등 간섭검토
 - 해상교통 : 현장조사(72시간 목측/AIS 등), 항행여건, 해양사고 등 조사
 - 어업권 조사 : 사업지구 주변 어업권 47개소 조사
 - 재료원 및 작업장
 - 재료원 : 석재원 육망산 등 9개소, 레미콘 16개소 조사수행
 - 작업장 : 남 ‘컨’ 작업장, 송도작업장, 웅천작업장, 신항 작업장 조사수행

◆ 평가의견

- 양사 공동으로 수심 및 지반조사 등을 실시하고, 양사 모두 개별 추가조사 시행, 재료원에 대한 조사를 통해 충분한 석재 확보계획을 수립함

- 양사 큰 차이없이 적정한 것으로 판단되나, 개별 시추조사 4공, 38개 항목 시험 수행, 현장조사(72시간 목측/AIS 등), 항행여건, 해양사고 등을 조사하여 설계에 반영하는 등 상대적으로 남광토건이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

1-3. 항만기능에 부합한 설계기준 등

【동부건설】

○ 설계과

구분	파고(m)	주기(s)	파향	비고
북측방파호안(북측)	1.40	4.80	WNW	바람장(비태풍)
북측방파호안(서측)	1.70	17.50	S	100년빈도
우각부(북측)	1.70	17.50	S	
우각부(서측)	2.10	17.50	S	
내부가호안	3.30	14.40	S	10년빈도

○ 설계조위

- AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.55m+해수면상승고 0.356m = 3.812m

○ 설계풍속 : 순간최대(매미) 75.0m/s → 북측조망등대, 서측등대, 안전난간

○ 상재하중

[단위 : kN/m²]

구분	시공시	완공시	재하성토시	지진시
호안	15.0	15.0	15.0	7.5
육·해상작업기지	-	30.0	-	15.0
해상작업기지	-	20.0	-	10.0

○ 안전율 및 지지력

구분	시공시			완공시(투기완료시)		비고
	축조완료시	재하성토시	투기완료시	상시	지진시	
활동	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	
전도	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	
직선활동	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	
편심경사하중	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	Bishop법
원호활동	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	
허용지지력	500kN/m ²	500kN/m ²	500kN/m ²	500kN/m ²	600kN/m ²	

○ 내진설계조건

구분	등급	성능수준	재현주기	지표면최대가속도	수평지진계수
북측방파호안(북측)	I	붕괴방지	1,000년	0.178g	0.089g
북측방파호안(서측)	I	붕괴방지	1,000년	0.175g	0.088g

○ 내구등급 및 수명 : 1등급, 100년 이상(상치콘크리트, 반원형 멀티블록)

○ 설계대상 선박 제원 : 관계기관(창원시 해양사업과) 협의 결과 반영

구분	규모	전장(m)	전폭(m)	흘수(m)
어선	100톤급	35.50	7.10	2.70
보트(크루즈보트)	200ft	61.00	10.90	2.50

【남광토건】

○ 설계과

구분		100년빈도			10년 빈도		
		파고(m)	주기(s)	파향	파고(m)	주기(s)	파향
방파	북측	1.40	4.60	WNW	1.10	4.60	WNW
호안	서측	1.90	5.40	SW	1.60	5.00	SW
내부가호안		-			1.55	5.00	SW
투기장내측		-			0.55	2.40	전파향
1단계 및 오락		-			3.20	14.4	S

○ 설계조위

- AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.559m+해수면상승고 0.957m = 4.500m

○ 설계풍속 : 최대풍속 26.1m/s, 순간최대 75.0m/s, 평균 3.4m/s

○ 상재하중

구분	호안축조	투기완료	부지개량	부지운영	지진시	
					투기완료	부지운영
호안	15.0	15.0	15.0	15.0	7.5	7.5
부지	-	-	50.0	50.0	-	25.0
적출장	-	20.0	20.0	20.0	10.0	10.0

[단위 : kN/m²]

○ 안전율 및 지지력

구분	외곽호안					내부가호안			
	축조	투기	개량	운영	지진	축조	완료	개량	지진
활동	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
전도	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
원호	1.3	1.3	1.1	1.3	1.0	1.3	1.1	1.1	1.0
편심경사하중	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0
허용지지력(kN/m ²)	500				600	500			600

○ 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

○ 내구등급 및 수명 : 1등급, 100년(상치콘크리트, 여수토 집수정)

○ 통항어선 제원 : 명동마리나 대상선박, 관공선 현황 등을 고려

구분	규모	전장	형폭	흘수
어선	30GT	20.6m	5.6m	1.7m
관공선	575GT	57.9m	10.6m	2.9m
마리나선박	100ft	30.0m	7.3m	5.0m

◆ 평가의견

- 양사는 구조물 안정성 등을 위해 설계파랑을 개별적으로 산정·적용하였고, 내진등급 1등급 적용, 내구수명 100년이상(1등급) 등을 적용하여 설계기준을 강화하였음. 양사 모두 시설물 안정성을 확보하는 것으로 검토됨
- 다만, 입찰안내서와 같이 투기장 호안과 옹도 사이는 배후에 위치한 선박(명동마리나 요트 등)의 항로로 이용될 예정으로 관계기관(창원시) 협의하여 선박 대형화 추세에 맞추어 설계 대상 선박제원을 결정하고, 이에 따른 안정성을 검토한 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단 되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

2. 시설계획의 적정성

2-1. 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설계획의 적정성

【동부건설】

○ 해역특성을 고려한 시설계획

분야	시설계획
파랑	전구간 피복재 0.5m³급 이상, 세굴방지공, 소단 DL(+6.5m 증고
풍파	배면 경사(1:1.5) 및 돌망태 5톤급, 다중 필터 시스템+보호압사석 등
조류조식	옹도 가항수역 128.8m 확장, 반원형 멀티 블록 직립제, 착저식 세굴방지공
파랑집중부	(우각부) 서측 TTP 5톤, 북측 피복석 1.0m³급 / (오목부) 피복석 0.7m³급 보강
유출방지공	필터사석+필터매트(50kN)+복합매트(100kN)+보호압사석+돌망태 5톤+경사(1:1.5)
입지여건	수도측 공사용 진입로, 육·해상작업기지(2개소), 투기장 26년 조기 개장 등

○ 이용관리를 고려한 시설계획

- 투기장 조성

- 북측호안 : 상부 3LANE(12.6m), 피복재 최대 1.0m³, 소단 DL(+6.5m
- 서측호안 : 반원형 멀티블록(가항수역 128.8m 확장), 배면소단+1:1.5 완경사 다중 필터 시스템+돌망태 5톤 보강

- 투기장 투기 및 운영 : 26년 조기 개장(임시여수도), 스마트파랑예측/AIS+IoT부표 등

【남광토건】

○ 해역특성을 고려한 시설계획

분야	시설계획
파랑	외곽시설 축조시기 및 태풍기 고려 3단계 축조계획
	1단계(DL(-)4.0m, 2H1/3이상), 2단계(DL(+))3.0m, 3단계(상치부)
내파안정성	시공시(호안내측보강) : 보호압사석(0.015~0.03m ³ 급)+0.4m ³ 급
	운영시(전구간 외측피복재 2.5배 상향) : 1.0m ³ 급(서측), 0.5m ³ 급(북측)
세굴방지공	DCM구간 : 해측 부상토 존치 및 세굴방지벽설치
	굴착치환구간 : Buried 보강(H=3.0m, 사석채움: 0.015~0.03m ³ 급)

○ 이용관리를 고려한 시설계획

- 투기장 운영
 - 광폭상치(9.0m, 2차로), 다기능적출장(100m), 안전난간(전구간)
 - 회차장 5개소, 투기공간 4개소, 여수토 2개소(북측) 및 3중오타방지막 추가
- 투기장 관리 및 유지보수
 - 방제여수로 11개소(여수토2개소 포함), 해충퇴치기 60개소, 구조물표시등 27개소

◆ 평가의견

- 양사 모두는 각각의 설계컨셉에 따라 구조물 단면을 구상하고 해역특성을 분석하여 구조물 안정성 확보 및 투기장 운영, 관리방안 마련 등에 최선을 다한 것으로 판단됨
- 다만, 서측호안의 가항수역(128m)을 확장하고 소단 증고, 다중필터 시스템, 돌망태 보강, 육·해상작업기지(2개소), 공사용 진입로 반영 등을 감안, 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

2-2. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

【동부건설】

- 진해신항 개발시기 검토
 - 양곡부두 사업일정 변경('27 → ' 24.), 유보율 100% 등을 고려
 - 기존2구역 투기장 잔여량 실측량 반영, 3-1구역 26년 개장 등
- 수토용량 확보 계획
 - '26.5월 3-1구역(1,680만m³) 개장, 내부가호안 평면배치별 Dead Zone 검토, 임시여수토 1개소+방제여수구 4ea 적용 등

【남광토건】

- 진해신항 개발시기 검토
 - 투기장 축조 및 투기계획, 인근투기장 사례 등 분석
 - 적기수토 및 부지 선공급 등 검토하여 '32년 개장 방안 제시

○ 수토용량 확보 계획

- 내부가호안 단면 최적화 및 기초굴착구간 확대로 기초조사 대비 수토용량 117천m³ 추가, '27년 준설토 수토를 위한 투기장 3구역(1구간) 공급

◆ 평가의견

- 양사 모두 진해신항 개발시기, 투기장 축조 및 투기계획을 검토하고 수토용량 확보계획을 수립하였음
- 다만, 양곡부두 사업일정, 기존2구역 투기장 잔여량 실측량 반영, 3-1구역 26년 개장, 내부가호안 Dead Zone 검토 등을 반영한 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부 건설, ② 남광토건 순으로 평가함

2-3. 기존 시설물 및 장래계획과의 연계성

【동부건설】

- 기존시설물과의 연계성
 - 공사 중 1~2단계 선박통행 무장애 방안, 2공구 접속부 DCM 2열 추가 보강, 지적불부합지(79.1천m²) 법적 검토(AHHW 이하 보상 불필요), 2구역 용량 측량
- 장래 계획과의 연계성
 - 66.4m 광폭 무상치 경사제 적용, 육해상작업기지(2개소) 제공, 스마트항행지원시설(IoT, AIS시스템), 태양광 해충퇴치기 60개소(고정식+이동식) 등

【남광토건】

- 기존시설물과의 연계성
 - 옹도측 통항로 어초이설 및 공사중 항로폭 50m확보(위험도분석 검증)
 - 수도항 입구폭 88.0m 확보, 짚라인, 해저송전선, 해저가스관로 간섭검토
- 장래 계획과의 연계성
 - 여수도(2개소), 다기능 적출장(100m, 관리부두 활용), 지적불부합지(79,244m²) 및 편입토지(1,804m²) 보상업무 지원, 내측 부상토 선제거, 친수광장(2개소), ECO-Garden(1,200m) 등

◆ 평가의견

- 양사 모두 기존시설물과의 연계성, 장래 계획과의 연계성을 감안, 적절한 계획을 수립한 것으로 판단됨.
- 다만, 입찰안내서의 호안상치 계획 수립시 친수시설 및 배후주민 조망권 확보, 향후 부두 계획고를 고려한 상치계획 수립 등을 감안, 광폭 무상치 경사제를 적용하고, 공사중 선박 통행 무장애 방안, 2공구 접속부 DCM을 추가보강 방안 등을 적용한 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

3. 단면선정의 적정성

3-1. 구간별 단면선정의 적정성

【동부건설】

○ 북측방파호안(북측) : 대단면 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루, 소단 높이	마루높이 : DL(+)9.0m, 소단높이 : DL(+)6.5m
마루, 소단 폭	마루폭 : 6.5m(2LANE) / 소단폭 : 6.1m(1LANE) / 배면 : 1.5m
상치구조	무상치
피복재	일반구간 : 0.5m3급+0.1m3급(2층) / 우각,접속부 : 0.7~1.0m3급+0.1m3급(2층)
매트정치공	보호압사석+1:1.5경사
필터매트	상부:필터(50kN)매트, 하부:복합(100kN)+필터(50kN)매트
준설토유출방지공	다중필터시스템+보호압사석
장래하중, 내진	재하성토 추가 토압상향(기초조사 대비 23%), 내진 I 등급

○ 북측방파호안(서측) : 반원형 멀티블록 직립제

구분	설계적용
단면형식	반원형 멀티블록 직립제
마루,소단 폭	마루폭:상부 6.5m(2LANE), 하부 3.5m / 소단폭:4.6m
피복재	일반구간:0.5m3급+0.1m3급(2층) / 파랑집중부:0.7~1.0m3급+0.1m3급(2층)
매트정치공	보호압사석+1:1.5경사
필터매트	복합(100kN)+필터(50kN)매트 2중매트
준설토유출방지	다중필터시스템+보호압사석
배면부보강	돌망태 5톤급
장래하중,내진	재하성토 추가 토압상향(기초조사 대비 23%), 내진 I 등급

○ 내부가호안 : 상부확장형 사석경사제

구분	설계적용
마루,소단 폭	마루폭:6.5m(2LANE으로 양방향 통행), 배면소단폭:1.5m
전면사면보강	돌망태 5톤급
필터매트	상하부:복합매트(100kN)
준설토유출방지	배면필터 시스템
매트정치공	보호압사석
배면안정성	배면소단+1:1.5 경사
여수토	임시여수토 1EA +방제여수구 4EA

【남광토건】

○ 북측방파호안(북측) : 다기능 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
상치콘크리트	상치폭 : 9.0m(왕복교행), 35Mpa, 차량이탈 방지턱, 안전난간
피복석(해측)	북측 0.2~0.5m ³ 급(소요중량의 최대 2.5배 적용), 우각부 : 1.0m ³ 급
피복석(내측)	2구간 0.4m ³ 급 피복
세굴방지공	DCM구간: 부상토존치, 굴착구간 : Buried (0.015~0.03m ³ 급)
준설토 5단 유출방지공	5단계 유출방지공 : 상치부(3단계), 제체부(2단계)
	매트정지공 : 보호압사석 2단사면(소단 2.0m설치)
	3중매트(복합+차수+보호매트, 100kN/m)

○ 북측방파호안(서측) : 다기능 광폭 사석경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
상치콘크리트	상치폭 : 9.0m(왕복교행), 35Mpa, 차량이탈 방지턱, 안전난간
피복석(해측)	1.0m ³ 급(전구간 소요중량의 2.5배 적용)
피복석(내측)	2구간 0.4m ³ 급 피복
세굴방지공	DCM구간: 부상토존치, 굴착구간 : Buried (0.015~0.03m ³ 급)
준설토 5단 유출방지공	5단계 유출방지공 : 상치부(3단계), 제체부(2단계)
	매트정지공 : 보호압사석 2단사면(소단 2.0m설치)
	3중매트(복합+차수+보호매트, 100kN/m)

○ 내부가호안 : 고내구 돌망태블록 경사제

구분	설계적용
마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
설계파랑	H1/3=1.55m, T1/3=5.40s(10년 빈도)
상부형식	고내구 돌망태블록(φ100mm)
피복석	2구간측 : 0.4m ³ 급(1단 피복)
안전시설	쇄석포장, 차량이탈 방지턱, 시선유도봉, 변위제어 Wire Rope
유출방지공	1구간측 : 모래주머니+PP ROPE+복합매트(100kN/m)
지반처리	BOX격자형 DCM, 개랑율 최대 59.7%, 중첩폭 30cm

◆ 평가의견

- 양사 모두는 각각의 설계컨셉에 따라 호안 단면을 구분하고 해역특성을 분석하여 파랑, 반사파, 월파 저감 등을 통해 준설토 유출방지, 시공성 및 구조물 안정성 확보 등에 최선을 다한 것으로 판단됨
- 다만, 동부건설의 경우 입찰안내서에 따른 친수시설 및 배후주민 조망권 확보, 향후 부두 계획고를 고려한 북측방파호안(북측) 상치계획 수립(무상치), 준설토 유출방지를 위한 하부

필터매트(복합 100KN+필터 50KN) 적용 등을 고려시 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

3-2. 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

【동부건설】

- 단면의 시공성
 - 시공성 : 사석동다짐 공법, DCM 해상 전용선, 해상 BP 전용선
 - 유지관리 : 육·해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측), 재해방지 점멸식 안전난간
- 단면의 유지관리의 용이성
 - 2,088m 사석경사제, 다중필터 시스템+보호압사석, 전구간 세굴방지공, 0.5㎥급 피복석, 0.7㎥급+TTP 5톤급 보강, 옹도측 반원형 멀티블록

【남광토건】

- 단면의 시공성
 - 시공성 : Auto 버켓, 상치 해상 일괄타설, 고내구 돌망태 블록
 - 품질 : 패각 연약지반 완전제거, 파이프쿨링, 해상 BP 타설
- 단면의 유지관리의 용이성
 - 단면강화 : 9.0m 상치, 상치부유출방지공, 3중매트, 보호압사석설치
 - 시설계획 : 다기능 적출장(L=100m), 전구간 안전시설, 스마트 유지관리

◆ 평가의견

- 양사 모두는 시공성, 유지관리 용의성 측면에서 다양하고 적절하게 계획한 것으로 판단됨.
- 다만, 동부건설의 경우 사석동다짐공법 적용, DCM 해상전용선 투입, 육해상 작업기지(북측, 서측 2개소)를 설치하는 등 남광토건 대비 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

3-3. 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

【동부건설】

- 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획
 - 내측 돌망태5톤급, 3LANE 차량동선, 체질 코어/가두부 0.5㎥급 보강
- 시공 중 안전시설
 - 선박충돌방지시스템(AIS), IoT등부표,점멸식 오타방지막, 파랑예보시스템

【남광토건】

- 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획
 - 태풍기 고려한 3단계 축조 시공계획

- 호안내측 피복석 보강(0.4m³ 급) + 파랑예보시스템 구축
- 공사용 선박 통항로 구간 개방에 따른 가두부 사면보강(0.4m³ 급)

◆ 평가의견

- 양 사 모두 시공 중 안전성 확보를 위해 단면을 보강하고, 파랑예보시스템을 구축하는 등 양 사의 큰 차이는 없는 것으로 판단되나,
- 남광토건의 경우 태풍기 피해방지를 위해 3단계로 나누어 시공계획을 수립하고, 호안내측을 피복석으로 보강하는 등의 계획을 감안, 상대적으로 남광토건이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ② 동부건설 순으로 평가함

3-4. 상부시설 계획의 적정성

【동부건설】

- 상부시설 계획
 - 친수 : 6개 테마 친수경관시설(친수광장 5개소 및 서측쉼터 4개소)
 - 안전 : 대피소, 점멸식안전난간, CCTV, 태양광표시등, 선박충돌방지공
 - 기능 : 육·해상작업기지(북측) 및 해상작업기지(서측), 회차장(9개소)

【남광토건】

- 상부시설 계획
 - 친수 : 친수광장 2개소, 전망대 6개소, ECO-Garden 1,200m
 - 안전 : 안전난간, 유도통항로 구조물 표시등(27EA), 지능형 CCTV(10EA)
 - 기능 : 전구간 왕복차로, 다기능적출장(100m), 회차장(5개소), 투기구간(4개소)

◆ 평가의견

- 양사 모두 친수시설, 안전난간, CCTV, 선박통항 안전시설 등을 적정하게 계획하고 설계에 반영하여 양사의 큰 차이는 없는 것으로 판단되나,
- 동부건설의 경우 6개 테마의 친수경관시설, 육해상 작업기지(북측,서측), 회차장 9개소 등의 계획을 감안, 상대적으로 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

4. 구조물 세부설계의 적정성

4-1. 설계 외력 및 구조물 세부설계

【동부건설】

- 설계조위
 - AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.55m+해수면상승고(100년) 0.356m = 3.812m

- 마루높이 산정 : DL(+)9.0m(입찰안내서 반영)
 - 소단높이 DL(+) 6.5m, 내부가호안 DL(+)9.0m / 마루폭 : 27.2m(시공중), 6.5m(완공후)
- 설계외력 산정
 - 시공시(축조완료,파압시) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+파압
 - 시공시(투기완료) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압
 - 시공시(재하성토) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압
 - 완공시 : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압
 - 지진시 : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압+동수압+관성력
- 설계외력 안정성

구분	북측방파호안(서측)				
	활동	전도	지지력	직선	원호
시공시(파압시)	4.75>1.2	10.06>1.2	167.22<500	2.14>1.2	1.452>1.3
시공시(투기완료)	1.77>1.2	3.52>1.2	285.97<500	1.52>1.2	1.432>1.3
시공시(재하성토)	1.54>1.2	2.91>1.2	331.89<500	1.43>1.2	1.306>1.3
완공시	2.35>1.2	4.55>1.2	248.21<500	1.71>1.2	1.432>1.3
지진시	1.52>1.1	2.61>1.1	388.40<600	1.40>1.1	1.162>1.1

구분	원호활동			
	호안축조완료시	준설토투기완료시	재하성토시	지진시
북측방파호안(북측)	1.480>1.3	1.484>1.3	1.406>1.3	1.176>1.1
내부가호안	1.377>1.3	1.372>1.3	-	1.164>1.1

【남광토건】

- 설계조위
 - AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.559m+해수면상승고(100년)0.957m=4.500m
- 마루높이 산정 : DL(+)9.0m(입찰안내서 반영)
 - 항외측 마루높이는 DL(+) 7.8m(조망 및 친수기능 고려)
- 설계외력 산정
 - 호안축조(파압시) : 자중(상재有,無)+파압+양압력
 - 투기완료(상시) : 자중(상재有,無)+토압(상재無)+잔류수압
 - 부지개량(시공시) : 자중(상재有,無)+토압(상재有)+잔류수압
 - 지진시 :
 - 자중(상재有,無)+토압(상재無)+잔류수압+동수압+관성력+관성력상재하중(有,無)
- 설계외력 안정성

구분	북측방파호안				
	활동	전도	지지력(kN/ m ²)	직선	원호
호안축조(파압시)	7.51>1.20	13.04>1.20	106.64<500.0	1.89>1.20	1.390>1.20
투기완료	2.68>1.20	4.76>1.20	147.10<500.0	1.70>1.20	1.352>1.30
부지개량	1.43>1.10	2.06>1.10	192.56<500.0	1.29>1.10	1.210>1.10
지진시	1.86>1.10	3.22>1.10	157.29<600.0	1.46>1.00	1.104>1.10

구분	내부가호안				
	활동	전도	지지력(kN/m ²)	직선	원호
호안축조(파압시)	40.15>1.20	245.67>1.20	112.55<500.0	1.71>1.20	1.353>1.30
투기완료	3.55>1.10	12.32>1.10	134.06<500.0	1.50>1.10	1.269>1.10
부지개량	1.90>1.10	5.34>1.10	166.27<500.0	1.18>1.10	1.132>1.10
지진시	9.88>1.10	21.00>1.10	112.46<600.0	1.56>1.00	1.249>1.00

◆ 평가의견

- 양사 모두는 각각의 설계컨셉에 따라 설계조위, 설계외력, 단면안정성 검토 등을 설계에 반영하였으며, 이에 따른 안정성 또한 모두 확보되는 것으로 검토되는 등 해역특성을 분석하여 구조물 안정성 확보 등에 최선을 다한 것으로 판단됨
- 다만, 동부건설의 경우 설계외력에 대한 안정성 검토결과 원호활동 등에서 안전율이 보다 더 확보되는 것으로 제시되어 동부건설이 다소 우수한 것으로 판단, ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

4-2. 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

【동부건설】

- 피복재
 - 북측 : 일반구간(0.5m³+0.1m³급), 시점부(0.7m³+0.1m³급), 우각부(1.0m³+0.1m³급)
 - 서측 : 일반구간(0.5m³+0.1m³급), 우각부(0.7m³+0.1m³급+TTP 5톤급)
 - 내부가호안 및 서측호안(내측) : 돌망태 5톤급 / 북측호안(내측) 0.03m³급
- 세굴방지공 및 배면보호공
 - DCM구간, 준설치환구간 : Berm Type 0.5m³급, Berm 길이 3m
 - 배면보호공 : 1:1.5 경사, 소단(1.5m), 보호압사석
- 준설토 유출방지 및 구조물 내구성
 - 다중필터시스템+보호압사석(필터사석 + 필터매트 50kN/m + 복합매트 100kN/m+보호압사석+돌망태 5톤급) / 조인트셀러 및 필터, PVC지수판
- 체절구간
 - ‘26년 개장 체절: 내부가호안 80m / 최종 체절: 북측호안(오목부) 200m
 - 코어보강(0.5m³급)+바닥보호공(5.2m확장), 가두부 사석 0.5m³급 보강
- 안전시설 및 방제시설
 - 안전 : 등대, IoT공사용등부표, AIS시스템, 선박충돌보호공, 인명구조함 등
 - 방제 : 3단계 해충 방제 시스템(방제여수구, 해충퇴치기, 방제드론)
- 육·해상작업기지(북측)/해상작업기지(서측)
 - 북측: 150m×43.6m, DCM벌크선 접안, 블록제작장, 장래 경관시설
 - 서측: 100m×30.0m, 해상석재반입, 장래 준설토투기 적출장 및 제작장
- 선박 충돌위험도 분석 및 충돌보호공
 - 200ft급 레저선박 교행운항 가항수역폭 128.8m(여유 6.8m)

- 선박충돌보호공 : Pneumatic Fender(10개), 태양광 표시등(12개) 설치
- 접속부
 - 수도접속부 0.7㎡급 보강 및 준설토유출방지(다중필터시스템+고무방사판)
 - 2공구 접속부 DCM블록식 2열 추가, 서측우각부 0.7㎡급+TTP 5톤급 보강

【남광토건】

- 피복재
 - 북측방파호안(항외측) : 북측 0.5㎡급(우각부 1.0㎡급), 북·서측 1.0㎡급
 - 북측방파호안(항내측) 북·서측 : 0.4㎡급
 - 내부가호안(678m) : 0.4㎡급
- 세굴방지공
 - DCM구간:세굴미발생(부상토 존치)/굴착치환구간:Buried Type 0.015~0.03㎡급
 - 국부세굴실험:유속 0.45m/s시 최대세굴심도 0.49m(소요폭 0.98m<2~3m보강)
- 준설토 유출방지공
 - 5단계 구성 : 1단계(상치부 준설토 유출방지공), 2단계(블록과 상치부 차수판 설치), 3단계(3중 매트 블록 매입), 4단계(3중 매트 설치), 5단계(보호압사석)
- 최종체절
 - 가두부 사면 피복석 0.4㎡급 보강, 점고식 규격석 포설
 - 적출장으로 육상석재 공급, 소조기 체절 시행, 수리실험 안정성 확인
- 여수토
 - 2개소 : 외측 3중오타방지막(1구간), 내·외측 각 3중오타방지막(2구간)
 - 투기장 3구역 운영기간(‘27년~’ 30년)동안 1, 2구간 여수토 운영
- 대규모 다기능 적출장 및 기타 시설계획
 - 공사시 재료반입, 투기시 적출장, 부지조성시 재료반입, 운영시 관리부두 활용
 - 적출장(100m), 회차장(5개소), 투기구간(4개소), 왕복2차로 등
- 옹도와 서측호안 사이 선박 통행로
 - 시공중 : 직립수하식 앵커설치, 스마트등부표(8개), 오타방지막 점멸등
 - 완공후 : 옹도측 등부표 존치, 구조물표시등 27개소 및 임시등대 설치
- 접속부
 - 수도접속부 및 내부가호안 3중매트 설치
 - 계단식 DCM 적용, 2공구접속부 4단계 보강

◆ 평가의견

- 양사는 각각 산정한 설계조건에 따라 피복재 형식, 중량산정, 세굴방지공 설치, 준설토 유출방지공, 체절구간 보강 등을 계획하는 등 양사 모두 적절한 설계로 판단됨
- 다만, 동부건설의 경우 각 구간별 피복재 보강, 준설토 유출방지를 위한 다중필터시스템+보호압사석(필터사석+필터매트50kN/m+복합매트100kN/m+보호압사석+돌망태5톤급), 체절구간 코어보강(0.5㎡급)+바닥보호공(5.2m확장), 200ft급 레저선박 교행운행 가항수역폭 확보 등을 감안시 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

5. 수치 및 수리모형실험의 적정성

5-1. 수치 및 수리모형실험의 적정성

【동부건설】

○ 수치모형실험 : 4개분야 24개 항목 수행

- 파랑분야 : 8개 항목

· 바람장설계파 : 바람장(태풍 23개, 비태풍 20개)을 이용한 설계파 산정

· 심해설계파(4개) : 심해파/호안심해파, 풍파, 파향선, 해상풍 검토

- 북측방파호안(북측) : 바람장(비태풍) $H_{1/3}=1.4m$, $T_{1/3}=4.8s$, WNW파향

- 북측방파호안(서측) : 100년빈도 심해파 $H_{1/3}=2.1m$, $T_{1/3}=17.5s$, S파향

- 내부가호안 : 10년빈도 심해파 $H_{1/3}=3.3m$, $T_{1/3}=14.4s$, S파향

· 정온도 : 서측호안 정온 영향 검토, 기본설계 정온도 1.6% 저감

· 경사입사파(연파) : 북측호안 연파 발생 검토, 기본설계 약 7% 저감

· 장기파랑산출 : 최근 10년간 해상풍 자료 이용, 장기파랑 추산 및 분석

- 유동분야 : 8개 항목

· 해수유동 : 현상태/투기장 조성 후 최강유속 각각 68cm/s, 85cm/s

· 체질 : 외곽호안/가호안 최종체질의 유속 각각 7.5cm/s, 17.7cm/s

· 내부가호안 배치 : Dead Zone 최소 발생 평면배치 검토 및 선정

· 침퇴적변화 : 사업전·후 연간 침·퇴적 변화량 -10~-5cm/yr 침식 경향

· 해수교환 : (광역 6개 해역) 진해신항 항내수역, 북측해역, 마산항, 진해항, 웅동만, 진해만에 대한 사업전·후 해수교환율 변화예측 / (상세역 2개) 투기장 조성 후 북측해역의 명동마리나 및 명동마리나 방파제 제거 안에 대한 해수교환율 변화 예측

· 부유사확산 : 본 사업 및 주변사업 고려한 부유사 최대 확산범위 예측

· 여수토확산 : 준설토 투기시 여수토 최대확산범위 산정, 저감방안 검토

· 수질변화예측 : 투기장 조성전·후 수질인자(COD, T-N, T-P) 변화 분석

- 방재분야 : 2개 항목

· 폭풍해일(과거태풍 23개) : 태풍 매미 내습시 최대해일고 155cm 산정

· 지진해일(가상지진 11개) : 가상지진 발생시 최대해일고 101cm 산정

- 특화분야 : 6개 항목

· 수치파동수로(4개) : 북측(6개 단면)·서측호안(6개 단면) 반사율, 월파 수리특성 검토

· 3차원(평면) 국부유동 : 서측호안 기초조사 대비 유속 약 14% 저감

· 3차원(평면) 국부세굴 : 파랑 및 조류에 의한 외곽호안 전면 세굴 검토

○ 수리모형실험 : 단면(16개, 축척1/25), 평면(10개 항목, 축척1/60) 수행

- 단면수리 : 외곽호안(8개), 호안배면/시공중(5개), 제작장/장래개발(3개)

· 북측방파호안(북측, 서측) : 기초조사, 비교1안, 비교2안, 기본설계

· 북측/서측호안 모두 월파량 0(Zero), 피복재 0.5㎡급 상향, 안정성 확인

· 호안배면/시공중 안정성 확인, 육·해상작업기지(제작장) 반사율 검토

· 북측 및 서측호안 장래 부지이용시 월파량 0(Zero)

- 평면수리 : 북측호안(6개, 기초조사/기본설계), 서측호안(4개, 기본설계)

· 경사입사파(연파) 예측 : 경사입사파 예측, 수리특성(월파), 제체 안정성

· 우각부 및 접속부 : 수리특성(월파), 제체안정성, 피복석 1.0㎡급 보강

【남광토건】

○ 수치모형실험 : 4개분야 24개 항목 수행

- 외력조건 분야 : 7개 항목

- 바람장파(태풍 및 비태풍 8개 이벤트) : 기존 바람 발생에 의한 설계파 산출
- 심해설계파(2개) : 심해파/호안심해파, 풍파(10년, 50년 100년 빈도) 검토
- 호안내파(10년 빈도) : 호안폐합 후 및 투기전 호안내 발생파랑
- 장기파랑(10년간 통계) : 연간/월별 내습파랑의 파향 및 파고 분석
- 폭풍해일(5개 태풍이벤트) : 매미시 현상태에서 폭풍해일고 1.558m
- 지진해일(2개 가상지진) : 진도9 지진시 현상태에서 지진해일고 0.426m

- 환경변화 예측 분야 : 5개 항목

- 해수유동(유동변화, 고·저위 변동) : 홍수시 유속(최대 96cm/s)
- 정온도(설계파, 평상파) : 축조후 S계열 파랑에 대한 정온도 대폭 향상
- 해수교환 : 축조 전·후, 명동마리나 방파제 제거 시 전·후
- 침퇴적(퇴적물이동) : 축조 전·후 연간침퇴적량 변화(축조후 1~3cm/yr 감소)
- 국부세굴3D : 웅도/서측호안 지형 변화 및 유속증가로 인한 세굴 발생

- 특수해석 분야 : 6개 항목

- 광역체절(Delft3D) : 체절구간 예비위치별 발생유속 산출
- 상세체절(Flow3D) : 체절부 3차원 상세유속 및 유향, 체절부 세굴 검토
- 항주파 : 웅도 항로 통항선박 수역 통과시 항주파 0.3~0.5m 산출
- 유류유출 : 작업선 사고로 유류유출시 시간대별 확산범위 예측
- 부유사 : 시공중 부유사 발생공종시 부유사 확산범위 예측
- 여수배출 : 장래 준설토 투기 준설 여수 배출시 부유사 확산범위 예측

- 수리특성 분석 및 안정성 검증 분야 : 6개 항목

- 수치파동수조(2D) : 조위에 따른 파랑 내습시 구조물과의 상호작용
- 월파, 파압(3개 조위조건 설계파 내습시) : 4개 단면 월파랑, 파압 비교
- 반사율(4개 조위조건 설계/평상파 내습시) : 4개 단면 반사율 비교
- 유속(3개 조위조건 설계파 내습시) : 안정검토용 선단부 2개소 산출
- 수치파동수조(3D) : 2D에서 재현불가능한 경사입사파시 내습시 영향검토
- 3D 월파 : 경사입사파 내습시 상치 전면 파랑변형에 따른 월파 확인
- 3D 파압 : 경사입사로 인한 파압감소효과 확인

○ 수리모형실험 : 단면(14개, 1/40) 수행

- 단면수리 : 시공중 안정(9단면), 수리특성(2단면), 최종안정(3단면)

- 기초조사(4개 조위 적용) 월파랑 0.001m³/s/m, 반사율 0.462(평균), 서측호안 피복재 0.3m³급 피해 발생(사석 노출), 파압 46.29kN
- 기본설계(4개 조위 적용) 월파랑 Zero, 반사율 0.434(평균), 서측호안 피복재 1.0m³급, 북측호안 피복석 0.5m³급 안정확인, 파압 45.41kN

◆ 평가의견

- 양사 모두 각사가 산출한 설계파를 적용하여 수치모형실험을 실시하여, 파랑분석, 정온도, 해양영향검토, 주변 해안 침퇴적 분석을 수행하였으며, 양사 모두 기초조사 대비 우수한 결과를 도출한 것으로 판단됨
- 다만, 동부건설의 경우 단면수리실험 뿐 아니라 평면수리실험(10개항목, 축척 1/60)을 실시하여 수리특성을 파악하고 이에 따른 제체 안정성 검토, 피복석 보강 등을 계획하는 등 상대적으로 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

5-2. 실험결과 분석의 타당성 및 설계 반영의 적정성

【동부건설】

- 수치모형 실험검증
 - 설계파(바람장), 해수유동(조위), 폭풍 및 지진해일고, 부유사 농도변화, 실험파(스펙트럼) 등 수치모형실험 계산치와 관측치를 비교·검증
- 실험 결과 분석 및 설계적용
 - 북측호안 기초조사 대비 경사입사파(연파) 최대 14% 저감
 - 서측호안 기본설계 단면의 3차원(평면) 국부 유속 및 세굴 경향 검토
 - 서측호안 반원형 멀티블록 단면형상 및 북측호안 평면배치 설계 반영

【남광토건】

- 수치모형 실험검증
 - 파랑실험 관측값 검증, 유동실험 조위/조류 검증, 침퇴적 측량성과 검증
 - 폭풍해일 관측값 시계열 검증, 지진해일 역사지진 관측 시계열 검증
- 실험 결과 분석 및 설계적용
 - 해수면 상승 설계파 증대 및 지형변화 통수단면 축소 유속증가 등 외력반영
 - 지형변화로 유동변화, 정온 향상, 해수교환 감소 등 환경변화 설계대응
 - 체질 유속 및 항주파, 유류·부유사·여수 확산 등 특수상황 안정 검토

◆ 평가의견

- 양사 모두 단면수리·수치모형실험을 실시하고, 실험결과에 대한 검증을 통해 신뢰성 향상에 최선을 다한 것으로 판단됨
- 다만, 동부건설의 경우 수치, 단면·평면수리모형실험을 실시하고 그 결과를 설계에 반영 등 상대적으로 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

6. 부대시설의 적정성

6-1. 구조물 표지시설등의 적정성

【동부건설】

- 공사 중 구조물 표지시설
 - IoT 공사용 등부표 6개소, 점멸식 오타방지막 및 앵커부이 1식, 해상부표 12개소, 선박충돌방지시스템(AIS) 1식, 단계별 표지시설 배치
- 완공 후 구조물 표지시설
 - 조망등대 2개, 구조물 표시등 12개, 점멸식 바닥등, AIS 시스템, IoT 등부표 등

【남광토건】

- 공사 중 구조물 표지시설
 - 오타방지막 야간점멸등 및 앵커부이, 스마트 등부표(GPS내장) 8개소 설치
 - 해상교통류 분석을 통한 오타방지막 및 구조물 표지시설 배치
- 완공 후 구조물 표지시설
 - 임시등대 1개소, 구조물 표시등 27개소, GPS 기반 스마트 등부표 7개소

◆ 평가의견

- 양사 모두 공사 중, 완공 후로 구분하여 오타방지막 및 구조물 표지시설, 등부표를 설치, 운영하는 등 적정하게 표지시설 계획을 수립한 것으로 판단됨
- 다만, 남광토건의 경우 해상교통류 분석을 통한 오타방지막 및 구조물 표지시설을 배치하고, 스마트 등부표 8개소, 구조물 표시등 27개소를 설치하는 등 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

6-2. 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설 계획

【동부건설】

- 공사용 작업장 및 적출장 : 공사중 제작장 → 장래 적출장 활용
 - 육·해상작업기지(북측) : 공사용 진입로 연계, 작업선박 4천톤급 접안 등
 - 해상작업기지(서측) : 작업선박 1만톤급 접안, 이글루블록 적용(옹도측 반사파
- 기타시설계획
 - 점멸식 안전난간, 태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 스마트 파랑예측시스템 등

【남광토건】

- 공사용 작업장 및 적출장
 - 적출장 : 육망산(석재원 적출), 남 ‘권’ (블록적출), 다기능적출장 신규조성 등
 - 공사용 작업장 및 제작장 : 남 ‘권’ 부지

- 기타시설계획
 - 투기구간 4개소, 전구간 2차로, 진해신항 홍보관(영상존 계획)

◆ 평가의견

- 양사 모두 공사용 작업장과 적출장을 계획하여 설계에 반영하고 각각 기능을 부여하는 등 적절하게 계획을 수립한 것으로 판단됨
- 다만, 동부건설의 경우 북측, 서측 2개소에 공사용 작업장 및 적출장을 설치하는 등 상대적으로 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

7. 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

7-1. 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM적용계획의 적정성

【동부건설】

- 스마트 건설기술 활용계획 : 5개분야 총 31건 도입
 - BIM(7개) : BIM(설계, 시공, 유지관리), CDE, 360VR, XR, AR
 - 스마트 유지관리(3개) : 선박충돌경보시스템(AIS 연계), 인명구조용 로켓발사기 등
 - 스마트 시공(9개) : 머신가이던스, AIS 기반 해상 현장관리 등
 - 스마트 안전(9개) : 스마트 안전모·잠수밴드·안전관리 등
 - 스마트 환경(3개) : LBS 융합 환경센서 모니터링, 스마트 IoT 공사용 등부표 등
- BIM 적용 계획의 적정성
 - 계획단계 : 건설 전 과정 BIM 수행계획 수립
 - 설계단계 : BIM기반 설계 자동화, BIM 라이브러리 구축, VR 구축 등
 - 시공단계 : BIM을 활용한 사전 시뮬레이션, 공정관리, 공정검토 등
 - 유지관리 : XR을 활용한 시설물관리·점검, 공통정보관리환경(CDE)

【남광토건】

- 스마트 건설기술 활용계획 : 5개분야 총 40건 도입
 - BIM(7개) : BIM설계, 시공BIM, 4D 솔루션, GIS 기반 시뮬레이션 등
 - 스마트 유지관리(3개) : BIM데이터 유지관리 활용, 검측 영상분석 시스템 등
 - 스마트 시공(10개) : 드론 모니터링, 머신가이던스, DCM 자동화 시공 등
 - 스마트 안전(10개) : VR 안전교육, 파랑예보시스템, 스마트 다이빙밴드 등
 - 스마트 환경(10개) : 부유사 모니터링 시스템, 워터드론, 해충방역 시스템 등
- BIM 적용 계획의 적정성
 - 계획단계 : 모델링 기반 원안분석, 원안 물량 분석
 - 설계단계 : DCM 자동화 설계, 디지털 설계 DB 구축, 설계 접속부 검토
 - 시공단계 : 4D 공정관리, 시공 안전성 검토, 시공성 검토
 - 유지관리 : 3D 지형 모델링, 구조물 모델링

◆ **평가의견**

- 양사 모두 스마트 건설기술을 적극 활용하여 설계에 반영하였으나,
 - 남광토건의 경우 설계, 시공, 환경, 안전, 유지관리 분야 총 40개 스마트기술을 도입, 단계별로 세분화하여 반영하는 등 상대적으로 남광토건이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

7-2. 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

【동부건설】

- 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인
 - 기존 설계방식 고수, 법적규제, 기술별 문제점 분석·검토
- 스마트 건설기술 활용에 따른 대응방안
 - 온오프라인 교육, 전면 BIM 적용, 규제 샌드박스, 실시간 무손실 데이터 저장 등

【남광토건】

- 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인
 - 스마트장비 통신 및 전원장애, 장비오작동, 웨어러블오작동, IoT모듈오류
- 스마트 건설기술 활용에 따른 대응방안
 - 전담조직 운영, 기기 상시점검, 정기 교육, 데이터 백업 등

◆ **평가의견**

- 양사 모두 BIM 장애요인과 대응방안에 대해 분석함
 - 남광토건의 경우 전담조직을 운영하는 등 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

7-3. 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등

【동부건설】

- 스마트 건설기술 활용 정도
 - 변수기반 자동화 설계, 수량 산출 자동화, 공정계획과 연계한 사전 시뮬레이션 검토, 공통정보관리환경(CDE) 구축, BIM 연계 VR 안전교육
- 기대효과
 - 설계오류 검토, 신속한 의사결정, 공정계획 검증 단계를 통한 안전사고 예방

【남광토건】

- 스마트 건설기술 활용 정도
 - 자동화 설계수행, 디지털 가상시공 수행, 공정계획 확인 등
 - 지형 및 구조물 모델 구축, 수량검증, 설계정합성검토, 단계별 시공 시뮬레이션 등
- 기대효과
 - 시공성 및 시공안전성 등 사전검토, 공정/비용 최적화

◆ 평가의견

- 양사 모두 BIM을 적용한 3D 설계기술을 적용하여 설계품질의 향상에 노력하였음
- 남광토건의 경우 지형 및 구조물 모델 구축, 설계 정합성 검토 등 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

7-4. 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

【동부건설】

- 스마트 건설기술 활용계획
 - 디지털맵 기반 구조물 법선 검토, 지층 BIM 모델분석 최적 DCM 규모 산정
 - 호안 단면의 수량산출 결과 검증, BIM 기반 굴착치환 및 DCM 경계부 검토
 - 디지털 모델을 활용한 체절계획, 공정 시뮬레이션DB 활용 욕망산 석재 활용 검토
 - 육상 건설장비 회전반경 및 여유폭, 시공중 해상장비 및 항로주변 간섭
- 설계적용의 적정성
 - 지층 BIM 모델 분석 및 기초지반처리 구간 설정, 시공 시뮬레이션을 통한 DCM · 제체사석 · 피복석 · 상부구조물 타설 시공, 건설장비 간섭여부

【남광토건】

- 스마트 건설기술 활용계획
 - 주기별 통합관계플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립
 - 시공관리 : GNSS 기반 DCM시공관리, 머신가이던스, 스마트 송장관리 등 10건
 - 안전관리 : 지능형 CCTV, 원격 육상 및 해상 모니터링, 스마트 웨어러블 등 10건
 - 환경관리 : 스마트 웨더스테이션, 스마트 여수토 관리시스템 등 10건
- 설계적용의 적정성
 - 3D 지층 BIM 모델을 활용한 기초처리 구간설정 및 단계별 시공 검토 수행
 - 표준 및 시설물 데이터 이관으로 유지관리 단계까지 데이터 연속성 확보

◆ 평가의견

- 양사 모두 BIM을 적용한 3D 설계기술을 적용하여 설계품질의 향상에 노력하였음
- 남광토건의 경우 주기별 통합관계플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립, 시공, 안전, 환경관리에 활용, 유지관리 단계까지 데이터 연속성 확보 등 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

8. 유지관리 등을 고려한 시설물계획의 적정성

8-1. 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

【동부건설】

- 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획
 - 3LANE(유지관리로+방재도로), 육해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측)
 - 대피소, 인명구조함(31ea), 구명환(9ea), 구명사다리(9ea), 점멸식 안전난간 등
- 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획
 - 다중 필터시스템+보호압사석, TTP 5톤 보강, 착저식 세굴방지공, 체절구간 DCM 최대 106.9m 확장, 반원형 멀티블록, 사석동다짐공법 등

【남광토건】

- 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획
 - 9m 왕복차로(전구간), 추락방지 시설(전구간), 지능형 CCTV, 35m 다기능 적출장(100m×35m), 자동화 계측관리(전구간), 상치일체형 여수토 2개소 등
- 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획
 - 9.0m 광폭 상치, 상치 및 제체 유출방지공, 피복석 0.5~1.0m³급 등
 - 두께 5m이하 패각연약지반 굴착치환 보강, 세굴방지공, 방제여수로 설치 등

◆ 평가의견

- 양사 모두 유지관리 편의 및 비용절감을 고려한 시설물을 계획하여 큰 차이는 없는 것으로 판단되나,
 - 남광토건의 경우 9m 왕복차로(전구간), 자동화 계측관리(전구간) 설치 등을 통한 유지관리 등 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함.

8-2. 신기술, 신공법 도입의 타당성 및 효과분석

【동부건설】

- 신기술·신공법 도입효과
 - 안전 9건, 유지관리 8건, 환경성 11건, 기타 53건 등
 - 안전 : 66.4m 광폭 사석경사제, 반원형 멀티블록 직립제, IoT 등부표 등
 - 유지관리 : 준설토 투기시물레이션, 태양광 해충퇴치기, 다중 필터시스템 등
 - 환경 : 바다숲, 어초블록, 일체형 등명기, FLOW-3D, Dead Zone 수치 등
 - 기타 : GFRP(유리섬유) 보강근, Ø1,600mm DCM, 미세먼지·소음관리 시스템 등
- 신기술·신공법 도입효과
 - VE/LCC 분석결과 : LCC 9.1% 절감, 가치 48.7% 향상
 - 구조 설계자동화, 기초 시공장비 안정성 검증, 시공 전주기 BIM 데이터 구축 등

【남광토건】

○ 신기술·신공법 도입 적정성

- 안정 12건, 시공성 등 35건, 통항안전 등 21건, 기타 30건 등
- 안정 : 9.0m 광폭 상치, 파이프쿨링, 상치부 3단계 유출 방지공 등
- 시공성 : 머신가이던스 자동화 시공, Ø1,600mm DCM 등
- 유지관리 : 실시간 파랑예보시스템, 자동화계측관리 등
- 환경 : IoT해상관제, 9단계 부유사 확산관리 등

○ 신기술·신공법 도입효과

- 안정·내구성 : 12건 / 시공 등 : 35건 / 통항안전 등 : 21건
- 파이프쿨링, 상치유출방지공, 대구경 DCM, 머신가이던스 등 도입

◆ 평가의견

- 양사에서 제시한 신기술·신공법은 각각 특성별로 서로 비슷한 수준으로 판단되나, 총 도입 건수, 이에 따른 도입효과 등을 감안시 남광토건설이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

8-3. 준설투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안의 연계성

【동부건설】

○ 준설투기장 해충방역 계획

- 투기중 : 3단계 해충 방제시스템[(임시여수토+방제여수구)+태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 방제드론]
- 투기후 : 장래 복토공사를 위한 작업기지(2개소)+공사용 진입로 제공

○ 장래 투기장 관리방안

- 보안시설(보안문, 이동형 CCTV 등) 설치
- '26년 개장 후 단계별 수토 시 드론측량 및 계측장비로 호안 계측

【남광토건】

○ 준설투기장 해충방역 계획

- 해충퇴치 모니터링(10개소), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치 (1구간 연 8회 살포분), 해충퇴치기(50EA), 스마트 트랩(10EA)
- 해충피해 사례 및 현재 운영 중인 방제기준 분석

○ 장래 투기장 관리방안

- 여수토 추가설치(2개소), 투기구간(4개소), 회차장(5개소), 전구간 2차로(9m), 다기능 적출장(100×35m), 1구역 투기장 조기조성, 돌망태블록 경사제

◆ 평가의견

- 양사 모두 큰 차이는 없는 것으로 판단되나, 투기 중, 투기 후로 구분하여 방역계획을 수립하고, 공사용 진입로 제공, 단계별 수토 시 드론측량 및 계측장비로 호안을 계측하는 등 동부건설이 상대적으로 다소 우수한 것으로 판단되어 ①동부건설, ②남광토건 순으로 평가함

9. 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물계획의 적정성

9-1. 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성

【동부건설】

- VE/LCC 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용
- VE/LCC 분석절차
 - 준비 : VET팀 구성, 대상선정(고비용 공종, 특허 및 신기술 공종 집중 선정)
 - 분석 : FAST, AHP분석, LCC분석, 50년 기간, 4.5% 할인율 적용
 - 실행 : 대안별 가치평가, VE 제안서 작성 및 검토/승인

【남광토건】

- VE/LCC 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용
- VE/LCC 분석절차
 - 준비 : VET팀 구성, 품질모델(경관성, 효율성, 작업안전성 등 16개 항목)
 - 분석 : FAST, AHP분석, LCC분석, 가치분석, 50년 기간, 5.5% 할인율
 - 실행 : 이행 회의를 통해 채택된 VE제안에 대하여 각 분야별 설계 반영

◆ 평가의견

- 변별력은 낮으나 경관성, 효율성, 작업안전성 등 16개 항목을 대상으로 검토한 남광토건이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

9-2. 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

【동부건설】

- 창의적 아이디어 현황 : 총 39건(구체화 대상 35건/구체화 비대상 4건)
 - 항만·해안 : 북측방파호안, 내부가호안 단면형식, 투기장 평면배치 등 22건
 - 토질·기초 : 연약지반 기초처리(심도별), DCM 직경 및 중첩폭, 개량형식 등 8건
 - 토목구조 : 반원형 멀티블록 등 5건 / 토목시공 : 적출장 및 제작장 등 4건
- 경제성(VE/LCC) 분석결과(구체화 대상 35건 분석결과)
 - 4개분야 총 35건 성능 개선 41.8%, 비용 증가 2.2%, 가치 향상 42.7%

【남광토건】

- 창의적 아이디어 현황 : 총 60건(=항만 28+구조 6+지반 6+시공 14+환경 6건)
 - 안전성 : 세굴방지공, 준설토 유출방지공, 필터매트, 피복재 형식 등
 - 내구성 : 콘크리트, 철근규격, 시멘트 배합비, 여수토 벽체두께 등
 - 시공성 : 블록제작장 위치, 기초굴착 장비, 상치 레미콘 공급방식 등
- 경제성(VE/LCC) 분석결과
 - 5개 분야 총 60건 성능향상 35.9%, 비용절감 27.1%, 가치향상 86.3%

◆ 평가의견

- 양사는 당해지역의 해상 및 수리특성을 감안하여 안전성을 확보하고, 시공성, 경제성 등을 고려한 다양한 아이디어를 적용하였음
- 변별력은 낮으나 결과적으로 5개 분야 60건 분석, 성능향상 및 가치향상 등의 측면에서 남광토건이 다소 우수한 것으로 판단되어 ①남광토건, ②동부건설 순으로 평가함

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 손 원 권



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

설계평가 사유서

□ 안전명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사
일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 항만 및 해안

평가사유서

1. 사업개요

- 사업명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사
- 사업목적 : 부산항 진해신항 적기 개발 시 발생하는 준설토 투기장 호안 건설(3,693m)
- 사업위치 : 경상남도 창원시 진해구 부산항 진해신항 전면 해역
- 사업기간 : 착공일로부터 42개월 이내
- 시설개요(기초조사용역 기준)

구분	수량	내용	비고
준설토 투기장	3,002m 691m	-준설토투기장 조성을 위한 외곽시설 -준설토투기장 조성을 위한 내부가호안	-마루높이: DL.(+) 9.0m -투기고: DL.(+) 8.5m
부대시설	1식	-회차장, 최종체절, 세륜세차시설, 기타 부대시설	

2. 기술검토 개요

- 입찰업체는 동 사업 기초조사용역(부산항건설사무소 시행) 결과에 대한 개선사항을 분석하여 최상의 설계도서를 작성함에 따라 입찰업체 별 설계내용에 대한 장·단점 검토

구분	북측방파호안	서측방파호안	내부가호안
동부건설	<ul style="list-style-type: none"> ○구조형식 : 대단면 광폭 사석경사제 ○상치구조 : 무상치(쇄석 20cm포설) ○마루폭 : 6.5m(2LANE), 6.1m(1LANE-소단 활용) ○마루높이 : DL.(+)9.0m 	<ul style="list-style-type: none"> ○구조형식 : 반원형 멀티블록 직립제 ○상치구조 : Con'c 구조 ○마루폭 : 상부 6.5m(2LANE), 하부 3.5m 	<ul style="list-style-type: none"> ○구조형식 : 상부확장형 사석경사제 ○상치구조 : 무상치(쇄석 Φ40mm포설) ○마루폭 : 상부 6.5m(2LANE)
남광토건	<ul style="list-style-type: none"> ○구조형식 : 다기능 광폭 사석경사제 ○상치구조 : Con'c 구조 ○마루폭 : 9.0m(왕복교행) ○마루높이 : DL.(+)9.0m 	<ul style="list-style-type: none"> ○구조형식 : 다기능 광폭 사석경사제 ○상치구조 : Con'c 구조 ○마루폭 : 9.0m(왕복교행) 	<ul style="list-style-type: none"> ○구조형식 : 고내구 돌망태블록 경사제 ○상치구조 : 무상치(쇄석 Φ40mm포설) ○마루폭 : 9.0m(왕복교행)

* 발표 등 순서 추첨순(심의위원 안내자료 상)

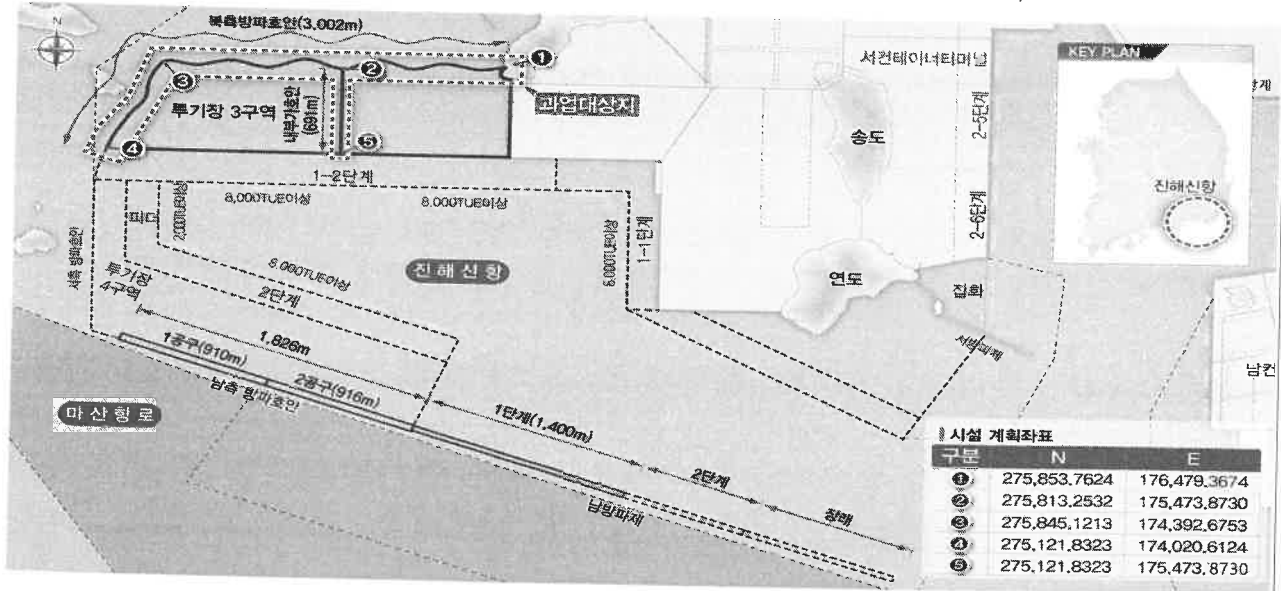
- 동 사업은 진해신항 컨테이너부두의 적기 확보('29년 3선석, '32년 추가 6선석)를 위한 준설토 투기장 조성사업으로써 투기장 선공급 방안, 상치계획, 대심도 연약지반 처리방법, 공사용 장비의 진출입이 가능한 제체상부폭 및 수토고 확보여부 등을 고려하여 검토
- 입찰안내서상 제한사항 및 설계지침 준수여부 등에 대해 검토 후 평가에 반영

3. 입찰안내서 분석

□ 입찰자 제한사항 주요내용

- 입찰자는 사업위치, 공사개요, 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 기준선(법선), 기준표고【준설토투기장(3구역) 호안마루높이 DL.(+)9.0m, 준설토 수토높이 DL.(+)8.5m】 , 외곽호안 평면배치계획과 시중점 좌표* 임의로 변경 할 수 없음

* 시점: ①N275,853.7624, E176,479.3674, 종점: ①N275,121.8323, E 174,020.6124



□ 설계지침 주요내용

- 기초자료조사 시 검토한 설계파랑

구 분			설계파랑			설계적용
			파고(H1/3)	주기(T1/3)	파향	
100년빈도	북측방파호안	북측구간	1.30m	4.60s	WNW	안정검토
		서측구간	1.70m	5.40s	SW	
10년빈도	호안 전구간 (남방파제, 남측방파호안 축조 전)		3.20m	14.40s	S	오탁방지막

- 기초자료조사 용역에서 제시된 평면배치계획의 호안기준선(법선)을 기준, 외곽 호안 법선과 시·중점 좌표는 임의로 변경 불가
- 수도지역 편입토지 보상비 산정, 불부합 토지 해결방안 마련
- 설계기준 이상의 적정 내진등급 설정하고 목표 내진성능을 만족하도록 설계
- 기초조사 대비 호안 구조물 단면, 구조형식, 공법 등에 대한 변경은 가능하나, 설계기준 이상의 안전성, 시공성, 경제성, 안정성 등을 유지
- 투기장(3구역) 호안의 마루높이는 DL.(+)9.0m로 하고, 준설토를 DL.(+)8.5m 수토할 수 있도록 설계

- 구조물은 **이상파랑 및 이상조위** 그리고 **해수면 상승고**에 따른 구조물 안정성을 검토하여 안정된 구조로 설계
- 구조물 축조로 인한 부유물질 발생 등 **해양오염을 최소화** 할 수 있는 최적 공법 및 저감방안 제시
- 구조물의 안정 확보를 위해 **최신 설계기준에 따라 설계**와 검토하여 설계 반영
- 공사용 작업장 및 선착장은 경제적이고 효율적인 방안을 계획
- **지반개량공법** 적용으로 준설토 또는 부상토 발생 시 관련법규에 따라 활용 및 유용 또는 처리
- 스마트 건설기술의 핵심인 **BIM설계** 적용 적극 검토
- **공사기간은 Fast - Track** 시공기간을 포함하여 **42개월(1,260일)** 이내로 공정계획 수립
 - 총 공사기간은 기초자료조사에서 제시한 공기를 초과할 수 없으며, 인접공사 계획과 연계된 시공계획 수립
- **호안 구조물 기초**는 파랑 및 조류속 등을 감안 **세굴에 대해 안전하도록** 설계 및 필요 시 **기초저면 세굴방지대책** 수립
- 기초처리공법은 대심도 연약지반인 점을 고려하여 적절한 공법 및 인근 현장의 문제점을 검토·분석하여 설계
- 호안의 상치계획 수립 시 **친수시설 및 배후주민의 조망권이 확보될 수 있도록** 설계하고, **향후 부두계획고를 고려한 상치계획** 수립
- **최종체절 위치**는 적정 위치를 선정하고 공법은 현장여건 및 공사재료의 공급, 안정성, 시공성, 인접구조물의 영향 등을 고려하여 설계
- 구조물 단면은 향후 준설토 등의 매립 시 **매립토가 외해로 유출되지 않도록** 설계
- 장래 진해신항 개발계획을 고려 호안 단면 계획 시 **공사용 장비 통행이 가능하도록 제체 상부폭 확보**
- **투기장호안과 응도 사이**는 배후에 위치한 선박의 항로로 이용될 예정이므로 **적정 항로폭이 확보될 수 있도록** 호안 단면을 계획
- 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획을 반영한 공사계획 수립, 수토 공간이 **조속히 확보될 수 있는 방안** 제시
- 본 공사에 소요되는 토사와 석재는 **육망산과 송도에서 발생하는 재료를 설계에 우선 반영 원칙**
 - 육망산, 송도의 재료 발생시기와 준설토투기장(3구역) 호안(1공구)의 토석 소요 시기 등을 종합적으로 분석·제시
- 시설물에 대하여 3차원 건설관리기법인 **BIM을 적용**
- 호안시설 내에 사람을 구조하기 위한 **인명구조함**을 설치
- 본 공사 시 **통항선박과 공사선박과의 중첩이 예상되므로** 이에 대한 조치계획 수립 및 **공사선박 통항 시 항로확보 및 안전대책 반영**

4. 평가 항목별 비교 · 평가

① 사전조사 및 설계기준의 적정성

①-1. 각종 현황조사 및 관련계획 검토

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 각종 현황조사 <ul style="list-style-type: none"> - 웅도~북측방파호안(서측) 통항선박조사, 수중정밀조사, 2구역 측량, 어초설치현황 조사, 2구역 잔여수토용량, 어초이설계획 등 24건 분석 ○ 관련계획 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 관계기관 협의결과 반영(12개 기관, 12개사항) - 명동마리나 최대선박 반영, 어초이설, 편입용지처리방안, 투기장방제 등 - 관련계획(5건) 검토결과 반영 - 수토시기 변동에 따른 용량 재산정/투기계획 재분석, 장래 계획, 경관컨셉 반영 등 - 진해신항 민관협의체 건의사항 및 대처방안 수립 : 공통(보상) 6건, 여촌계 82건 - 인근 투기장 호안 시공 및 피해사례 조사 : 22개소 / 남해권역 피해사례 조사 - 이상조위 발생시 매트부상 및 배면보호 대책 수립, 유지관리 최소화 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각종 현황조사 <ul style="list-style-type: none"> - 투기장 1,2구역, 수도항 등 5개소, 남포유원지 개발구역, '컨'부두 및 외곽시설, 지형 및 지세, 해역이용현황, 해역특성, 해양환경 8개 분야 21건 분석 ○ 관련계획 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 관계기관 협의결과 반영(8개 기관, 9개사항) - 인근 제작장 및 적출장 사용가능 여부, 항로표지관련 협의 등 - 관련계획(17건) 검토결과 반영 - 개발 및 투기계획, 주변 친수경관계획 등을 반영한 평면 및 단면 계획 수립 - 투기장 현장 및 사례조사를 통해 제거 유용이 용이한 가호안단면 계획 - 투기장 호안 시공사례 및 피해사례조사 : 39건 / 가호안 유용사례조사 - 상치파손, 제체세굴 및 유실, 부등침하, 매트부상 및 필터매트 파손 등

□ 평가의견

- **(동부건설)** 각종 현황을 24건 분석하고, 관계기관 협의결과 반영(12개 기관 12개사항), 관련계획 검토(5건), 진해신항 민관협의체 건의사항 조사, 남해권역 호안 피해사례 조사(22개소) 등을 통하여 기본설계 반영사항 구체적으로 검토
 - 조사결과에 따라 시설계획 반영, 준설토 유출 피해방지 대책 검토, 장래계획과 연계한 시설계획을 적정하게 수립
- **(남광토건)** 각종 현황을 21건 분석하고, 관계기관 협의결과 반영(8개 기관 9개사항), 관련계획 검토(17건), 투기장 현황 및 피해사례 조사(39건) 등을 통하여 기본설계 수행
 - 조사결과에 따라 시설계획 수립, 공사중 민원발생 사전 차단, 해상안전 및 피항대책 수립 등 설계 반영

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 각종 현황조사 및 관련계획 검토의 경우 2개사 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 관계기관(해수부, 창원특례시, 진해구 등) 협의를 적극적으로 수행하여 기본설계에 반영한 **동부건설이 다소 우위인** 것으로 판단되며, 다음으로 **남광토건 順**으로 평가

1-2. 수심 및 지형측량, 수중위험물, 지장물 등 기초자료조사

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 수심 및 지형측량 : 공동조사+개별조사 - 수심측량 : DL(-)4.5~DL(-)22.9m 분포 / 지형측량 : 수도 불부합지 (8개 필지) 조사 - 지반조사 : 시추조사 10공, 연약 점토층 두께 최대 29.5m 등 - 개별조사 : 2구역 수토용량 측량 및 검토, 어업권조사 및 민원대책 검토 ○ 수중위험물, 지장물 등 조사 - 수중위험물 : 터널(가스관) 통과구간 8m DCM 블록식 보강 - 지장물 : 인공어초 201개 중 정삼각뿔형 어초 67개는 시공시 이설 - 2구역 지형측량 : 드론측량 실시, 증고 후 수토용량 검토(총 636만m³) - 재료원 및 작업장 · 재료원 : 주재료원(육망산) 등 5개소, 레미콘 10개소 조사수행 · 작업장 : 육해상작업지(북측) 7,350m², 해상작업지 3,000m² 등 2개소 신규조성 외 제작장 4개소, 적출장 5개소 조사수행 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수심 및 지형측량 : 공동조사+개별조사(지반조사) - 수심측량 : DL(-)4.5~DL(-)22.9m 분포 / 지형측량 : 수도 불부합지 조사 - 지반조사 : 시추조사 10공, 연약 점토층 두께 최대 29.5m 등 - 개별조사 : 시추조사 4공, 38개 항목 특화시험 수행으로 합리적인 토질정수 산정 ○ 수중위험물, 지장물 등 조사 - 수중위험물 및 지장물 조사 · 해저가스관로, 옹도측 인공어초 201개, 해상짚라인, 해저송전선 등 간섭검토 - 해상교통 : 현장조사(72시간 목측/AIS 등), 항행여건, 해양사고 등 조사 - 어업권 조사 : 사업지구 주변 어업권 47개소 조사 - 재료원 및 작업장 · 재료원 : 석재원 육망산 등 9개소, 레미콘 16개소 조사수행 · 작업장 : 남컨작업장, 송도작업장, 웅천작업장, 신행 작업장 조사수행

□ 평가의견

- (동부건설) 수심 및 지형측량, 지장물(어업권, 인공어초)을 조사하여 기본설계 적용
 - 옹도측 인공어초 201개를 조사하여 이중 정삼각뿔 어초 67개 시공시 이설 계획 수립 및 투기장 2구역 수토용량을 측량하여 잔여투기량 분석 및 투기장 증고 전·후 수토용량을 적정하게 검토
- (남광토건) 수심 및 지반조사, 지장물조사(어업권, 인공어초) 및 해상교통조사를 실시하여 기본설계 적용
 - 옹도측 통항로 오탁방지막 설치로 인한 간섭어초 10개 이설, 사업대상지 인근 수역의 해상교통조사 및 투기장 시공사례와 피해사례 조사

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 기초자료조사는 2개사 모두 공동조사 결과를 반영함에 따라 변별력이 없는 것으로 판단되나, 드론을 통해 투기장 2구역 수토용량을 측량하여 잔여용량을 분석한 동부건설이 다소 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

1-3. 항만기능에 부합하는 설계기준 등

동부건설(주) 컨소시엄					남광토건(주) 컨소시엄										
○ 설계파					○ 설계파										
구분		파고(m)	주기(s)	파향	비고		구분		100년빈도			10년 빈도			
북측방파제(북측)		1.40	4.80	WNW	바람장비태풍		방파		북측	파고(m)	주기(s)	파향	파고(m)	주기(s)	파향
북측방파제(서측)		1.70	17.50	S	100년빈도		호안		서측	1.40	4.60	WNW	1.10	4.60	WNW
우각부(북측)		1.70	17.50	S			내부가호안		-			1.60	5.00	SW	
우각부(서측)		2.10	17.50	S			투기장내측		-			1.90	5.40	SW	0.55
내부가호안		3.30	14.40	S	10년빈도		1단계 및 오탁		-			3.20	14.4	S	

- 설계조위
- AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.55m+해수면상승고 0.356m = 3.812m
- 설계풍속 : 순간최대(매미) 75.0m/s → 북측조망등대, 서측등대, 안전난간

○ 조류속

구분	축조전	축조후	설계적용
북측방파호안(북측)	0.39m/s	0.12m/s	오탁방지막
북측방파호안(서측)	0.68m/s	0.43m/s	피복석 세굴방지공

○ 재료의 단위중량

구분	무근con/c	철근 con/c	석재	모래	사석 피복석	해수
단위중량 (kN/m³)	수상 226	240	26.0	18.0	18.0	10.1
수중	126	14.0	16.2	10.0	10.0	-

○ 재료의 강도정수

구분	적용조건	강도정수
사석	기초사석 재체사석 뒷채움사석 필터사석	$\phi=40^\circ, C=0\text{kN/m}^3$
	Bishop 원호활동에 의한 지지력 검토	$\phi=35^\circ, C=20\text{kN/m}^3$

○ 마찰계수

Con/c/Con/c	Con/c/암반	Con/c/사석	사석/사석
0.5	0.5	0.6	0.8

○ 상재하중

구분	사공시	완공시	재하성토시	지진시
호안	15.0	15.0	15.0	7.5
육·해상작업기지	-	30.0	-	15.0
해상작업기지	-	20.0	-	10.0

[단위 : kN/m²]

○ 안전율 및 지지력

구분	사공시			완공시(투기완료시)		비고
	축조완료시	재하성토시	투기완료시	상시	지진시	
활동	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	
전도	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	
직선활동	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	
편심경사하중	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	Bishop법
원호활동	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	
허용지지력	500kN/m²	500kN/m²	500kN/m²	500kN/m²	600kN/m²	

○ 침하 및 변위

구분	잔류침하량	허용각변위	비고
기초지반	5cm	1/500	장래 배후도로 및 철도계획 반영

○ 내진설계조건

구분	등급	성능수준	재현주기	지표면최대가속도	수평지진계수
북측방파호안(북측)	I	붕괴방지	1,000년	0.178g	0.089g
북측방파호안(서측)	I	붕괴방지	1,000년	0.175g	0.088g

- 내구등급 및 수명 : 1등급, 100년 이상(상치콘크리트, 반원형 멀티블록)
- 설계대상 선박 제원 : 관계기관(창원시 해양사업과) 협의 결과 반영

구분	규모	전장(m)	전폭(m)	흘수(m)
어선	100톤급	35.50	7.10	2.70
보트(크루즈보트)	200ft	61.00	10.90	2.50

- 설계조위
- AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.559m+해수면상승고 0.957m = 4.500m

- 설계풍속 : 최대풍속 26.1m/s, 순간최대 75.0m/s, 평균 3.4m/s

- 조류속 : 구조물 축조 전·후 홍수시를 고려한 조류속 적용

구분	축조전	축조후	설계적용
표층	0.72m/s	0.96m/s	오탁방지막
저층	0.60m/s	0.46m/s	세굴방지공

○ 재료의 단위중량

구분	무근con/c	철근 con/c	석재	준설토	사석	해수
단위중량 (kN/m³)	수상 226	240	26.0	15.0	18.0	10.1
수중	126	14.0	16.0	4.9	10.0	-

○ 재료의 강도정수

구분	적용조건	강도정수
사석	제체 치환	$\phi=40^\circ, C=0\text{kN/m}^3$
	편심경사	$\phi=35^\circ, C=20\text{kN/m}^3$
	필터	$\phi=35^\circ, C=0\text{kN/m}^3$

○ 마찰계수

Con/c/Con/c	Con/c/암반	Con/c/사석	사석/사석
0.5	0.5	0.6	0.8

○ 상재하중

구분	호안축조	투기완료	부지개량	부지운영	지진시	
					투기완료	부지운영
호안	15.0	15.0	15.0	15.0	7.5	7.5
부지	-	-	50.0	50.0	-	25.0
적출장	-	20.0	20.0	20.0	10.0	10.0

[단위 : kN/m²]

○ 안전율 및 지지력

구분	외곽호안					내부호안			
	축조	투기	개량	운영	지진	축조	완료	개량	지진
활동	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
전도	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
원호	1.3	1.3	1.1	1.3	1.0	1.3	1.1	1.1	1.0
편심경사하중	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0
허용지지력(kN/m²)	500			600		500		600	

○ 침하 및 변위

구분	잔류침하량	허용각변위	수평변위	
			평상	지진
호안제체	5cm	1/500	10cm	10cm

○ 내진설계조건

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

- 내구등급 및 수명 : 1등급, 100년(상치콘크리트, 여수토 집수정)
- 통항어선 제원 : 명동마리나 대상선박, 관공선 현황 등을 고려

구분	규모	전장	형폭	흘수
어선	30GT	20.6m	5.6m	1.7m
관공선	575GT	57.9m	10.6m	2.9m
마리나선박	100ft	30.0m	7.3m	5.0m

□ 평가의견

- **(동부건설)** 구간별 설계파랑 산정(방파호안 1.7~2.1m, 내부가호안 3.3m), 해수유동 실험을 통해 투기장 완공후 최강유속 산정, 허용안전율, 허용 잔류 침하량을 기초조사 대비 낮게 산정하여 기본설계에 적정하게 적용
 - 시공 단계별 설계과 도출과 투기시, 투기완료시 등 개발 단계별 적정 설계기준 적용
- **(남광토건)** 구간별 설계파랑 산정(방파호안 1.4~1.9m, 내부가호안 3.2m), 해수유동 실험을 통해 투기장 완공후 조류속 산정, 잔류 침하량을 기초조사 대비 낮게 산정 및 수평변위와 액상화평가 실시

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 설계기준 설정 적정성은 양사 모두 합리적인 근거를 토대로 파랑 등 설계요소를 산정한 것으로 판단되나, 안전율을 보수적으로 산정하여 설계 신뢰성을 제고한 동부건설이 우수하고, 다음으로 남광토건 順으로 평가

② 시설계획의 적정성

②-1. 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설 계획의 적정성

동부건설(주) 컨소시엄		남광토건(주) 컨소시엄	
○ 해역특성을 고려한 시설계획		○ 해역특성을 고려한 시설계획	
분야	시설계획	분야	시설계획
파랑	전구간 파복재 0.5m ² 급 이상, 세굴방지공, 소단 DL(+6.5m 증고	파랑	외곽시설 축조시기 및 태풍기 고려 3단계 축조계획 1단계(DL(-)4.0m 2H1/3이상), 2단계(DL(+3.0m), 3단계(상치부)
풍파	배면 경사(1:1.5) 및 돌망태 5톤급, 다중 필터 시스템+보호압사석 등	내파안정성	시공시(호안내측보강) : 보호압사석(0.015~0.03m ² 급)+0.4m ² 급 운영시(전구간 외측파복재 2.5배 상향) : 1.0m ² 급(서측), 0.5m ² 급(복측)
조류조석	웅도 가항수역 128.8m 확장 반원형 멀티 블록 직립제, 착저식 세굴방지공	세굴방지공	DCM구간 : 해측 부상토 준치 및 세굴방지벽설치 굴착치환구간 : Buried 보강(H=3.0m, 사석채움: 0.015~0.03m ² 급)
파랑집중부	(우각부) 서측 TTP 5톤, 복측 파복석 1.0m ² 급 / (오목부) 파복석 0.7m ² 급 보강		
유출방지공	필터사석+필터매트(50KN)+복합매트(100KN)+보호압사석+돌망태 5톤+경사(1:1.5)		
입지여건	수도축 공사용 진입로, 육해상작업기지(2개소), 투기장 26년 주기 개장 등		
○ 이용관리를 고려한 시설계획		○ 이용관리를 고려한 시설계획	
- 투기장 조성		- 투기장 운영	
· 복측호안 : 상부 3LANE(12.6m), 파복재 최대 1.0m ² , 소단 DL(+6.5m		· 광복상치(9.0m, 2차로), 다기능적출장(100m), 안전난간(전구간)	
· 서측호안 : 반원형 멀티블록(가항수역 128.8m 확장), 배면소단 +1:1.5 완경사 다중 필터 시스템+돌망태 5톤 보강		· 화차장 5개소, 투기공간 4개소, 여수토 2개소(복측) 및 3중오탁방지막 추가	
- 투기장 투기 및 운영		- 투기장 관리 및 유지보수	
· 26년 주기 개장(임시여수토), 스마트파랑예측/AIS+IoT부표 등		· 방제여수로 11개소(여수토 2개소 포함), 해충퇴치기 60개소, 구조물 표시등 27개소	

□ 평가의견

- **(동부건설)** 구조물 구간별 해역특성 및 입지여건을 분석하여 기본설계에 반영
 - 파랑집중구간(접속부, 우각부) 내파 안정성 개선시설(파복석 및 TTP 추가 보강) 및 주변지역 투기여건 변동에 따른 내부가호안 조기개장 반영, 육상 시공을 위한 공사용 진입로 신규 반영, 서측구간 블록 직립제 적용하여 가항 향로폭 등을 구체적으로 반영
- **(남광토건)** 진해신항 2032년 적기개장을 위한 5대 선결과제를 도출하여 해결 가능한 투기장 시설계획 수립

- 공사기간중 4번의 태풍 발생을 예상하여 단계별 시공계획 수립, 파랑 집중구간(우각부 등)에 대한 내파 안정성 강화(방파호안 내·외측 보강), 효율적 투기장 운영을 고려한 시설배치(친수광장, 스마트여수토, 다기능 적출장), 전구간 2차로 왕복차로(향후 '컨'부두 부지계획고인 DL.(+)4.00과 동일하게 적용할 경우 상치con'c 폐기물 발생) 반영

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 해역특성 및 이용여건을 고려한 시설계획의 경우 남광토건이 검토한 태풍기를 고려한 단계별 호안 축조계획 보다 장래 부지계획고를 고려하여 설계한 동부건설이 상대적으로 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

2-2. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 진해신항 개발시기 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 양곡부두 사업일정 변경('27 → '24.), 유보율 100% 등을 고려 - 기존 2구역 투기장 잔여량 실측량 반영, 3-1구역 26년 개장 등 ○ 수토용량 확보 계획 <ul style="list-style-type: none"> - '26.5월 3-1구역(1,680만m³) 개장, 내부가호안 평면배치별 Dead Zone 검토, 임시여수토 1개소+방제여수구 4EA 적용 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진해신항 개발시기 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 투기장 축조 및 투기계획, 인근투기장 사례 등 분석 - 적기수토 및 부지 선공급 등 검토하여 '32년 개장 방안 제시 ○ 수토용량 확보 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 내부가호안 단면최적화 및 기초굴착구간 확대로 기초조사 대비 수토용량 117천m³ 추가, '27년 준설토 수토를 위한 투기장 3구역(1구간) 공급

□ 평가의견

- (동부건설) 인근현장의 투기량 및 투기기간을 재검토(준설일정 변경 등)하고 투기장 2구역에 대한 실측 현황측량을 통해 잔여 수토용량을 검증하여 투기장(3구역)에 대한 조기 개장방안 검토(3-1구간 '26.5월 수토)
- 내부가호안 평면배치는 3단계 구역별 조기개장을 위한 투기량 검토·결정
- (남광토건) '컨'부두(1-1단계), 박지 및 항로준설 시 발생하는 준설토 투기계획을 분석하여 투기장 3구역 적기 수토방안 수립(3-1구간 '27년 공급), 투기장 3구역에 대한 수토용량 재검토를 통해 기초조사 대비 호안단면 축소, '컨'부두 1-2단계 전면개장을 위한 투기 및 부지개발 시나리오 검토 등을 적정하게 수립

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 동부건설은 투기장(3구역)에 대한 조기개장 방안을 검토한 반면, 남광토건은 3-1구간 적기 수토방안 및 3구역 수토용량 추가확보를 통해 4구역 투기장 수급계획을 유지하고 '컨'부두 1-2단계 개장을 고려한 투기계획 등을 종합적으로 검토함에 따라 남광토건이 상대적으로 우수하고, 다음으로 동부건설 順으로 평가

2-3. 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존시설물과의 연계성 <ul style="list-style-type: none"> - 공사 중 1~2단계 선박통항 무장애 방안, 2공구 접속부 DCM 2열 추가 보강, 지적불부합지(79.1천㎡) 법적 검토(AHHW 이하 보상 불필요), 2구역 용량 측량 ○ 장래 계획과의 연계성 <ul style="list-style-type: none"> - 66.4m 광폭 무상치 경사제 적용, 육해상작업기지(2개소) 제공, 스마트 항행지원시설(IoT, AIS시스템), 태양광 해충퇴치기 60개소(고정식+이동식) 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존시설물과의 연계성 <ul style="list-style-type: none"> - 옹도측 통항로 어초이설 및 공사중 항로폭 50m확보(위험도분석 검증) - 수도항 입구폭 88.0m 확보, 짚라인, 해저송전선, 해저가스관로 간섭검토 ○ 장래 계획과의 연계성 <ul style="list-style-type: none"> - 여수토(2개소), 다기능 적출장(100m, 관리부두 활용), 지적불부합지(79,244㎡) 및 편입토지(1,804㎡) 보상업무 지원, 내측 부상토 선제거, 친수광장(2개소), ECO-Garden(1,200m) 등

□ 평가의견

- (동부건설) 옹도측 원활한 선박 통항을 위해 단계별 공사계획 수립, 투기장 호안 2공구 접속부 보강계획(DCM 블록식 2열 보강) 수립, 장래 부지고를 감안한 단면계획(무상치con'c 구조, 쇄석포설), 작업기지 2개소 제공 등을 구체적으로 반영
- (남광토건) 인접시설물과의 간섭을 검토하여 기존 시설물과의 연계성을 분석하고, '컨'부두 1-2단계 개발 시 투기장 2공구 여수토 사용에 지장이 발생하여 1공구 북측호안 측에 여수토 2개소 추가 반영, 장래 부지고를 반영하지 않은 단면계획(부지계획고와 연계없이 단면 계획 및 북측 방파호안구간 상치con'c구조), 적출장(장래 관리부두로 활용) 1개소 반영

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 남광토건의 진해신항 '컨'부두 1-2단계 개발을 고려한 북측방파호안 측 여수토 2개소 추가설치는 적절한 것으로 판단되나, 투기장 2공구와 '컨'부두와의 연계성(부지고)을 감안하여 설계한 동부건설이 상대적으로 우수하며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

3 단면선정의 적정성

3-1. 구간별 단면선정의 적정성

동부건설㈜ 컨소시엄		남광토건㈜ 컨소시엄	
○ 북측방파호안(북측) : 대단면 광폭 사석경사제		○ 북측방파호안(북측) : 다기능 광폭 사석경사제	
구분	설계적용	구분	설계적용
마루, 소단 높이	마루높이 : DL(+9.0m, 소단높이 : DL(+6.5m	마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
마루, 소단 폭	마루폭 : 65m(2LANE) / 소단폭 : 61m(1LANE) / 배면 : 15m	상치콘크리트	상치폭 : 90m(왕복교행), 35Mpa 차량이탈 방지턱, 안전난간
상치구조	무상치	피복석(해측)	북측 0.2~0.5m³급(소요중량의 최대 25배 적용), 우각부 : 1.0m³급
피복재	일반구간 : 0.5m³급+0.1m³급(2층) / 우각접속부 : 0.7~1.0m³급+0.1m³급(2층)	피복석(내측)	2구간 0.4m³급 피복
매트정지공	보호압사석+1:1.5경사	세굴방지공	DCM구간 : 부상토존치, 굴착구간 : Buried (0.015~0.03m³급)
필터매트	상부 : 필터(50kN)매트, 하부 : 복합(100kN)+필터(50kN)매트	준설토 5단	5단계 유출방지공 : 상치부(3단계), 제체부(2단계)
준설토유출방지	다중필터시스템+보호압사석	매트정지공	보호압사석 2단사면(소단 2.0m설치)
장래하중, 내진	재하성토 추가 토압상향(기초조사 대비 23%), 내진 I 등급	유출방지공	3중매트(복합+차수+보호매트, 100kN/m)

동부건설㈜ 컨소시엄		남광토건㈜ 컨소시엄	
○ 북측방파호안(서측) : 반원형 멀티블록 직립제		○ 북측방파호안(서측) : 다기능 광복 사석경사제	
구분	설계적용	구분	설계적용
단면형식	반원형 멀티블록 직립제	마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
마루,소단 폭	마루폭 : 상부 6.5m(2LANE), 하부 3.5m / 소단폭 : 4.6m	상치콘크리트	상치폭 : 9.0m(왕복교행), 35Mpa, 차량이탈 방지턱, 안전난간
피복재	일반구간0.5㎡급+0.1㎡급(2층) / 파랑집중부0.7~1.0㎡급+0.1㎡급(2층)	피복석(해측)	1.0m3급(전구간 소요중량의 2.5배 적용)
매트정지공	보호압사석+1:1.5경사	피복석(내측)	2구간 0.4m3급 피복
필터매트	복합(100kN)+필터(50kN)매트 2중매트	세굴방지공	DCM구간: 부상토존치, 굴착구간 : Buried (0.015~0.03㎡급)
준설토유출방지	다중필터시스템+보호압사석	준설토 5단 유출방지공	5단계 유출방지공 : 상치부(3단계), 제체부(2단계) 매트정지공 : 보호압사석 2단사면(소단 2.0m설치) 3중매트(복합+차수+보호매트, 100kN/m)
배면부보강	돌망태 5톤급	○ 내부가호안 : 고내구 돌망태블록 경사제	
장래하중,내진	재하성토 추가 토압상향(기초조사 대비 23%), 내진 I 등급	구분	설계적용
○ 내부가호안 : 상부확장형 사석경사제		마루높이/폭	DL(+) 9.0m / 상부 9.0m
구분	설계적용	설계파랑	H1/3=1.55m, T1/3=5.40s(10년 빈도)
마루,소단 폭	마루폭 : 6.5m(2LANE으로 양방향 통행), 배면소단폭 : 1.5m	상부형식	고내구 돌망태블록(φ100mm)
전면사면보강	돌망태 5톤급	피복석	2구간측 : 0.4㎡급(1단 피복)
필터매트	상하부 : 복합매트(100kN)	안전시설	쇄석포장, 차량이탈 방지턱, 시선유도봉, 변위제어 Wire Rope
준설토유출방지	배면필터 시스템	유출방지공	1구간측 : 모래주머니+PP ROPE+복합매트(100kN/m)
매트정지공	보호압사석	지반처리	BOX격자형 DCM, 개량률 최대 59.7%, 중첩폭 30cm
배면안정성	배면소단+1:1.5 경사		
여수토	임시여수토 1EA + 방제여수구 4EA		

□ 평가의견

- **(동부건설)** 공사용 차량 통행을 위한 차선확보(6.5m-2LANE, 3.5m-1LANE), 장래 개발시기를 고려한 단면계획(장래 부지계획고와 연계), 구간별 해역특성을 분석하여 특화(보강)사항 도출하는 등 적절하게 검토
 - 구간별 호안 최적 구조형식 선정을 위해 각 구간별 3개 대안을 검토하고 최종단면 선정 후 기초조사대비 단면 개선사항을 발굴하여 기본설계에 반영
 - * 설계내용 : (방파호안 북측) 장래 부지계획고를 고려한 소단계획, 무상치 (방파호안 서측) 가항수역 폭 확대(직립제)
- **(남광토건)** 해역특성 및 시공여건 등을 분석, 단면 선정 시 주요 고려사항을 도출하여 단면계획을 수립
 - 접안시설 최적 구조형식 선정을 위해 방파호안(북·서측 동일) 6개 대안, 내부가호안은 3개 대안을 검토하고, 피해사례 분석을 통한 개선사항을 도출하여 시공여건 개선사항을 기본설계에 반영
 - * 설계내용 : (방파호안) 마루폭 9m(왕복차로, 전구간, 상치con'c), 친수광장 2개소, 전망대 6개소 반영 (가호안) 마루폭 9m(왕복차로), 상부는 돌망태 블록 적용(장래 제거 감안)

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 양사 모두 입찰자 제한사항(마루높이 및 수토고), 장래 부지계획고와의 연계성, 옹도측 통항여건 등을 구체적으로 분석하여 각 구간별 단면을 선정하였으며, **동부건설이** 장래 부지계획고를 고려(남광토건은 가호안만 반영)하고 옹도측 가항수역을 최대한 확보하는 단면을 선정하여 **상대적으로 우수하며**, 다음으로 남광토건 順으로 평가

③-2. 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 단면의 시공성 <ul style="list-style-type: none"> - 시공성 : 사석동다짐 공법, DCM 해상 전용선, 해상 BP 전용선 - 유지관리 : 육·해상작업기지(복측), 해상작업기지(서측), 재해방지점멸식 안전난간 ○ 단면의 유지관리의 용이성 <ul style="list-style-type: none"> - 2,088m 사석경사제, 다중필터 시스템+보호압사석, 전구간 세굴방지공, 0.5m²급 피복석, 0.7m²급+TTP 5톤급 보강, 옹도측 반원형 멀티블록 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단면의 시공성 <ul style="list-style-type: none"> - 시공성 : Auto 버켓, 상치 해상 일괄타설, 고내구 돌망태 블록 - 품질 : 패각 연약지반 완전제거, 파이프쿨링, 해상 BP 타설 ○ 단면의 유지관리의 용이성 <ul style="list-style-type: none"> - 단면강화 : 9.0m 상치, 상치부유출방지공, 3중매트, 보호압사석설치 - 시설계획 : 다기능 적출장(L=100m), 전구간 안전시설, 스마트 유지관리

□ 평가의견

- (동부건설) DCM상부 불균질 부상토에 대해 사석 동다짐공법 적용, 해상 BP 전용선을 이용하여 상치con'c 타설로 품질향상 및 공기단축, 작업기지 2개소를 설치하는 등 시공성 확보
- 남해권 등 투기장 피해발생 유형(태풍내습, 파랑 집중부, 준설토 유출)을 분석·검토하고, 기 완공현장의 투기장 내측(배면)·전면(해측) 피해사례를 조사하여 단면을 선정하여 단면의 유지관리 용이성 확보
- (남광토건) 단계별 시공 개선방안(Auto 버켓을 이용 사석 정밀시공, 고내구 돌망태 블록), 패각섞인 연약지반 굴착치환, 파이프쿨링, 해상 BP전용선을 이용하여 대량생산을 통해 작업시간 단축, 콘크리트 품질확보 등 시공성 확보
- 호안단면 강화로 유지관리 최소화, 대규모 다기능 적출장을 장래 유지관리를 선박 접안부두로 활용하고 안전시설 배치 및 스마트 유지관리 시스템을 도입하여 단면의 유지관리 용이성 확보

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 양사 모두 입찰자 제한사항(마루높이 및 수토고), 장래 부지계획고와의 연계성, 옹도측 통항여건 등을 구체적으로 분석하여 각 구간별 단면을 선정하였으며, **동부건설이** 장래 부지계획고를 고려(남광토건은 가호안만 반영)하고 옹도측 가항수역을 최대한 확보하는 단면을 선정하여 **상대적으로 우수하며**, 다음으로 남광토건 順으로 평가

③-3. 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획 <ul style="list-style-type: none"> - 내측 돌망태 5톤급, 3LANE 차량동선, 체절 코어/가두부 0.5m²급 보강 ○ 시공 중 안전시설 <ul style="list-style-type: none"> - 선박충돌방지시스템(AIS), IoT등부표,점멸식 옹도방지막, 파랑예보시스템 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획 <ul style="list-style-type: none"> - 태풍기 고려한 3단계 축조 시공계획 - 호안내측 피복석 보강(0.4m²급) + 파랑예보시스템 구축 - 공사용 선박 통항로 구간 개방에 따른 가두부 사면보강(0.4m²급)

□ 평가의견

- **(동부건설)** 시공중 설계과고($H_{1/3}=3.3m$) 내습 시 제체 붕괴발생이 우려되어 서측 호안 배면 및 내부가호안 전면 보강(돌망태 5톤급), 통행차량 안전을 위한 내부가호안 코너 구간 확폭(60.4m), 체절부 가부두 보강(거석 0.5m³급)
 - 선박충돌방지시스템(AIS), 스마트 파랑예보 시스템 도입 등 스마트 안전시설 적용
- **(남광토건)** 진해신항 외곽시설 시공계획을 분석하여 태풍에 대응하기 위한 단계별 시공 수립(3단계 시공, 서측호안 내측 피복석 보강 0.4m³급), 시공중 가부두 보강(피복석 0.4m³급) 등을 적절하게 반영
 - 파랑예보시스템 구축(향후 7일간 파고예측을 통해 공정계획 및 피해예방 대책 수립에 활용)

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 양사 모두 시공중 안정성 확보를 위해 적절한 대책을 설계에 반영한 것으로 판단되며, 수리모형실험을 통해 단계별 시공계획 수립 및 적절한 보강방안을 설계에 반영한 **남광토건이 상대적으로 우수하며**, 다음으로 동부건설 順으로 평가

③-4. 상부시설 계획의 적정성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
○ 상부시설 계획 - 친수 : 6개 테마 친수경관시설(친수광장 5개소 및 서측쉼터 4개소) - 안전 : 대피소, 점멸식안전난간, CCTV, 태양광표시등, 선박충돌방지공 - 기능 : 육해상작업기지(복측) 및 해상작업기지(서측), 회차장(9개소)	○ 상부시설 계획 - 친수 : 친수광장 2개소, 전망대 6개소, ECO-Garden 1,200m - 안전 : 안전난간, 웅도통항로 구조물 표시등(27EA), 지능형 CCTV(10EA) - 기능 : 전구간 왕복차로, 다기능적출장(100m), 화장장(5개소), 투가구간(4개소)

□ 평가의견

- **(동부건설)** 북측호안 구간에 대한 친수 경관시설 적극 도입(친수광장 5개소 및 서측쉼터 4개소), 공사중 및 완공 시 안전성 강화를 위해 안전시설(선박충돌방지공, 점멸식 안전난간, 태양광 표시등) 반영 등 구체적으로 수립
- **(남광토건)** 장래 이용자를 위한 친수광장(2개소)과 전망대(6개소) 반영, 자연 친화적인 호안사면 조성을 위한 수중 ECO-Garden(L=1,200m), 구조물 표시등(27EA)을 설치하고, 공사중 안전을 위한 안전난간, 양방향 운항로(B=9.0m) 등 반영

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 호안 상부시설은 공사중일 때 안전한 시공을 위한 계획수립과, 완공 이후 시설물 보호, 유지관리 용이 및 친수시설 도입이 필요함에 따라 양사 모두 상부시설 이용자의 편의성과 안전성 확보를 위한 시설물을 다양하게 설계에 반영한 것으로 판단되며, 친수공간에 대한 마스터플랜을 수립하고 설계에 검토·반영한 **동부건설이 상대적으로 우위인 것으로** 판단되며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

4 구조물 세부설계의 적정성

4-1. 설계외력 및 구조물 세부설계

동부건설(주) 컨소시엄

설계조위

AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.55m+해수면상승고(100년) 0.356m = 3.812m

마루높이 산정 : DL(+).9.0m(입찰안내서 반영)

소단높이 DL(+) 6.5m, 내부가호안 DL(+).9.0m / 마루폭 : 27.2m(시공중), 6.5m(완공후)

설계외력 산정

시공시(축조완료, 파압시) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+파압

시공시(투기완료) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압

시공시(재하성토) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압

완공시 : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압

지진시 : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압+동수압+관성력

설계외력 안정성

구분

복측방파호안(서측)

활동

전도

지지력

직선

원호

시공시(파압시)

4.75>1.2

10.06>1.2

167.22<500

2.14>1.2

1.452>1.3

시공시(투기완료)

1.77>1.2

3.52>1.2

285.97<500

1.52>1.2

1.432>1.3

시공시(재하성토)

1.54>1.2

2.91>1.2

331.89<500

1.43>1.2

1.306>1.3

완공시

2.35>1.2

4.55>1.2

248.21<500

1.71>1.2

1.432>1.3

지진시

1.52>1.1

2.61>1.1

388.40<600

1.40>1.1

1.162>1.1

구분

원호활동

호안축조완료시

준설토투기완료시

재하성토시

지진시

복측방파호안(복측)

1.480>1.3

1.484>1.3

1.406>1.3

1.176>1.1

내부가호안

1.377>1.3

1.372>1.3

-

1.164>1.1

남광토건(주) 컨소시엄

설계조위

AHHW 1.906m+폭풍해일고 1.559m+해수면상승고(100년) 0.957m=4.500m

마루높이 산정 : DL(+).9.0m(입찰안내서 반영)

항외측 마루높이는 DL(+) 7.8m(조망 및 친수기능 고려)

설계외력 산정

호안축조(파압시) : 자중(상재有,無)+파압+양압력

투기완료(상시) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압

부지개량(시공시) : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압

지진시 : 자중(상재有,無)+토압(상재有,無)+잔류수압+동수압+관성력+관성력상재하중(有,無)

설계외력 안정성

구분

복측방파호안

활동

전도

지지력(kN/m)

직선

원호

호안축조(파압시)

7.51>1.20

13.04>1.20

106.64<500.0

1.89>1.20

1.390>1.20

투기완료

2.68>1.20

4.76>1.20

147.10<500.0

1.70>1.20

1.352>1.30

부지개량

1.43>1.10

2.06>1.10

192.56<500.0

1.29>1.10

1.210>1.10

지진시

1.86>1.10

3.22>1.10

157.29<600.0

1.46>1.00

1.104>1.10

구분

내부가호안

활동

전도

지지력(kN/m)

직선

원호

호안축조(파압시)

40.15>1.20

245.67>1.20

112.55<500.0

1.71>1.20

1.353>1.30

투기완료

3.55>1.10

12.32>1.10

134.06<500.0

1.50>1.10

1.269>1.10

부지개량

1.90>1.10

5.34>1.10

166.27<500.0

1.18>1.10

1.132>1.10

지진시

9.88>1.10

21.00>1.10

112.46<600.0

1.56>1.00

1.249>1.00

□ 평가의견

- (동부건설) 마루높이 산정은 해수면 상승고(0.356m/100년)를 고려하여 이론식과 인근 투기장 사례조사, 준설토 수토용량에 의한 방법으로 산정하여 방파호안 소단높이(DL.(+).6.5m)와 전 구간에 대한 마루높이(DL.(+).9.0m)를 적정하게 결정
 - 시공단계별(준설토 투기후-완공 시, 재하성토 시, 지진 시) 설계외력(준설토 추가토압, 추가하중, 내진 I 등급)을 적용하여 구간별 안정성 검토(전구간 안정성 확보)
- (남광토건) 마루높이 산정은 해수면 상승고(0.957m/100년)를 고려하여 이론식에 의해 결정(투기장 측 DL.(+).9.0m, 항외측 DL.(+).7.8m)하고 수치 및 수리모형실험(단면)을 통해 검증(월파 미 발생)
 - 시공단계별(호안축조, 투기완료, 부지개량, 지진시) 설계외력(상재하중, 수압·토압 등)을 적용하여 구간별 안정성 검토(전구간 안정성 확보)

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 양사 모두 설계외력과 작용하중을 고려하여 방파호안 및 가호안에 대한 단면 안정성 검토를 실시하여 활동, 전도, 지지력, 직선활동 등에 대한 안정성을 확인하였고, 마루높이는 양사가 상이(동부 DL.(+)6.5m, 남광 항외측 DL.(+)7.8m)한 결과치를 도출하였으나 안정성 검토 시 안전율을 보수적으로 선정한 **동부건설이 다소 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 남광토건 順으로 평가**

4-2. 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 피복재 <ul style="list-style-type: none"> - 북측 : 일반구간(0.5㎡+0.1㎡급), 사점부(0.7㎡+0.1㎡급), 우각부(1.0㎡+0.1㎡급) - 서측 : 일반구간(0.5㎡+0.1㎡급), 우각부(0.7㎡+0.1㎡급+TTP 5톤급) - 내부가호안 및 서측호안(내측) : 돌망태 5톤급 / 북측호안(내측) 0.03㎡급 ○ 세굴방지공 및 배면보호공 <ul style="list-style-type: none"> - DCM구간, 준설치환구간 : Berm Type 0.5㎡급, Berm 길이 3m - 배면보호공 : 1:1.5 경사, 소단(1.5m), 보호압사석 ○ 준설토 유출방지 및 구조물 내구성 <ul style="list-style-type: none"> - 다중필터시스템+보호압사석(필터사석 + 필터매트 50kN/m + 복합매트 100kN/m+보호압사석+돌망태 5톤급) / 조인트실러 및 필러, PVC지수판 ○ 체절구간 <ul style="list-style-type: none"> - '26년 개장 체절: 내부가호안 80m / 최종 체절: 북측호안(오목부) 200m - 코어보강(0.5㎡급)+바닥보호공(5.2m확장), 가두부 거석 0.5㎡급 보강 ○ 안전시설 및 방제시설 <ul style="list-style-type: none"> - 안전 : 등대 IoT공사등부표, AIS시스템, 선박충돌보호공, 인명구조함 등 - 방제 : 3단계 해충 방제 시스템(방제여수구, 해충퇴치기, 방제드론) ○ 육·해상작업기지(북측)/해상작업기지(서측) <ul style="list-style-type: none"> - 북측: 150m×43.6m, DCM벌크선 접안, 블록제작장, 장래 경관시설 - 서측: 100m×30.0m, 해상석재반입, 장래 준설토투기 적출장 및 제작장 ○ 선박 충돌위험도 분석 및 충돌보호공 <ul style="list-style-type: none"> - 200ft급 레저선박 교행운항 가항수역폭 128.8m(여유 6.8m) - 선박충돌보호공 : Pneumatic Fender(10개), 태양광 표시등(12개) 설치 ○ 접속부 <ul style="list-style-type: none"> - 수도접속부 0.7㎡급 보강 및 준설토유출방지(다중필터시스템+고무방사판) - 2공구 접속부 DCM블록식 2열 추가, 서측우각부 0.7㎡급+TTP 5톤급 보강 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 피복재 <ul style="list-style-type: none"> - 북측방파호안(항외측) : 북측 0.5㎡급(우각부 1.0㎡급), 북서측 1.0㎡급 - 북측방파호안(항내측) 북서측 : 0.4㎡급 - 내부가호안(678m) : 0.4㎡급 ○ 세굴방지공 <ul style="list-style-type: none"> - DCM구간 : 세굴미발생(부상토 존치) / 굴착치환구간 : Buried Type 0.015~0.03㎡급 - 국부세굴실험: 유속 0.45m/s시 최대세굴심도 0.49m(소요폭 0.98m<2~3m보강) ○ 준설토 유출방지공 <ul style="list-style-type: none"> - 5단계 구성 : 1단계(상치부 준설토 유출방지공), 2단계(블록과 상치부 차수판 설치), 3단계(3중 매트 블록 매립), 4단계(3중 매트 설치), 5단계(보호압사석) ○ 최종체절 <ul style="list-style-type: none"> - 가두부 사면 피복석 0.4㎡급 보강, 점고식 규격석 포설 - 적출장으로 육상석재 공급, 소조기 체절 시행, 수리실험 안정성 확인 ○ 여수토 <ul style="list-style-type: none"> - 2개소 : 외측 3중오타방지막(1구간), 내·외측 각 3중오타방지막(2구간) - 투기장 3구역 운영기간('27년~'30년)동안 1, 2구간 여수토 운영 ○ 대규모 다기능 적출장 및 기타 시설계획 <ul style="list-style-type: none"> - 공사시 재료반입, 투기시 적출장, 부지조성시 재료반입, 운영시 관리부두 활용 - 적출장(100m), 회차장(5개소), 투기구간(4개소), 왕복2차로 등 ○ 옹도와 서측호안 사이 선박 통항로 <ul style="list-style-type: none"> - 시공중 : 직립수하식 앵커설치, 스마트등부표(8개), 오타방지막 점멸등 - 완공후 : 옹도측 등부표 존치, 구조물표시등 27개소 및 임시등대 설치 ○ 접속부 <ul style="list-style-type: none"> - 수도접속부 및 내부가호안 3중매트 설치 - 계단식 DCM 적용, 2공구접속부 4단계 보강

□ 평가의견

- **(동부건설) (피복재 규격)** 각 구간, 구역별로 결정하고 단면 및 평면수리모형 실험을 통해 검증, **(세굴방지)** 서측항로측 2차원 침·퇴적 해석, 3차원 FLOW-3D 해석을 통해 검증, **(체절구간)** 체절구간 대조기 유속을 검토하여 체절순서 결정 및 보강방안 수립, **(선박충돌)** 해상교통 혼잡도 분석, 선박사고 사례, 선박충돌 위험도 분석 등을 통해 방파호안 서측 항로폭과 보호공 반영, **(준설토 유출 대응)** 상치con'c 시공이음부 및 호안배면부에 준설토 유출방지 시설 설계에 반영

- (남광토건) (피복재 규격) 각 구간, 구역별로 결정하고 단면수리모형실험을 통해 검증, (세굴방지) 이론식과 국부세굴실험(수치모형실험) 결과를 반영하여 세굴심도 결정 및 세굴방지공 계획, (준설토 유출 대응) 상치con'c 시공이음부 및 호안배면부에 준설토 유출방지 시설 계획, (여수토 추가설치) 컨부두 1-2단계 완공이후 북측 여수토 2개소 추가설치 반영, (체절구간) 투기장 선공급 및 호안내측 작업여건을 고려하여 체절순서 결정 및 보강방안 수립, (접속부 처리) 4개 구간에 대한 접속부 처리계획 수립, (선박충돌) 해상교통류 시뮬레이션을 통해 종합위험도 분석하여 설계에 적정하게 반영

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 양사 모두 피복재 및 세굴방지공 등 기타설계를 적정하게 검토하였으며, 여수토 추가설치, 접속부 처리계획 등을 구체적이고 세부적으로 수립한 남광토건이 우수하고 다음으로 동부건설 順으로 평가

5 수치 및 수리모형실험의 적정성

5-1. 수치 및 수리모형실험의 적정성

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<p>○ 수치모형실험 : 4개분야 24개 항목 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> - 파랑분야 : 8개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 바람장설계파 : 바람장(태풍 23개, 비태풍 20개)을 이용한 설계파 산정 · 심해설계파(4개) : 심해파/호안심해파, 풍파, 파향선, 해상풍 검토 <ul style="list-style-type: none"> .. 북측방파호안(북측) : 바람장(비태풍) H1/3=1.4m, T1/3=4.8s, WNW파향 .. 북측방파호안(서측) : 100년빈도 심해파 H1/3=2.1m, T1/3=17.5s, S파향 .. 내부가호안 : 10년빈도 심해파 H1/3=3.3m, T1/3=14.4s, S파향 · 정온도 : 서측호안 정온 영향 검토, 기본설계 정온도 1.6% 저감 · 경사입사파(연파) : 북측호안 연파 발생 검토, 기본설계 약 7% 저감 · 장기파랑산출 : 최근 10년간 해상풍 자료 이용, 장기파랑 추산 및 분석 - 유동분야 : 8개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 해수유동 : 현재상태/투기장 조성 후 최강유속 각각 68cm/s, 85cm/s · 체절 : 외곽호안/가호안 최종체절의 유속 각각 7.5cm/s, 17.7cm/s · 내부가호안 배치 : Dead Zone 최소 발생 평면배치 검토 및 선정 · 침퇴적변화 : 사업전·후 연간 침·퇴적 변화량 -10~-5cm/yr 침식 경향 · 해수교환 : (광역 6개 해역) 진해신항 항내수역, 북측해역, 마산항, 진해항, 웅동만, 진해만에 대한 사업전·후 해수교환율 변화 예측 / (상세역 2개) 투기장 조성 후 북측해역의 명동마리나 및 명동마리나 방파제 제거 안에 대한 해수교환율 변화 예측 · 부유사확산 : 본 사업 및 주변사업 고려한 부유사 최대 확산범위 예측 · 여수토확산 : 준설토 투기시 여수토 최대확산범위 산정, 저감방안 검토 · 수질변화예측 : 투기장 조성전·후 수질인자(COD, T-N, T-P) 변화 분석 - 방재분야 : 2개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 폭풍해일(과거태풍 23개) : 태풍 매미 내습시 최대해일고 155cm 산정 · 지진해일(가상지진 11개) : 가상지진 발생시 최대해일고 101cm 산정 - 특화분야 : 6개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 수치파동수로(4개) : 북측(6개 단면)·서측호안(6개 단면) 반사율, 월파 수리특성 검토 · 3차원(평면) 국부유동 : 서측호안 기초조사 대비 유속 약 14% 저감 · 3차원(평면) 국부세굴 : 파랑 및 조류에 의한 외곽호안 전면 세굴 검토 	<p>○ 수치모형실험 : 4개분야 24개 항목 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> - 외력조건 분야 : 7개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 바람장파(태풍 및 비태풍 8개 이벤트) : 기존바람 발생에 의한 설계파 산출 · 심해설계파(2개) : 심해파/호안심해파, 풍파(10년, 50년 100년 빈도) 검토 · 호안내파(10년 빈도) : 호안폐합 후 및 투기전 호안내 발생파랑 · 장기파랑(10년간 통계) : 연간/월별 내습파랑의 파향 및 파고 분석 · 폭풍해일(5개 태풍이벤트) : 매미시 현재상태에서 폭풍해일고 1.558m · 지진해일(2개 가상지진) : 진도9 지진시 현재상태에서 지진해일고 0.426m - 환경변화 예측 분야 : 5개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 해수유동(유동변화, 고·저위 변동) : 홍수시 유속(최대 96cm/s) · 정온도(설계파, 평상파) : 축조후 S계열 파랑에 대한 정온도 대폭 향상 · 해수교환 : 축조 전·후, 명동마리나 방파제 제거 시 전·후 · 침퇴적(퇴적물이동) : 축조 전·후 연간침퇴적량 변화(축조후 1~3cm/yr 감소) · 국부세굴3D : 웅도/서측호안 지형 변화 및 유속증가로 인한 세굴 발생 - 특수해석 분야 : 6개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 광역체절(Delft3D) : 체절구간 예비위치별 발생유속 산출 · 상세체절(Flow3D) : 체절부 3차원 상세유속 및 유형, 체절부 세굴 검토 · 항주파 : 웅도 항로 통항선박 수역 통과시 항주파 0.3~0.5m 산출 · 유류유출 : 작업선 사고로 유류유출시 시간대별 확산범위 예측 · 부유사 : 시공중 부유사 발생공중시 부유사 확산범위 예측 · 여수배출 : 장래 준설토 투기 준설 여수 배출시 부유사 확산범위 예측 - 수리특성 분석 및 안정성 검증 분야 : 6개 항목 <ul style="list-style-type: none"> · 수치파동수조(2D) : 조위에 따른 파랑 내습시 구조물과의 상호작용 <ul style="list-style-type: none"> .. 월파, 파압(3개 조위조건 설계파 내습시) : 4개 단면 월파랑, 파압 비교 .. 반사율(4개 조위조건 설계/평상파 내습시) : 4개 단면 반사율 비교 .. 유속(3개 조위조건 설계파 내습시) : 안정검토용 선단부 2개소 산출 · 수치파동수조(3D) : 2D에서 재현불가능한 경사입사파시 내습시 영향검토 <ul style="list-style-type: none"> .. 3D 월파 : 경사입사파 내습시 상치 전면 파랑변형에 따른 월파 확인 .. 3D 파압 : 경사입사로 인한 파압감소효과 확인

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 수리모형실험 : 단면(16개, 축척1/25), 평면(10개 항목, 축척1/60) 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 단면수리 : 외곽호안(8개), 호안배면/시공중(5개), 제작장/장래개발(3개) - 복측방파호안(복측, 서측) : 기초조사, 비교1안, 비교2안, 기본설계 - 복측/서측호안 모두 월파량 0(Zero), 피복재 0.5m²급 상향, 안정성 확인 - 호안배면/시공중 안정성 확인, 육해상작업기지(제작장) 반사율 검토 - 복측 및 서측호안 장래 부지이용시 월파량 0(Zero) - 평면수리 : 복측호안(6개, 기초조사/기본설계), 서측호안(4개, 기본설계) - 경사입사파(연파) 계측 : 경사입사파 계측, 수리특성(월파), 제체 안정성 - 우각부 및 접속부 : 수리특성(월파), 제체안정성, 피복석 1.0m²급 보강 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수리모형실험 : 단면(14개, 1/40) 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 단면수리 : 시공중 안정(9단면), 수리특성(2단면), 최종안정(3단면) - 기초조사(4개 조위 적용) 월파량 0.001m²/s/m, 반사율 0.462(평균), 서측호안 피복재 0.3m²급 피해 발생(사석 노출), 파압 46.29kN - 기본설계(4개 조위 적용) 월파량 Zero, 반사율 0.434(평균), 서측호안 피복재 1.0m²급, 복측호안 피복석 0.5m²급 안정확인, 파압 45.41kN

□ 평가의견

- (동부건설) 수치모형실험은 설계파, 해수유동(3차원), 3차원 국부세굴 등 4개분야 24개 항목을 수행하였으며, 수치모형실험(단면·평면)*을 통해 안전성을 검증

* 단면(16개, 축척1/25), 평면(10개 항목, 축척1/60) 수행

- (남광토건) 수치모형실험은 설계파, 해수유동, 국부세굴 등 4개분야 24개 항목을 수행하였으며, 수치모형실험(단면만 실시)*을 통해 단면 안정 확인

* 단면(14개, 1/40) 수행

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 수치모형실험은 양사 모두 실험항목 및 입력자료의 다양성과 충실성을 고려하여 해역특성 반영, 설계 기초자료로 활용하고, 단면 또는 평면수리모형실험을 통해 시설물별 수리특성과 안정성을 적절하게 검증한 것으로 판단되며, 3차원 국부유속·국부세굴·해수유동을 실시하고 평면수리모형실험을 추가로 실시하여 시설물 보강 방안을 수립하는 등 신뢰성을 제고한 **동부건설이 우수하고**, 다음으로 남광토건 順으로 평가

5-2. 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 수치모형 실험검증 <ul style="list-style-type: none"> - 설계파(바람장), 해수유동(조위), 폭풍 및 지진해일고, 부유사 농도 변화, 실험파(스펙트럼) 등 수치모형실험 계산치와 관측치를 비교·검증 ○ 실험결과 분석 및 설계적용 <ul style="list-style-type: none"> - 복측호안 기초조사 대비 경사입사파(연파) 최대 14% 저감 - 서측호안 기본설계 단면의 3차원(평면) 국부 유속 및 세굴 경향 검토 - 서측호안 반원형 멀티블록 단면형상 및 복측호안 평면배치 설계 반영 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수치모형 실험검증 <ul style="list-style-type: none"> - 파랑실험 관측값 검증, 유동실험 조위/조류 검증, 침퇴적 측량성과 검증 - 폭풍해일 관측값 시계열 검증, 지진해일 역사지진 관측 시계열 검증 ○ 실험결과 분석 및 설계적용 <ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승 설계파 증대 및 지형변화·통수단면 축소 유속증가 등 외력반영 - 지형변화로 유동변화, 정온 향상, 해수교환 감소 등 환경변화 설계대응 - 체절 유속 및 항주파, 유류·부유사·여수토 확산 등 특수상황 안정 검토

□ 평가의견

- (동부건설) 수치·수리모형실험을 통해 관측치와 계산치 결과를 상호 검증하고, 3차원 평면 유동특화해석(파랑+조류)을 통해 단면형상과 평면배치 설계 적정 반영

- (남광토건) 수치실험결과 18개 항목에 대한 실험결과를 도출하여 결과를 분석, 설계에 반영하였으며, 수리모형실험(단면)을 통해 단면 안정성 확인

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 양사 모두 수치 및 수리모형실험 결과를 분석하여 필요 시 단면을 보강하여 안정성을 확보하는 등 설계에 적절하게 반영한 것으로 판단되며, 수치·수리모형실험을 통해 관측치와 계산치를 상호 검증하여 신뢰성을 높인 동부건설이 상대적으로 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

[6] 부대시설의 적정성

[6]-1. 구조물 표지시설 등의 적정성

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사 중 구조물 표지시설 <ul style="list-style-type: none"> - IoT 공사용 등부표 6개소, 점멸식 오탁방지막 및 앵커부이 1식, 해상부표 12개소, 선박충돌방지시스템(AIS) 1식, 단계별 표지시설 배치 ○ 완공 후 구조물 표지시설 <ul style="list-style-type: none"> - 조망등대 2개, 구조물 표시등 12개, 점멸식 바닥등, AIS 시스템, IoT 등부표 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사 중 구조물 표지시설 <ul style="list-style-type: none"> - 오탁방지막 야간점멸등 및 앵커부이, 스마트 등부표(GPS내장) 8개소 설치 - 해상교통류 분석을 통한 오탁방지막 및 구조물 표지시설 배치 ○ 완공 후 구조물 표지시설 <ul style="list-style-type: none"> - 임시등대 1개소, 구조물 표시등 27개소, GPS 기반 스마트 등부표 7개소

□ 평가의견

- (동부건설) 공사 전·후 통항선박의 안전 확보를 위해 등대(2개소), 구조물 표시등 선박충돌방지시스템(AIS), IoT 공사용 등부표 등 설계 반영
- (남광토건) 공사구간과 선박 통항로 완전분리하기 위해 임시등대(1개소), 구조물 표시등(27개소), GPS기반 스마트 등부표(7개소)를 구체적으로 설계에 반영

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 구조물 표지시설의 경우 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 공사중과 완공후의 표지시설 적정성을 구체적으로 계획에 반영한 남광토건이 상대적으로 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 동부건설 順으로 평가

[6]-2. 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사용 작업장 및 적출장 : 공사중 제작장 → 장래 적출장 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 육·해상작업기지(복측) : 공사용 진입로 연계, 작업선박 4천톤급 접안 등 - 해상작업기지(서측) : 작업선박 1만톤급 접안, 이글루블록 적용 (용도측 반사파) ○ 기타시설계획 <ul style="list-style-type: none"> - 점멸식 안전난간, 태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 스마트 파랑 예측시스템 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사용 작업장 및 적출장 <ul style="list-style-type: none"> - 적출장 : 육망산(석재원 적출), 남칸(블록적출), 다기능적출장 신규조성 등 - 공사용 작업장 및 제작장 : 남 '칸'부지 ○ 기타시설계획 <ul style="list-style-type: none"> - 투기구간 4개소, 전구간 2차로, 진해신항 홍보관(영상존 계획)

□ 평가의견

- (동부건설) 공사용 작업장·적출장(육상 및 해상작업기지)을 2개소* 조성하고, 장래 준설토 투기 적출장 및 제작장 등으로 활용 가능한 시설계획을 적정하게 수립

* 육·해상작업기지(북측) : B43.6m×L150.0m, 해상작업기지(서측) : B30.0m×L100.0m

- 기타 점멸식 안전난간, 태양광 해충퇴치기, 내부가호안 임시여수로 등 부대시설 반영

- (남광토건) 인근 적출장 활용계획을 검토하여 3개소를 확보하고, 대규모 다기능 적출장*을 신규조성한 후 장래 관리부두로 활용계획 수립

* 대규모 다기능 적출장(북측) : B35m×L100m, 3,000P 대선 4척 동시접안 가능 규모

- 기타 투기구간 4개소, 전구간 2차로 통행(B=9.0m), 진해신항 홍보관(스크린월 조성) 등 부대시설 반영

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 기타시설계획은 양사 모두 큰 차이가 없어 적정한 계획을 수립한 것으로 판단되나, 적출장을 2개소 조성하고 서측 해상작업기지 선석 수심을 DL(-)4.8m까지 확보하여 부두 활용도를 높인 동부건설이 상대적으로 우수하며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

7 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

7-1. 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 적용계획의 적정성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용계획 : 5개분야 총 31건 도입 <ul style="list-style-type: none"> - BIM(7개) : BIM(설계, 시공, 유지관리), CDE, 360VR, XR, AR - 스마트 유지관리(3개) : 선박충돌경보시스템(AIS 연계), 인명구조용 로켓발사기 등 - 스마트 시공(9개) : 머신가이던스, AIS 기반 해상 현장관리 등 - 스마트 안전(9개) : 스마트 안전모·잠수밴드·안전관리 등 - 스마트 환경(3개) : LBS 융합 환경센서 모니터링, 스마트 IoT 공사용 등부표 등 ○ BIM 적용 계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 계획단계 : 건설 전 과정 BIM 수행계획 수립 - 설계단계 : BIM기반 설계 자동화, BIM 라이브러리 구축, VR 구축 등 - 시공단계 : BIM을 활용한 사전 시뮬레이션, 공정관리, 공정검토 등 - 유지관리 : XR을 활용한 시설물관리·점검, 공통정보관리환경(CDE) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용계획 : 5개분야 총 40건 도입 <ul style="list-style-type: none"> - BIM(7개) : BIM설계, 시공BIM, 4D 솔루션, GIS 기반 시뮬레이션 등 - 스마트 유지관리(3개) : BIM데이터 유지관리 활용, 검측 영상분석 시스템 등 - 스마트 시공(10개) : 드론 모니터링, 머신가이던스, DCM 자동화 시공 등 - 스마트 안전(10개) : VR 안전교육, 파랑예보시스템, 스마트 다이빙밴드 등 - 스마트 환경(10개) : 부유사 모니터링 시스템, 워터드론, 해충방역 시스템 등 ○ BIM 적용 계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 계획단계 : 모델링 기반 원안분석, 원안 물량 분석 - 설계단계 : DCM 자동화 설계, 디지털 설계 DB 구축, 설계 접속부 검토 - 시공단계 : 4D 공정관리, 시공 안전성 검토, 시공성 검토 - 유지관리 : 3D 지형 모델링, 구조물 모델링

□ 평가의견

- (동부건설) BIM 7개, 스마트 안전 9개 등 스마트 건설기술 5개 분야 총 31건을 도입하여 활용계획을 수립

- 투기장 호안공사 특성을 고려한 건설주기별(계획, 설계, 시공, 유지관리) BIM 구축

- (남광토건) BIM 7개, 스마트 안전 10개 등 스마트 건설기술 5개 분야 총 40건을 도입하여 활용계획을 적정하게 수립
- 투기장 호안공사 특성을 고려한 건설주기별(계획, 설계, 시공, 유지관리) BIM 구축

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 적용계획의 적정성은 양사 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 스마트 건설기술을 상대적으로 많이 도입한 남광토건이 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 동부건설 順으로 평가

7-2. 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 설계방식 고수, 법적규제, 기술별 문제점 분석·검토 ○ 스마트 건설기술 활용에 따른 대응방안 <ul style="list-style-type: none"> - 온오프라인 교육, 전면 BIM 적용, 규제 샌드박스, 실시간 무손실 데이터 저장 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트장비 통신 및 전원장애, 장비오작동, 웨어러블오작동, IoT모듈오류 ○ 스마트 건설기술 활용에 따른 대응방안 <ul style="list-style-type: none"> - 전담조직 운영, 기기 상시점검, 정기 교육, 데이터 백업 등

□ 평가의견

- (동부건설) 본 공사시 예상되는 다양한 장애요인(①기존 설계방식 고수, ②법적규제, ③기술별 문제점)을 분석하고 대응방안(①온·오프라인 교육, ②규제 샌드박스 활용계획, ③실시간 무손실 데이터 저장 및 예비기기 보유) 마련
- (남광토건) 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인(스마트 장비 통신 및 전원장애, 장비 오작동 및 오류발생, 스마트 웨어러블 센서 오작동, IoT 모듈 오류)을 분석하고 대응방안(스마트 기술 전담조직 운영, 기기 상시점검, 작업원 정기교육, 데이터 백업 및 전원장치 개선, 예비장비 및 부속장비 확보, IoT 모듈 원격진단 및 정기 점검) 구체적으로 제시

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안 검토의 경우 2개사 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 장애요인을 구체적이고 세부적으로 검토한 남광토건이 상대적으로 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 동부건설 順으로 평가

7-3. 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용 정도 <ul style="list-style-type: none"> - 변수기반 자동화 설계, 수량 산출 자동화, 공정계획과 연계한 사전 시뮬레이션 검토, 공통정보관리환경(CDE) 구축, BIM 연계 VR 안전교육 ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 설계오류 검토, 신속한 의사결정, 공정계획 검증 단계를 통한 안전사고 예방 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용 정도 <ul style="list-style-type: none"> - 자동화 설계수행, 디지털 가상시공 수행, 공정계획 확인 등 - 지형 및 구조물 모델 구축, 수량검증, 설계정합성검토, 단계별 시공 시뮬레이션 등 ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 시공성 및 시공안전성 등 사전검토, 공정/비용 최적화

□ 평가의견

- **(동부건설)** 설계단계에 스마트 건설기술인 설계자동화, 디지털 가상시공, 통합 정보관리, 데이터 시각화를 통해 설계오류 및 재시공방지, 안전사고가 예방되는 스마트 기술 도입
- **(남광토건)** 설계단계에 스마트 건설기술인 설계 자동화 및 정합성 검토, 디지털 가상시공, 4D 시뮬레이션을 수행하여 3D 설계검토, BIM 수량연동 및 상세 설계 검토 등 디지털 가상현장에서 시공성 및 시공안전성 사전 **최적화 검토**

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 스마트 건설기술 활용정도 및 기대효과 검토의 경우 2개사 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 활용정도와 기대효과를 구체적이고 세부적으로 검토한 **남광토건이 상대적으로 우수하고, 다음으로 동부건설 順으로 평가**

7-4. 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

동부건설(주) 컨소시엄	남광토건(주) 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> - 디지털맵 기반 구조물 법선 검토, 지층 BIM 모델분석 최적 DCM 규모 산정 - 호안 단면의 수량산출 결과 검증, BIM 기반 굴착차한 및 DCM 경계부 검토 - 디지털 모델을 활용한 체절계획, 공정 시뮬레이션DB 활용 욕망산 석재 활용 검토 - 육상 건설장비 회전반경 및 여유폭, 시공중 해상장비 및 항로주변 간섭 ○ 설계적용의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 지층 BIM 모델 분석 및 기초지반처리 구간 설정, 시공 시뮬레이션을 통한 DCM·제체사석·피복석·상부구조물 타설 시공, 건설장비 간섭여부 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> - 주기별 통합관제플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립 - 시공관리 : GNSS 기반 DCM시공관리, 머신가이던스, 스마트 송장 관리 등 10건 - 안전관리 : 지능형 CCTV, 원격 육상 및 해상 모니터링, 스마트 웨어러블 등 10건 - 환경관리 : 스마트 웨더스테이션, 스마트 여수토 관리시스템 등 10건 ○ 설계적용의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 3D 지층 BIM 모델을 활용한 기초처리 구간설정 및 단계별 시공 검토 수행 - 표준 및 시설물 데이터 아관으로 유지관리 단계까지 데이터 연속성 확보

□ 평가의견

- **(동부건설)** 디지털 모델을 통해 시설물별(호안, 체절 및 석재원, 사전 시공성) 공종 추진계획 검토
 - 구조물 법선검토, DCM 규모 산정, 수량 적정성 검토, 접속부 검토, 체절구간 단계별 검토, 육상장비 동선검토, 해상장비 간섭검토 등
- **(남광토건)** 건설주기별(계획, 설계, 시공-시공관리·안전관리·환경관리, 유지단계) 통합 관제플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립
 - 시공관리 10건, 안전관리 10건, 환경관리 10건 등 활용계획을 검토하고, 이에 따라 지반 처리구간 설정, 단계별 시공검토, BIM 데이터 구축 및 이관 등 데이터 연속성 확보 등 세부적으로 검토 반영

□ 평가결과 : ① 남광토건, ② 동부건설 順

⇒ 스마트 건설기술 활용계획을 30건 도출하고 설계적용 적정성을 구체적이고 세부적으로 검토한 남광토건이 상대적으로 우수하고, 다음으로 동부건설 順으로 평가

⑧ 유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성

⑧-1. 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 3LANE(유지관리로+방재도로), 육해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측) - 대파소, 인명구조함(31EA), 구명환(9EA), 구명사다리(9EA), 점멸식 안전난간, IoT기반 자동화 계측시스템 도입(전구간) 등 ○ 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 다중 필터시스템+보호압사석, TTP 5톤 보강, 착저식 세굴방지공, 체절구간 DCM 최대 106.9m 확장, 반원형 멀티블록, 사석동다짐공법 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 9m 왕복차로(전구간), 추락방지 시설(전구간), 지능형 CCTV, 35m 다기능 적출장(100m×35m), 자동화 계측관리(전구간), 상치일체형 여수토 2개소 등 ○ 유지관리비용 절감을 고려한 시설물 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 9.0m 광폭 상치, 상치 및 제체 유출방지공, 파복석 0.5~1.0m³급 등 - 두께 5m이하 패각연약지반 굴착치환 보강, 세굴방지공, 방제 여수로 설치 등

□ 평가의견

- (동부건설) 투기장 완공 후 유지관리 편의를 위해 작업기지 2개소 조성, 전구간에 IoT기반 자동화 계측시스템 도입, 유지관리 비용 절감을 위해 다중 필터시스템+보호압사석, 파랑 집중부 보강 등을 계획하고 단계별(설계·시공·운영단계) 유지관리 향상방안 등을 구체적으로 계획
- (남광토건) 투기장 완공 후 유지관리 편의를 위해 적출장 1개소, 자동화 계측관리(전구간), 유지관리 인원이 여수토 접근을 용이하기 위해 상치 일체형 여수토 2개소를 설치하고, 투기장호안 주요피해 원인을 분석하여 비용절감을 고려한 단면 계획

□ 평가결과 : ① 동부건설, ② 남광토건 順

⇒ 유지관리 편의 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획의 경우 양사 모두 적정하게 검토하였으나, 전국 주요 투기장의 피해사례를 조사하여 단면 강화, 호안 전구간 IoT기반 자동화 계측시스템을 도입 등 유지관리 용이성을 확보한 동부건설이 상대적으로 우수하고, 다음으로 남광토건 順으로 평가

⑧-2. 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 신기술, 신공법 도입효과 <ul style="list-style-type: none"> - 안전 9건, 유지관리 8건, 환경성 11건, 기타 53건 등 총 81건 - 안전 : 66.4m 광폭 사석경사제, 반원형 멀티블록 직립제, IoT 등부표 등 - 유지관리 : 준설토 투기시물레이션, 태양광 해충퇴치기, 다중 필터시스템 등 - 환경 : 바다숲, 어초블록, 일체형 등명기, FLOW-3D, Dead Zone 수치 등 - 기타 : GFRP(유리섬유) 보강근, Ø1,600mm DCM, 미세먼지·소음 관리 시스템 등 ○ 신기술, 신공법 도입효과 <ul style="list-style-type: none"> - VE/LCC 분석결과 : LCC 9.1% 절감, 가치 48.7% 향상 - 구조 설계자동화, 기초 시공장비 안정성 검증, 시공 전주기 BIM 데이터 구축 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신기술, 신공법 도입 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 안정 12건, 시공성 등 35건, 통항안전 등 21건, 기타 30건 등 총 98건 - 안정 : 9.0m 광폭 상치, 파이프쿨링, 상치부 3단계 유출 방지공 등 - 시공성 : 머신가이던스 자동화 시공, Ø1,600mm DCM 등 - 유지관리 : 실시간 파랑예보시스템, 자동화계측관리 등 - 환경 : IoT해상관제, 9단계 부유사 확산관리 등 ○ 신기술, 신공법 도입효과 <ul style="list-style-type: none"> - 안정·내구성 : 12건 / 시공 등 : 35건 / 통항안전 등 : 21건 - 파이프쿨링, 상치유출방지공, 대구경 DCM, 머신가이던스 등 도입

□ 평가의견

- **(동부건설)** 신기술, 신공법을 안전 9건, 유지관리 8건, 환경성 11건, 기타 53건 등 총 81건을 도입하였으며, VE/LCC분석 결과 LCC 9.1% 절감, 가치 48.7% 향상
- **(남광토건)** 신기술, 신공법을 안정성 등 12건, 시공성 등 35건, 통항안전 등 21건, 기타 30건 등 총 98건 도입 적정성을 검토하여, 안정·내구성 개선 12건, 시공·품질·안전·유지관리 개선 35건, 통항안전·환경성 개선 등 21건 등 총 8개분야 68건의 신기술, 신공법 도입

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 양사 모두 안전, 내구, 유지관리 등 각 분야별 신기술·신공법 도입을 검토하고 도입효과를 분석하여 구조물 기능 및 내구성 향상, 품질 및 안전성을 적정하게 수립한 것으로 판단되며, 신기술·신기술 도입건수 및 효과분석을 구체적으로 검토한 **동부건설이 상대적으로 우수하고**, 다음으로 남광토건 順으로 평가

⑧-3. 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 준설토 투기장 해충방역 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 투기중 : 3단계 해충 방제시스템(임시여수토+방제여수구)+태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 방제드론] - 투기후 : 장래 복토공사를 위한 작업기지(2개소)+공사용 진입로 제공 ○ 장래 투기장 관리방안 <ul style="list-style-type: none"> - 보안시설(보안문, 이동형 CCTV 등) 설치 - '26년 개장 후 단계별 수토 시 드론측량 및 계측장비로 호안 계측 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 준설토 투기장 해충방역 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 해충퇴치 모니터링(10개소), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치(1구간 연 8회 살포분), 해충퇴치기(50EA), 스마트 트랩(10EA) - 해충피해 사례 및 현재 운영 중인 방제기준 분석 ○ 장래 투기장 관리방안 <ul style="list-style-type: none"> - 여수토 추가설치(2개소), 투기구간(4개소), 회차장(5개소), 전구간 2차로(9m), 다기능 적출장(100×35m), 1구역 투기장 조기조성, 돌망태블록 경사제

□ 평가의견

- **(동부건설)** 해충방역은 투기중 3단계(임시여수토·방제여수구, 태양광 해충퇴치기, 방제드론(제공)) 해충방제시스템 도입, 투기장 관리방안으로 보완시설(보안문 및 CCTV) 설치 및 드론측량(투기장 관리)과 계측장비로 호안 안전성 확인
- **(남광토건)** 부산항 진해신항 주변 해충발생 피해사례 조사, 해충방제 관리기준(체계·지침) 제시, 여수토 4개소(남북 각각 2개소) 및 방제여수로 9개소(300m 간격) 설치계획 구체적으로 수립

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성 검토의 경우 양사 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 컨부두 1-2단계 매립공사 중 남측방향 여수토 사용에 제한이 있어 북측 방파호안에 여수토 2개소를 적정하게 수립한 **남광토건이 상대적으로 우위인** 것으로 판단되며, 다음으로 동부건설 順으로 평가

9 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물 계획의 적정성

9-1. 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ VE/LCC 분석기준 적용 <ul style="list-style-type: none"> - (VE) 설계 경제성 검토 지침, VE업무매뉴얼, 공공건설사업 VE적용 사례 - (LCC) 예타 세부지침, 교통시설 투자평가지침 ○ VE/LCC 분석절차 <ul style="list-style-type: none"> - 준비 : VE팀 구성, 대상선정(고비용 공종, 특허 및 신기술 공종 집중 선정) - 분석 : FAST, AHP분석, LCC분석, 50년 기간, 4.5% 할인율 적용 - 실행 : 대안별 가치평가, VE 제안서 작성 및 검토/승인 	<ul style="list-style-type: none"> ○ VE/LCC 분석기준 : 입찰안내서 및 VE 업무매뉴얼 기준 적용 ○ VE/LCC 분석절차 <ul style="list-style-type: none"> - 준비 : VE팀 구성, 품질모델(경관성, 효율성, 작업안정성 등 16개 항목) - 분석 : FAST, AHP분석, LCC분석, 가치분석, 50년 기간, 5.5% 할인율 - 실행 : 이행 회의를 통해 채택된 VE제안에 대하여 각 분야별 설계 반영

□ 평가의견

- (동부건설) VE/LCC 분석을 위해 중앙정부 및 연구기관의 지침과 매뉴얼·사례집을 적용하고 VE/LCC 분석절차는 단계별(준비·분석·실행) 적용방안 세부적으로 도출
- (남광토건) VE/LCC 분석을 위해 입찰안내서 및 VE업무매뉴얼을 적용하고 VE/LCC 분석절차는 단계별(준비·분석·실행) 적용방안 도출

□ 평가결과 : ①동부건설, ②남광토건 順

⇒ 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성은 양사 상대비교 시 변별력은 낮은 것으로 판단되나, 경제성(VE/LCC) 분석기준 및 분석절차, 적용방안을 세부적으로 검토한 동부건설이 상대적으로 우위인 것으로 판단되며, 다음으로 남광토건 順으로 평가

9-2. 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

동부건설㈜ 컨소시엄	남광토건㈜ 컨소시엄
<ul style="list-style-type: none"> ○ 창의적 아이디어 현황 : 총 39건(구체화 대상 35건/구체화 비대상 4건) <ul style="list-style-type: none"> - 항만·해안 : 북측방파호안, 내부가호안 단면형식, 투기장 평면배치 등 22건 - 토질기초 : 연약지반 기초처리(심도별), DCM 직경 및 중첩폭 개량형식 등 8건 - 토목구조 : 반원형 멀티블록 등 5건 / 토목시공 : 적출장 및 제자장 등 4건 ○ 경제성(VE/LCC) 분석결과(구체화 대상 35건 분석결과) <ul style="list-style-type: none"> - 4개분야 총 35건 성능 개선 41.8%, 비용 증가 2.2%, 가치 향상 42.7% 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 창의적 아이디어 현황 : 총 60건(항만 28+구조 6+지반 6+시공 14+환경 6건) <ul style="list-style-type: none"> - 안전성 : 세굴방지공, 준설토 유출방지공, 필터매트, 피복재 형식 등 - 내구성 : 콘크리트, 철근규격, 시멘트 배합비, 여수토 벽체두께 등 - 시공성 : 블록제작장 위치, 기초굴착 장비, 상치 레미콘 공급방식 등 ○ 경제성(VE/LCC) 분석결과 <ul style="list-style-type: none"> - 5개 분야 총 60건 성능향상 35.9%, 비용절감 27.1%, 가치향상 86.3%

□ 평가의견


- (동부건설) 창의적 아이디어를 4개분야(항만·해안, 토질기초, 토목구조, 토목시공) 구체화 대상 35건, 구체화 비대상 4건 등 총 39건을 도출하여 총 35건의 창의적 아이디어 설계반영
 - 경제성 분석결과 : 성능 개선 41.8%, 비용 증가 2.2%, 가치 향상 42.7%
- (남광토건) 창의적 아이디어를 5개분야(항만, 구조, 지반, 시공, 환경) 총 60건의 창의적 아이디어 적절하게 설계반영
 - 경제성 분석결과 : 성능향상 35.9%, 비용절감 27.1%, 가치향상 86.3%

□ 평가결과 : ①남광토건, ②동부건설 順

⇒ 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물 핵심가치 개선과 공법을 선정하는 등 창의적이고 다양하며 충실한 아이디어를 도출한 남광토건이 우수하며, 다음으로 동부건설 順으로 평가

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 신 용 만 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

○ 사전조사 및 설계기준의 적정성

1) 각종 현황조사 및 관련계획 검토

- (동부) 창원특례시 해양사업과 협의하여 항로 설계대상 선박을 상향조정 하였음
- (남광) 전국 투기장 호안 및 피해사례 조사 및 분석을 동부보다 15건 추가로 실시하였음 (동부 12건, 남광 27건)

2) 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료조사

- (동부) 2구역 수토용량 측량 및 검토, 수중위험물 보강, 재료원 5개소 조사, 레미콘 10개소 조사수행, 신규 작업장 2개소 계획 수립
- (남광) 시추조사 4공 추가하여 38개 항목 특화 수행, 재료원 9개소, 레미콘 16개소 조사, 인근 작업장 조사

3) 항만기능에 부합하는 설계기준 등

- 양사 모두 설계파, 설계조위, 설계풍속, 내진등급 등 주요 설계기준을 상향하여 검토
- (동부) 설계파: 북측방파호안(북측) 1.40m, 북측방파호안(서측) 1.70m, 우각부(북측) 1.70, 우각부(서측) 2.10m, 내부가호안 3.30m로 적용, 설계조위: 해수면상승고 0.356m 고려하여 DL(+).3.812m 적용. 대상선박: 어선100톤급, 보트 200ft
- (남광) 설계파: 북측호안 1.40m, 서측호안 1.90m, 내부가호안 1.55m로 적용, 설계조위: 해수면상승고 0.957m 고려하여 DL(+).4.500m 적용. 대상선박: 관공선575GT, 마리나 100ft

평가의견:

양사 모두 충분한 현황조사 및 관련계획을 검토를 수행하였음. 동부는 웅동-서측호안 사이 항로 대상선박에 관하여 창원시와 협의하여 대상선박을 상향 조정하였음. 설계기준 또한 양사 모두 상향하여 검토하여 구조물의 안정성을 확보하였음.

평가 사유

○ 시설계획의 적정성

1) 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설 계획의 적정성

- (동부) 전구간 피복재 0.5㎡급 이상, 우각부 서측 TTP 5톤, 파랑 집중부 최대 1.0㎡급, 세굴 방지공, 돌망태 5톤급, 다중필터 유출방지공, 육해상 작업기지 2개소, 유지관리 이동로(북측 호안 3차로, 서측호안 2차로) 등 적용
- (남광) 전구간 피복재 0.5㎡(북측)~1.0㎡(서측)급, 호안내측 0.4㎡급, 세굴방지공(DCM구간:해상부상토 존치 및 세굴방지벽 설치, 굴착치환구간:Buried 보강), 유지관리 이동로(2차로) 적용.

2) 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

- (동부) 수토용량 확보: 양곡부두 일정변경을 고려하여 3-1구역 26년 개장을 계획
- (남광) 수토용량 확보: 내부가호안 단면최적화 및 기초굴착구간 확대로 수토용량 추가하여 3구역(1구간) 27년 공급

3) 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성

- (동부) 장래 부지고를 고려한 무상치 경사제 적용. 공사중 단계별 선박통항 이용방안, 2공구 접속부 DCM 추가보강, 2구역 준설토 투기용량 측량 등을 적용. 작업기지 2개소, 스마트 항행 지원시설, 해충퇴치기 60개소 등을 적용.
- (남광) 옹도 통항로 어초이설, 공사 중 항로폭 50m확보, 수도항 입구폭 88m확보 등을 적용. 여수토(2개소), 다기능 적출장, 내측 부상토 선제거 등을 적용

평가의견:

양사 모두 해역특성을 고려하여 피복재 보강, 준설토 유출 방지공, 세굴 방지공 등을 적용하였으며, 이용관리를 고려하여 토기장 운영에 필요한 이동로를 확보하였음. 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획도 양사 모두 합리적으로 판단됨. 단, 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계성과 관련하여 동부는 장래 부지고를 고려하여 무상치 경사제를 사용하여 향후 부지개발에 유리한 측면이 있다고 판단됨.

평가 사유

○ 단면선정의 적정성

1) 구간별 단면선정의 적정성

- (동부) 북측방파호안(북측)구간: 마루폭 6.5m, 소단폭 6.1m의 대단면 광폭 사석경사제, 북측방파호안(서측)구간: 마루폭 상부6.5m, 하부3.5m의 반원형 멀티블록 직립제, 내부가호안: 마루폭 6.5m, 배면소단폭 1.5m의 상부확장형 사석경사제를 적용하였음. 북측방파호안 북측구간을 대단면 사석경사제(무상치)를 적용하여 호안 단면의 안정성 확보 및 장래 부지개발계획을 고려한 시설변경이 용이하고, 북측방파호안 서측구간을 블록식 혼성제(반원형멀티블록 직립제)를 적용하여 준설토투기장 조성 후 명동마리나 선박 및 어선 통항을 위한 가항수역폭(128.8m)을 확보
- (남광) 북측방파호안 전구간(북측, 서측): 마루폭 9.0m 의 다기능 광폭 사석경사제, 내부가호안: 마루폭 9.0m 고내구 돌망태 블록 경사제를 적용하였음. 북측방파호안을 전구간 상치콘크리트+사석경사제를 적용하여 단면의 통일성을 확보하고 내부가호안의 경우 수토용량을 최대 확보할 수 있는 단면을 제시하였음

2) 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- (동부) 사석동다짐 공법, DCM 해상 전용선, 해상 BP 전용선, 육해상 작업기지 2개소
- (남광) Auto 버켓, 상치 해상 일팔타설, 고내구 돌망태 블록, 대형 상치구조물로 단면강화, 다기능 적출장 1개소

3) 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

- (동부) 내측 돌망태 5톤급, 3LANE 차량동선, 선박 충돌 방지시스템, 등부표 및 오탉방지막, 파랑예보시스템
- (남광) 태풍기 고려한 3단계 축조, 호안내측 피복석보강, 파랑예보시스템구축, 공사용 선박 통항로 구간 개방에 따른 가두부 사면보강을 적용

4) 상부시설 계획의 적정성

- (동부) 친수경관시설(친수광장 5개소, 서측유타 4개소), 안전시설(대피소, 점멸식 안전난간, CCTV, 태양광표시등, 선박충돌방지공), 기능시설(작업기지 2개소, 회차장 9개소) 등 계획
- (남광) 친수경관시설(친수광장 2개소, 전망대 6개소), 안전시설(안전난간, 유도통항로 구조물 표시등(27EA), 지능형 CCTV(10EA)), 기능시설(전구간 왕복차로, 다기능적출장(100m), 회차장(5개소), 투기구간(4개소)) 등 계획

평가 사유

평가의견:

양사 모두 마루폭 확보, 피복재 보강, 준설토 유출 방지, 배면부 보강 등 합리적인 단면을 제시하였음. 또한 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성, 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성, 상부시설 계획의 적정성도 합리적으로 계획되었음. 그러나 본 사업 지역의 좁은 향로폭(서측호안-웅동)을 고려한 반원형멀티블록 직립제와 장래 부지개발계획을 고려한 무상치 사석 경사제를 고려한 동부의 단면이 전구간 광폭상치콘크리트를 활용한 사석경사제를 채택하여 단면의 통일성을 확보한 남광의 단면보다 본 사업에 유리하다고 판단됨.

평가 사유

○ 구조물 세부설계의 적정성

1) 설계외력 및 구조물 세부설계

- 설계조위: 동부 DL(+)3.812m, 남광 DL(+)4.500m를 적용

2) 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 양사 모두 피복재는 2층 피복을 적용하였으며, 설계파를 고려하여 상향 적용함

- (동부) 피복재: 0.5, 0.7, 1.0m³ + 0.1m³급, 내측 및 내부가호안 돌망태 5톤급, 0.03m³급 적용. 다중필터시스템 + 보호압사석(필터사석 + 필터매트 50kN/m + 복합매트 100kN/m + 보호압사석+돌망태 5톤급), 조인트셀러 및 필러, PVC지수를 적용

- (남광) 피복재: 0.5, 1.0m³ + 0.1m³급, 내측 0.4m³급, 내부가호안 0.4m³급 적용. 매트정치공 보호압사석 추가, 5단계(상치부 3단계, 제체부 2단계) 유출방지공 설치

평가의견:

양사 모두 각각의 검토결과에 따른 합리적 설계외력을 적용하였으며 이를 바탕으로 안정성을 검토하였음. 피복재 및 세굴방지공 등 기타설계도 합리적으로 수행하였으나, 설계외력 산정 및 구조물 세부설계에서 다소 동부가 우세한 것으로 판단됨

평가 사유

○ 수치 및 수리모형 실험의 적정성

1) 수치 및 수리모형실험의 적정성

- (동부) 수치모형실험 26건, 수리모형실험 26건 수행, 경사입사파(연파), 월파 등 평면수리모형실험 수행, 대형(1/25) 단면 수리모형실험 수행
- (남광) 수치모형실험 24건, 수리모형실험 14건 수행, 체절 유속, 항주파, 유류확산 등 특수상황 안정 검토

2) 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

- (동부) 3차원 평면 국부유동해석, 대축척 단면수리실험, 평면수리실험을 통한 호안구 간별 수리특성(월파) 및 안정성 검토로 설계 반영
- (남광) 외력반영, 환경변화 설계대응, 특수상황 안정 검토 수행으로 설계 반영

평가의견:

양사 모두 다수의 수치모형실험 및 수리모형을 실험하여 설계에 반영하였음. 동부는 평면수리모형과 대형 단면 수리모형실험을 수행하였고, 남광은 특수상황 안정 검토 수행한 수치모형실험 결과를 설계에 반영하였음. 그러나 본 사업지역의 해역특성 및 곡선형의 평면배치 특성상 평면수리모형의 필요성이 요구되는 바, 이를 수행하고 설계에 반영한 동부가 다소 우세하다고 판단됨

평가 사유

○ 부대시설의 적정성

1) 구조물 표지시설 등의 적정성

- 양사 모두 공사중 및 완공후에 대한 구조물 표시등 시설계획을 수립하여 설계

2) 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

- (동부) 북측호안에 육·해상작업기지 1개소, 서측호안에 해상작업기지 1개소 총 2개소 (북측50m×43.6m, 서측100m×30.0m)를 신규 설치. 신규 진입로 설치
- (남광) 육망산 및 남컨 적출장 이용 및 다기능적출장(100m) 1개소 신규조성

평가의견:

양사 모두 부대시설 계획을 합리적으로 제시하였음. 그러나 공사 여건, 장래 주변 사업을 고려할 때, 육·해상작업기지 1개소, 서측호안에 해상작업기지 1개소 (총 2개소)를 제시한 동부의 설계안이 대규모 다기능 적출장(100m) 1개소 제시한 남광의 설계안보다 다소 유리하다고 판단됨

평가 사유

○ 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

1) 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 적용계획의 적정성

- (동부) BIM(7건), 스마트건설기술 유지관리(3건), 시공(9건), 안전관리(9건), 환경(3건)으로 총 31건 계획

- (남광) BIM(7건), 스마트건설기술 유지관리(3건), 시공(10건), 안전관리(10건), 환경(10건)을 총 40건 계획

2) 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

- 양사 모두 스마트 건설기술 활용에 대한 장애요인 분석 및 대응방안을 제시

3) 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등

- (동부) 스마트 건설기술로 자동화 설계, 시뮬레이션, 공통정보관리환경(CDE), BIM 연계 VR 안전교육 등 적용

- (남광) 자동화 설계, 디지털 가상시공, 공정계획 확인, 수량검증, 시공 시뮬레이션 등 적용

4) 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

- (동부) BIM 모델분석 통한 DCM 규모산정, 호안 단면 수량산출 검증, 체절계획, 공정시뮬레이션, 해상장비 간섭 검토 시행

- (남광) 주기별 통합관제플랫폼(NKS)을 통한 맞춤형 활용계획 수립, 시공관리(10건), 안전관리(10건), 환경관리(10건)

평가의견:

양사 모두 스마트 건설기술 및 BIM 적용 계획을 합리적으로 제시하였음.

평가 사유

○유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성

1) 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- (동부) 3LANE(유지관리로+방재도로), 육해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측), 대피소, 인명구조함(31ea), 구명환(9ea), 구명사다리(9ea), 점멸식 안전난간 등 제시
- (남광) 9m 왕복차로(전구간), 추락방지 시설(전구간), 지능형 CCTV, 35m 다기능 적출장(100m×35m), 자동화 계측관리(전구간), 상치일체형 여수토 2개소 등 제시

2) 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- (동부) 안전, 유지관리, 환경, 기타 등 총 81건 신기술·신공법 제시
- (남광) 안전, 유지관리, 환경, 기타 등 총 98건 신기술·신공법 제시

3) 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

- (동부) 3단계 해충방제시스템(임시여수토+방제여수구), 태양광 해충퇴치기 제시
- (남광) 해충퇴치 모니터링(10개소), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치(1구간 연 8회 살포분), 해충퇴치기(50EA), 스마트 트랩(10EA) 제시

평가의견:

양사 모두 준설토 투기장 유지관리를 위한 시설물 계획방안을 합리적으로 제시하였음. 그러나 준설토 투기장 해충방역, 여수토 및 방제여수로 계획에서 남광이 다소 우세한 것으로 판단됨

평가 사유

○ 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물 계획의 적정성

1) 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성

- 양사 모두 VE/LCC 기법을 통한 평가 실시

2) 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선


- (동부) 항만·해안 22건, 토질·기초 8건, 토목구조 5건, 토목시공 4건, 구체화 비대상 4건 등 총 39건 적용

- (남광) 항만 28건, 구조 6건, 지반 6건, 시공 14건, 환경 6건 등 총 60건 적용

평가의견: 양사 모두 VE/LCC 기법을 통하여 시설물 경제성 분석을 하였으며, 다수의 창의적 아이디어를 적용하여 가치개선에 노력하였음. 그러나 비용절감, 가치향상 등에서 남광이 다소 우수하다고 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 윤 현 덕 (인) 
H.D. Yoon

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 항만 및 해안

평가 사유

1) 사전조사 및 설계기준의 적정성

o 평가항목 : 각종 현황조사 및 관련계획 검토

- 동부건설 컨소시엄(이하 동부건설)은 24건의 각종 현황조사, 12개 관계기관 협의결과 12개 사항 반영, 관련계획 5건 검토결과 반영, 피해사례조사 22개소 검토 수행
- 남광토건 컨소시엄(이하 남광토건)은 21건의 각종 현황조사, 8개 관계기관 협의결과 9개 사항 반영, 관련계획 17건 검토결과 반영, 피해사례조사 39건 검토 수행
- 남광토건이 동부건설 보다 광범위하게 관련계획을 검토
→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료조사

- 과업대상지의 수심 및 지형측량, 지반조사는 공동조사 수행
- 개별조사는 동부건설은 드론측량으로 투기장 2구역에 잔여 수토용량 검토를 수행하였고, 남광토건은 인접지역 투기장에 시추 4공과 특화시험을 수행
- 수중 위험물, 지장물 조사 등 기초자료조사는 모두 해저가관로, 인공어초, 어업권, 재료원 및 작업장 조사를 수행하였고 남광토건은 해상짚라인, 해저송전선 등 보다 많은 항목을 조사
- 종합적으로 수심 및 지형측량, 수중 위험물, 지장물 등 기초자료조사는 남광토건이 조금 더 우수
→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 항만기능에 부합하는 설계기준 등

- 설계기준은 동부건설, 남광토건 모두 기초조사 대비 적정한 설계기준을 제시
 - 남광토건이 설계파의 공사시 적용되는 10년빈도 세부구분, 조위 및 조류 속 등에서 보다 보수적으로 설계기준을 적용
- 평가결과(1순위) : 남광토건

2) 시설계획의 적정성

o 평가항목 : 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설 계획의 적정성

- 동부건설, 남광토건 모두 해역 특성을 분석하고 이용관리를 고려하여 취약구간에 대하여 보강계획을 수립
- 외곽시설이 시공되기 전 해역특성을 고려하여 남광토건은 시공 중 피해 예방 대책을 수립하고 북측방파호안에 여수토 2개소를 추가로 설치
- 해역특성 및 이용관리를 고려한 시설계획은 시공 중 태풍피해 방지대책 수립과 북측방파호안 여수토 이용성을 확보한 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립의 타당성

- 동부건설, 남광토건 모두 투기 시나리오를 제시하고 개발시기를 고려하여 기초조사 수토용량 재검토를 고려하여 수토용량 확보계획을 수립
- 재검토한 기초조사 대비 추가확보 수토용량은 각각 동부건설은 106천 m³(원지반 침하 0.5m 포함)이고 남광토건은 117천m³으로 제시
- 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 확보계획 수립에서는 남광토건이 조금 더 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 기존 시설물 및 장래 계획과의 연계

- 동부건설, 남광토건 모두 기존 시설물 및 장래 계획을 면밀하게 검토수

행하여 다양한 시설을 적용

- 조기수토계획은 각각 동부건설은 '26년 5월, 남광토건은 '27년을 제시하여 동부건설이 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

3) 단면선정의 적정성

o 평가항목 : 구간별 단면선정의 적정성

- 동부건설, 남광토건 모두 외력조건, 해역특성, 현장여건 등을 고려한 단면계획을 수립하고 구간별 기능강화를 계획하여 단면을 개선하여 선정

구분	동부건설	남광토건
북측방파호안(북측) 마루폭+소단폭	대단면 광폭 사석경사제 6.5m+6.1m	다기능 광폭 사석경사제 9.0m
북측방파호안(서측) 마루폭+소단폭	반원형 멀티블록 직립제 6.5m+4.6m	다기능 광폭 사석경사제 9.0m
내부가호안 마루폭+소단폭	상부확장형 사석경사제 6.5m+1.5m	고내구 돌망태블록 경사제 9.0m

- 동부건설은 북측방파호안(서측) 단면을 가항수로폭 확보를 위해 반원형 멀티블록 직립제를 채택하였으며 소단폭은 구간별로 상이하나 마루폭은 6.5m로 동일하게 제시
- 남광토건은 북측방파호안 구간에 상치콘크리트를 도입하여 안정성이 우수하고 전구간 동일하게 9.0m의 마루폭을 확보
- 단면선정의 적정성은 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성

- 모두 단면의 시공성과 유지관리를 용이성을 고려하여 유사한 피해사례 분석을 통한 DCM, 해상 BP, 세굴방지공, 시공품질확보 및 피복재 중량상향 등 다양한 공법을 제시

- 동부건설은 부상토에 대해 사석동다짐 공법을 남광토건은 Auto 버켓 정밀시공, 파이프쿨링, 패각 연악지반 완전제거를 제시하여 시공품질확보
 - 남광토건이 동부건설보다 세분화된 단계별 축조계획을 수립하여 시공성을 확보하고 단면강화를 체계적으로 계획하여 피해요인 사전차단을 통한 유지관리 용이성을 제시
 - 단면의 시공성 및 유지관리의 용이성은 남광토건이 우수
- 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성

- 양사 모두 시공중 안전성 확보를 위해 수리모형시험을 통한 안정성 검증하여 시공시를 고려한 단면 보강계획을 수립하였음
 - 동부건설은 시공시 내습과랑을 고려하여 배면 돌망태 5톤급 보강을 제시하였고 남광토건은 태풍기를 고려하여 단계별 시공계획 수립과 배면 피복석 0.4m³급 보강안을 제시하고 외곽시설 및 2공구 호안 완공 전 태풍피해발생 안전대책을 고려하여 시공중 안정성 확보를 위한 단면계획의 적정성은 남광토건이 우수
- 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 상부시설 계획의 적정성

- 모두 친수시설, 안전시설, 기능시설 등 다양한 상부시설을 계획함
 - 동부건설은 6개 테마 친수경관시설(친수광장 5개소 및 서측침터 4개소), 대피소, 점멸식안전난간, CCTV, 태양광표시등, 선박충돌방지공, 육·해상 작업기지(북측) 및 해상작업기지(서측), 회차장(9개소)을 계획
 - 남광토건은 친수광장 2개소, 전망대 6개소, ECO-Garden 1,200m, 안전난간, 옹도통항로 구조물 표시등(27EA), 지능형 CCTV(10EA), 전구간 왕복차로, 다기능적출장(100m), 회차장(5개소), 투기구간(4개소)을 계획
 - 상부시설 계획은 다양한 테마별로 친수시설을 계획한 동부건설이 우수
- 평가결과(1순위) : 동부건설

4) 구조물 세부설계의 적정성

o 평가항목 : 설계외력 및 구조물 세부설계

- 동부건설, 남광토건 모두 개발 단계별로 구분하여 적절한 설계외력을 제시하였으며 모든 조건에서 안정성을 확보함
- 설계기준은 기초조사 대비 모두 설계파, 설계조위 등 설계외력을 증대하였으나, 설계조위에서 동부건설의 해수면상승고는 0.356m이고 남광토건의 해수면상승고는 0.957m로 제시하여 양사의 차이가 나타나는데 감사원 감사결과('24.03.18) 해수부는 미래 기후변화 시나리오를 반영하여 해수면 상승고를 추정하는 것을 적극 검토하는 등 미래 기후변화에 따른 해수면 상승의 위험에 대비하겠다고 하였으며 이 감사결과 공개문에 따르면 남광토건의 해수면상승고가 미래 기후변화 시나리오를 더 잘 반영함

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 피복재 및 세굴방지공 등 기타 설계

- 피복재 규격 산정 과정을 제시하였고 수리실험을 통해 안정성을 검증
- 동부건설, 남광토건 모두 기초조사 대비 충분한 피복재 산정하였고 시공 중 태풍에 의한 파랑을 검토하여 항내측에 대한 피복석을 남광토건이 더 보수적으로 설계
- 동부건설은 전구간 Berm Type 세굴방지공을 적용하였고 남광토건은 굴착치환구간과 DCM구간을 구분하여 세굴발생이 우려되는 굴착치환구간에 Buried Type 세굴방지공을 적용
- 종합적으로 피복재 및 세굴방지공 등 기타설계는 태풍 영향을 고려한 항내 피복재 규모 및 구간을 구분하여 적절한 세굴방지공을 계획한 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

5) 수치 및 수리모형실험의 적정성

o 평가항목 : 수치 및 수리모형실험의 적정성

- 모두 4개분야 24개 항목에 대한 수치모형실험을 수행하고 결과 분석을 통하여 다양한 예측값을 검증
- 수리모형실험은 동부건설에서 단면(16개, 축척1/25), 평면(10개 항목, 축척1/60) 수행하였고 남광토건은 단면 수리모형실험(14개, 1/40) 수행하고 평면 수리모형실험은 미수행
- 동부건설은 평면 수리모형실험을 수행하여 남광토건에 비하여 경사입사파(연파), 3차원(평면) 국부 유속 및 세굴 검토 및 호안 평면배치 설계 반영이 가능하여 수치 및 수리모형실험의 적정성은 동부건설이 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성

- 모두 추산된 수치 및 수리모형실험을 분석하고 설계 반영
- 실험결과 분석 타당성 및 설계반영의 적정성은 경사입사파(연파) 등 평면 수리모형실험에서 도출된 사항을 분석하고 설계 반영한 동부건설이 우수함

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

6) 부대시설의 적정성

o 평가항목 : 구조물 표지시설 등의 적정성

- 공사 중과 완공 후를 구분하여 구조물 표지시설을 제시
- 동부건설은 공사 중 IoT 공사용 등부표 6개소, 점멸식 오탉방지막 및 앵커부이 1식, 해상부표 12개소, 선박충돌방지시스템(AIS) 1식, 단계별 표지시설 배치하고 완공 후 조망등대 2개, 구조물 표시등 12개, 점멸식 바닥등, AIS 시스템, IoT 등부표 등을 계획
- 남광토건은 공사 중 오탉방지막 야간점멸등 및 앵커부이, 스마트 등부표(GPS내장) 8개소 설치, 오탉방지막 및 구조물 표지시설 배치하고 완공

후 임시등대 1개소, 구조물 표시등 27개소, GPS 기반 스마트 등부표 7개소 등을 계획

- 구조물에 영향을 줄 수 있는 선박통항의 안전성을 고려하여 항로표지 시설을 충분히 계획한 동부건설이 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획

- 동부건설은 공사용 작업장 및 적출장을 육·해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측)을 신규 조성하였고 남광토건은 공사주변 이용 가능한 공사용 작업장 및 적출장 활용계획과 다기능 적출장을 신규 조성하는 계획을 제시하여 공사용 작업장 및 적출장 등 기타시설계획은 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

7) 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

o 평가항목 : 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 적용계획의 적정성

- 동부건설, 남광토건 모두 BIM, 스마트 유지관리, 스마트 시공, 스마트 안전, 스마트 환경 분야에 스마트 건설기술을 다수 제시하였으며, 건설주기별 BIM(계획, 설계, 시공, 유지관리) 적용계획을 제시
- 동부건설은 5개분야 총 31건 도입 스마트 건설기술 활용계획을 제시하였고 5개분야 총 40건 도입을 제시한 남광토건이 스마트 건설기술이 보다 다양하여 스마트 건설기술 활용계획 및 BIM 적용계획의 적정성은 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

o 평가항목 : 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안

- 동부건설, 남광토건 모두 스마트 건설기술 활용 시 발생할 수 있는 장애요인에 대하여 제시하고 각 장애요인별 대응방안을 제시

- 남광토건은 전원, 통신, 오작동 등 기술적 문제에 대한 일반적인 대응방안 제시하였고 동부건설은 기술적 문제 뿐만아니라 법적규제 등 보다 광범위한 장애요인과 대응방안을 제시하여 스마트 건설기술 활용에 따른 장애요인과 대응방안은 동부건설이 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등

- 동부건설은 변수기반 자동화 설계, 수량 산출 자동화, 공정계획과 연계한 사전 시뮬레이션 검토, 공통정보관리환경(CDE) 구축, BIM 연계 VR 안전교육에 활용하여 설계오류 검토, 신속한 의사결정, 공정계획 검증 단계를 통한 안전사고 예방을 기대효과로 제시
- 남광토건은 자동화 설계수행, 디지털 가상시공 수행, 공정계획 확인, 지형 및 구조물 모델 구축, 수량검증, 설계정합성검토, 단계별 시공 시뮬레이션에 활용하여 시공성 및 시공안전성 등 사전검토, 공정/비용 최적화를 기대효과로 제시
- 종합적으로 설계단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과에서 보다 면밀하게 활용한 동부건설 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용의 적정성

- 동부건설, 남광토건 모두 스마트 건설기술 활용계획 및 설계적용 방안에 대하여 제시하였으나 주기별로 활용계획을 수립하고 각각 시공, 안전, 환경 분야별로 세분화하여 스마트 건설기술을 보다 다양하게 제시한 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

8) 유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성

o 평가항목 : 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리 편의성을 고려하여 동부건설은 3LANE(유지관리로+방재도로), 육해상작업기지(북측), 해상작업기지(서측), 대피소, 인명구조함(31ea), 구명환(9ea), 구명사다리(9ea), 점멸식 안전난간 등을 남광토건은 9m 왕복차로(전구간), 추락방지 시설(전구간), 지능형 CCTV, 35m 다기능 적출장(100m×35m), 자동화 계측관리(전구간), 상치일체형 여수토 2개소 등을 계획
- 유지관리비용 절감을 고려하여 동부건설은 다중 필터시스템+보호압사석, TTP 5톤 보강, 착저식 세굴방지공, 체결구간 DCM 최대 106.9m 확장, 반원형 멀티블록, 사석동다짐공법 등을 남광토건은 9.0m 광폭 상치, 상치 및 제체 유출방지공, 피복석 0.5~1.0m³급, 두께 5m이하 패각연약지반 굴착치환 보강, 세굴방지공, 방재여수로 설치 등의 시설물을 계획
- 종합적으로 판단하면 유지관리 등을 고려한 시설물 계획의 적정성은 동부건설이 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 동부건설은 신기술, 신공법 도입을 안전 9건, 유지관리 8건, 환경성 11건, 기타 53건 등 총 81건하였고 남광토건은 안정 12건, 시공성 등 35건, 통항안전 등 21건, 기타 30건 등 총 98건
- 동부건설, 남광토건 모두 여러 분야에서 다수의 신기술, 신공법을 반영하였으나 적용 공법의 도입효과 분석은 VE/LCC 기법을 적용해 분석한 동부건설이 우수

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 준설토 투기장 해충방역 등 장래 투기장 관리방안과의 연계성

- 동부건설, 남광토건 모두 준설토 해충방역과 향후 투기장 관리와 연계된 각종 시설을 제시함
- 동부건설은 3단계 해충 방제시스템[(임시여수토+방제여수구)+태양광 해충퇴치기 60개소 증설, 방제드론]을 제시하고 남광토건은 해충퇴치 모니

터링(10개소), 여수토(2개소) 및 방제여수로(9개소), 약품 사전비치(1구간 연 8회 살포분), 해충퇴치기(50EA), 스마트 트랩(10EA)을 제시

- 준설토 투기장 해충방역 피해사례 및 현재 운영중인 방제기준을 분석하여 다양한 관리방안을 제시한 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

9) 경제성(VE/LCC) 분석을 통한 시설물 계획의 적정성

o 평가항목 : 경제성(VE/LCC) 분석기준, 절차의 적정성

- 동부건설, 남광토건 모두 입찰안내서, VE매뉴얼에 의거하여 VE/LCC 분석기준을 적용하였고 분석절차(준비단계, 분석단계, 실행단계)를 적절히 계획하였으나 동부건설이 고비용 공종, 특허 및 신기술 공종 집중 선정하여 분석 및 실행 수행

→ 평가결과(1순위) : 동부건설

o 평가항목 : 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선

- 동부건설의 창의적 아이디어는 총 39건 및 가치 향상 42.7%이고 남광토건은 60건 창의적 아이디어 제시 및 가치향상 86.3%로 창의적 아이디어 적용을 통한 가치개선은 남광토건이 우수

→ 평가결과(1순위) : 남광토건

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 민 인 기



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목구조

평가 사유

○ 평가항목 : 설계기준의 적정성

[동부건설 컨소시엄]

1) 구조물 설계법 적용기준

○ 주요 설계기준 및 시방규정

구분	적용
구조물설계법	강도+한계상태+허용응력설계법
설계파고	100년 빈도 1.4m(북측호안), 1.7m(서측호안), 2.1m(우각부 서측)
설계풍속기준	순간최대풍속 75m/s
내구/내진등급	1등급/ I 등급, 붕괴방지수준 적용(7종 지진파)
콘크리트	35MPa/3성분계+방청제
피복두께	112mm 이상(상치), 110mm 이상(반원형 멀티블록)
허용균열폭	0.2mm이하(균열 제어로 내구성 증진)
균열제어	$I_{cr}=1.5$ 이상(균열 발생을 방지하여야 할 경우)
장기균열제어	$D_s < 65^{\circ}C$ (IFSTTAR 가이드라인 적용)

○ 구조물에 적합한 설계법 적용

- 강도+한계 : 상치, 여수토, 반원형 멀티블록 / 허용 : 공사용 진입로, 가설구조물 등
- 구조물 해석기법 : 3D Frame 해석, 3D Plate 해석, Solid 해석, STM 해석
- 신뢰성 설계법 : 파괴모드별 한계상태함수 및 신뢰성 해석기법
 - Level III MCS(Monte Carlo Simulation) 모델을 통한 신뢰성 해석
- 특화해석 : 염분침투해석, FSSI 해석, 크리프/건조수축해석, 지진해일 등

2) 구조물 내구성 및 안정성을 고려한 설계기준

○ 구조물 내구성 : 내구1등급, 내구수명 100년 이상

- 내구성 허용기준 : 내구1등급, 물-결합재비 0.38, 설계기준강도 35MPa, 결합재량 $435kg/m^3$, OPC(50%)+SG(40%)+FA(10%)+방청제
- 철근 피복두께 : 112mm 이상(상치), 110mm 이상(반원형 멀티블록)
- 휨균열 : 강도+한계상태 설계법 적용(0.2mm 이하)

○ 구조물 내구성 : 내구1등급, 내구수명 100년 이상

- 온도균열 : 온도균열지수 1.5 이상, 적용외기온도 5, 20, 30°C
- 내구안전성 : 염분침투해석, 수화열해석, DEF에 의한 장기균열제어, 내구성 설계, 크리프/건조수축해석, 신뢰도 기반 염해내구성 평가

○ 구조물 안전성 : 내진 1등급, 기반암 $A=0.124g$, 수평변위 20cm이하

평가 사유

- 신뢰성 기준 : 신뢰도지수 1.96이상(부식확률 2.50%이하)
- 내진안정성 : FSSI 내진해석(200mm 기준), 지진해일 안정성평가
- 부재안전성 : 강도/한계 설계법, 2·3차원 해석, 힘+축방향력 검토

[남광토건 컨소시엄]

1) 구조물 설계법 적용기준

○ 주요 설계기준 및 시방규정

구분	적용
구조물설계법	강도+한계상태+허용응력설계법
설계파고 및 파압	100년 빈도 1.9m, $H_{max} = 2.0H_{1/3}$
설계풍속기준	순간최대풍속 75.0m/s
상재하중	호안축조 15kN/m ² 투기완료 15kN/m ² +준설토 부지개량 재하토 7.0m 부지운영 50kN/m ²
내구/내진등급	1등급/ I 등급, 붕괴방지수준 적용(8종 지진파)
콘크리트	상치, 여수토:35MPa
여수토 토류판	강재토류판(용융아연도금)
피복두께	초기균열을 고려한 순피복 105.0mm이상 (상치, 여수토 적용)
허용균열폭	0.2mm이하(수밀성 확보로 내구성 극대화)
균열제어	$I_{cr}=1.5$ 이상(수화열에 의한 균열발생 원천 차단)
장기균열제어	65°C이하 IFSTTAR가이드라인 적용

○ 구조물에 적합한 설계법 적용

- 강도+한계 : 상치, 여수토 집수정 / 허용 : 강구조물, 임시등대
- 구조물 해석기법 : 2D·3D 유한요소 해석, 3D Solid 해석, FSSI해석
- 신뢰성 설계법 : 파괴모드별 한계상태함수 및 신뢰성 해석기법

2) 구조물 내구성 및 안정성을 고려한 설계기준

○ 구조물 내구성 : 내구1등급, 내구수명 100년 이상

- 성능저하요인별 환경기준 : 염해, 탄산화, 황산염, 동해
- 노출 등급 : 물-결합재 36%, 설계기준강도 35MPa, OPC (50%) + SG (40%) + FA(10%) + 방청제

- 철근 피복두께 : 초기균열을 고려한 순피복 105.0mm 이상

○ 구조물 내구성 : 내구1등급, 내구수명 100년 이상

- 휨균열 : 항만 및 어항 설계기준, 구조설계기준 병행 적용(0.2mm 이하)
- 온도균열 : 온도균열지수 1.5 이상, 적용외기온도 5, 20, 30°C
- 장기균열(DEF)제어 : IFSTTAR가이드라인 적용

○ 구조물 안전성 : 내진 I 등급, $A_{mean}=0.176g$ (기반암 $A=0.124g$), 수평변위 10cm

- 신뢰성지수 및 파괴확률 : 2.70, 3.47×10^{-3} (평상시), 2.40, 8.20×10^{-3} (지진시)
- 염해내구성 : 신뢰도기반 염해내구성 1.96(부식확률 2.50%)
- 염분침투해석/정량적 평가, 신뢰도기반 염해평가, 수화열 해석, 신뢰성해석 등

평가 사유

[평가의견]

- 동부건설 컨소시엄은 다양한 설계법을 적용하고 설계파고, 설계풍속, 피복두께 110 mm 이상 등을 상향 적용하고 내구/내진1등급으로 설계 적용하면서 다양한 구조물에 대하여 다양한 해석기법을 적용하였으며, 내구1등급, 다양한 특화해석, 콘크리트 기준강도 상향 등의 내구성 및 안정성을 고려한 설계기준을 적용하였음.
- 남광토건 컨소시엄은 강도+한계상태 설계법 등을 적용하고 피복두께 105mm 이상, 다양한 내구성 평가를 적용하였음
- 동부건설 컨소시엄이 해석기법과 대상 구조물이 보다 다양하며 큰 피복두께 등을 적용하여 남광토건 컨소시엄에 비하여 내구성 및 안정성 면에서 보편 우수한 설계를 적용한 것으로 판단됨.

○ 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성

[동부건설 컨소시엄]

1) 설계하중 및 단면력 계산의 적정성

- 설계하중의 적정성 : 인양거치시, 투기시, 파압시, 지진시 등 단계별 적용
 - 주요 구조물
 - 고정 구조물 자중, 상재 15.0kN/m^2 , 토압 15.6kN/m^2 , 수압 10.1kN/m^2 순간최대풍속 75.0m/s , 설계파고(1.4m~2.1m), 표준트럭하중(KL-510) 등
 - 공사용 진입로 : 고정 구조물 자중, 표준트럭하중(KL-510), 크롤라크레인하중(100ton) 등
 - 기타시설 : 고정 구조물 자중, 표준트럭하중(KL-510), 풍하중(75.0m/s) 등
- 단면력 계산의 적정성
 - 상치콘크리트 : 압축전담 스프링 조건, 2D·3D 유한요소해석, STM해석, 지지력 불균등 검토, 구조물 지반 경계조건(FSSI) 해석
 - 반원형 멀티블록 : 구조물 단계별 힌지 및 고정지지 조건, 파압, 충돌 등
 - 여수토 : 압축전담 스프링 조건, 3D 유한요소해석

2) 구조물 안정성 확보의 적정성

- 외적 안정성 해석
 - 활동, 전도, 직선활동, 지지력 등에 대해 단계별(축조완료시, 투기완료시, 재하성토시, 지진시) 검토
- 내진 안정성
 - 7개 지진파 검토(장·단주기파, 정·역단층파, 경주·부산·인공지진파)
 - FSSI 내진해석(최대수평변위, 최대압축응력, 최대인장응력)
- 지진해일 안정성평가 : 활동검토, 전도검토, 최대압축응력, 최대인장응력

평가 사유

3) 단계별 해석 과정의 적정성

○ 상치콘크리트

구분	검토내용	발생값	저항값
완성시	상재하중+활하중+고정하중+토압	188kN.m	1814kN. m
투기시	상재하중+활하중+고정하중+토압	187kN.m	1814kN. m
지진시	상재하중+고정하중+토압+지진력	297kN.m	1814kN. m

○ 반원형 멀티블록

구분	검토내용	발생값(Mu)	저항값(ϕM_n)
인양거치시	저면부착력, 고정하중+부가중량	14.0	77.6kN.m
파압시	상재+고정+토압+잔류수압+파압	13.0	77.6kN.m
지진시	상재+고정+토압+잔류수압+지진력	46.0	77.6kN.m

○ 인양거치시, 파압시, 완성시, 투기시, 지진시 단계별 검토

4) 가설구조물 구조검토의 적정성

- 공사중 가설구조물 : 상치 제작시설(시스템 동바리, 이글루블록 강재 거푸집), 상치콘크리트 타설용 가시설, 세륜시설, 안전난간, 서측등대
- 가설구조물 안전성 검토
 - 가시설 : 동바리($0.76 < 1.00 \therefore \text{OK}$), 지보공($0.48 < 1.00 \therefore \text{OK}$)
이글루블록 강재거푸집($0.52 < 1.00 \therefore \text{OK}$)
 - 부대시설 : 세륜시설($35.9 < 48.4 \text{kN}\cdot\text{m} \therefore \text{OK}$), 안전난간($0.29 < 1.00 \therefore \text{OK}$)
 - 임시등대 : 서측등대($0.24 < 1.00 \therefore \text{OK}$), 북측등대($44.3 < 248 \text{kN}\cdot\text{m} \therefore \text{OK}$)

[남광토건 컨소시엄]

1) 설계하중 및 단면력 계산의 적정성

- 설계하중의 적정성 : 호안축조, 투기완료, 부지재량, 지진시 단계별 적용
 - 주요 구조물
 - 고정 구조물 자중, 상재하중 투기완료시 15kN/m^2 +준설토, 부지운영시 50kN/m^2 , 적설하중 8.5kN/m^2 , 토압 15.0kN/m^2 , 수압 10.1kN/m^2 등 적용
 - 상치콘크리트, 여수토집수정, 여수토 흡관, 임시등대 : 고정하중, 상재하중, 토압, 파압, 양압력, 적설하중, 지진하중, 풍하중, 사석충격력
- 단면력 계산의 적정성
 - 단면력 계산 : 상치콘크리트, 여수토 집수정, 임시등대
 - 상치콘크리트 : 비선형 Contact 조건, FSSI, 지진·폭풍해일

평가 사유

- 여수토 집수정 : 압축스프링 조건, 비선형해석
- 임시등대 : 3차원 유한요소 해석으로 작용 하중에 대한 안전성 검토

2) 구조물 안정성 확보의 적정성

- 외적 안정성 해석
 - 활동, 전도, 직선활동, 지지력(축조완료, 투기완료, 부지개량, 지진시) 검토 및 원호활동(한계평형, 강도감소법, 신뢰성)
- 지진시
 - FSSI해석 : 상치 변위 분포해석 및 여수토 집수정 단면력검토 수행
 - 지진시 비선형 균열진전에 의한 손상도 분석을 통한 구조물의 안전성 검토
 - 지진 폭풍해일 : 최대수평변위, 최대압축응력, 최대인장응력

3) 단계별 해석 과정의 적정성

- 상치콘크리트

구분	인장응력	압축응력
호안축조	0.36 <3.72MPa	0.50 <14.0MPa
투기완료시	1.24 <3.72MPa	5.69 <14.0MPa
부지개량시	1.26 <3.72MPa	5.69 <14.0MPa
지진시	0.18 <3.72MPa	0.44 <14.0MPa

- 여수토 집수정

구분	강도설계법(kN·m)		한계상태설계법(kN·m)	
	M_u	ΦM_n	M_u	ΦM_n
전면벽	67.910	93.630	46.670	99.413
측벽	121.000	182.753	83.210	192.552

- 인양거치시, 파압시, 완성시, 투기시, 지진시 단계별 검토

4) 가설구조물 구조검토의 적정성

- 공사중 가설구조물 : 토류판, 상치 수축 줄눈, 원심력 철근 콘크리트관, 여수토 지부정, 고내구 돌망태 블록, 안전난간, 세륜 세차
- 가설구조물 안전성 검토
 - 단계별 해석을 통한 응력집중부 및 취약부 검토
 - 3차원 유한요소 해석으로 강재거푸집 및 강관동바리 안전성 검토
 - 세륜세차시설 형상 및 거동특성을 반영한 3차원 유한요소 해석
 - 콘크리트블록 인양시 6점지지와 5점 및 4점 지지시 구조안전성 검토

평가 사유

[평가의견]

- 동부건설 컨소시엄은 인양 거치시, 투기시, 파압시, 지진시 등 단계별 적용으로 주요구조물, 공사용 진입로, 기타 시설 등에 설계하중을 재하하고 상치, 반원형 멀티블록, 여수토 등에 다양한 설계기법 및 특화해석을 수행함. 활동, 전도, 직선활동, 지지력에 대한 단계별 적용 및 내진 1등급의 붕괴방지 수준 지진발생시 구조물의 안정성을 평가를 수행하여 검토함. 상치콘크리트와 반원형 멀티블록 구조물에 대한 안전성 평가를 수행. 시공시 필요한 각종 가설구조물과 부대시설 및 임시등대 또한 검토를 수행하여 시공시 추가 검토가 필요 없도록 다양한 가설구조물에 대한 검토를 수행.
- 남광토건 컨소시엄은 호안축조, 투기완료, 부지개량, 지진 시 단계별 적용으로 주요구조물과 상치, 여수토 집수정, 여수토 흡관, 임시등대 등에 설계하중을 재하하고 특화해석 등으로 단면력을 해석 검증함. 활동, 전도, 직선활동, 지지력에 대한 단계별 적용 및 내진 1등급의 붕괴방지 수준 지진발생 시 구조물의 안정성을 평가를 수행함. 상치콘크리트와 여수토 집수정 구조물의 안정성을 평가를 수행함. 상치 콘크리트 강재거푸집+동바리 등의 안정성을 평가를 수행하였고 콘크리트 블록 인양시 해석시 4점, 5점, 6점지지 인양시 검토를 수행함.
- 동부건설 컨소시엄이 시공 시 추가 검토가 필요 없도록 다양한 가설구조물에 대한 검토를 수행하였고, 평가대상 구조물이 반원형 멀티블록과 상치 콘크리트로 구성되어 있는 동부건설 컨소시엄의 구조해석 및 단면계산이 남광토건 컨소시엄 보다 우수하다고 판단됨.

○ 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성

[동부건설 컨소시엄]

1) 부재선정 및 내구성 확보의 적정성

○ 부재 선정

- VE/LCC 분석

구분	반원형 멀티블록 슬릿부 두께($t=400\text{mm}$)	시멘트(5:4:1+방청제)
성능	78.6	84.6
적용	반원형 멀티블록	상치콘크리트, 반원형 멀티블록

- 기타부재

- 고성능 신축이음(고품질 쥘러), 상치콘크리트 타설용 가시철(SS275), 서측등대(STP355)

○ 부재 내구성 확보 : 내구 1등급, 염해내구수명 176년 이상(상치콘크리트) · 127년 이상(반원형 멀티블록)

- 방안 : 3성분계시멘트+방청제, 피복두께 110.5mm이상(반원형 멀티블록)
- 평가 : 염분침투해석, 동결융해 내구성평가, 탄산화 내구성평가, 황산염평가 등

평가 사유

2) 구조물 단면설계의 적정성

- 반원형 멀티블록 : 3D Frame · Plate · Solid 해석 / 상치콘크리트 일반구간, 친수구간 : 3D Plate · Solid 해석 및 STM 해석
 - 3D유한요소 해석, 강도 및 한계상태 설계법 병행 해석
- 여수토 : 3D Plate 해석 / 서측등대, 안전난간, 인공어초 이설 : 3D Frame 해석

3) 구조물 단면설계의 적정성

- 상치콘크리트 친수구간 우각부 상세해석
 - 내 · 외측 인장 FEM 및 STM 해석, 철근 보강
- 곡주 및 앵커 해석 : 견인 각도에 따른 곡주 및 앵커에 대한 힘 · 전단응력 검토
- 반원형 멀티블록 들고리 상세해석
 - 인양시 인장 및 압축응력 검토, 인장부 철근 보강

4) 인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 적정성

- 인접구조물 영향검토
 - 상치콘크리트 시공이음, 장래공구 접속부 보강(장주 2열 추가), 지진시 상대변위
- 접속계획 적정성
 - 2공구 접속부 : 장주 2열 추가 DCM 등 / 수도 접속부 : 고무방사판, 필터매트 등

[남광토건 컨소시엄]

1) 부재선정 및 내구성 확보의 적정성

- 부재 선정
 - VE/LCC 분석

구분	콘크리트 및 철근	여수토 벽체	내구성	콘크리트 양생
	fck=35MPa	T=400	방청제	일괄타설 파이프쿨링
성능	90.5	92.0	91.9	91.6

- 중점 반영 : 상치, 여수토집수정(저발열 3성분계+방청제 적용) 강재토류판 용융아연도금강재, 여수토 보호공 연결철근 추가
- 부재 내구성 확보 : 내구 1등급, 100년 이상
 - 방안 : 염화물 확산계수에 균열보정 계수 1.5 적용, 혼합시멘트 배합비 등
 - 평가 : 염분침투해석, 내구성평가, 탄산화 내구성평가, 황산염 용해평가, 수화열 해석, 염해 저항성 실험, 염소이온침투해석, DFS 균열대책 등

평가 사유

2) 구조물 단면설계의 적정성

- 상치콘크리트
 - 부등침하 : $1.26 < 3.72\text{MPa}$, 고대구돌망태 $192.4 < 270.0\text{MPa}$, 신축이음부 : 3.92
- 여수토 집수정
 - 기초 불균등발생에 따른 해석 및 강재 토류판 적용으로 안전성 증진

3) 구조물 단면설계의 적정성

- 우각부 상세해석
 - 측벽 및 중간벽 하단의 FEM 및 STM 해석, 철근 보강
- 구조물 응력집중부
 - 여수토 원심력 콘크리트관 인장·압축응력, 곡주 및 앵커 인장응력, 임시등대 인장·전단응력, 콘크리트 블록 인양시 안정성 검토

4) 인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 적정성

- 인접구조물 영향검토
 - 상치콘크리트 신축이음, 상치콘크리트간 이격거리, 여수토 사석충격
- 접속계획 적정성
 - 고내구수팽창지수재·3중매트, 유출방지공, 응력순응형 계단식 DCM

[평가의견]

- 동부건설 컨소시엄은 부재선정에 VE/LCC를 도입하여 적합한 부재를 선정하고 3성분계 시멘트 및 방청제를 적용, 110.0 mm 이상을 피복 적용. 단면검토에 2D, 3D, Frame, Plate, Solid 등 다양한 검토방법을 수행. 우각부, 곡주, 앵커, 및 시공시 필요한 들고리 등 중요한 국부응력 발생부위를 다양하게 검토함. 상치콘크리트 시공이음으로 준설토 유출을 방지하고, 향후 확장되거나 연결되는 접속부에 DCM등 추가 보강함
- 남광토건 컨소시엄은 여수토 집수정 벽체($T=400\text{mm}$) 3성분계+방청제 부재를 선정하고 내구1등급 목표내구수명 100년 이상의 평가를 수행함. 상치콘크리트에 부등침하, 고내구 돌망태, 신축이음부 등의 평가를 여수토 집수정에 불균등 발생에 따른 해석 강재 토류판 적용 등을 수행함. 여수토 집수정 우각부 FEM 및 STM 해석을 수행하고 각종 부대시설들의 응력집중부 해석을 수행함.
- 동부건설 컨소시엄이 부재 내구성에서 남광토건 컨소시엄보다 염해 내구수명이 길게 나타나고 있으며, 단면검토에도 동부건설 컨소시엄이 2D, 3D, Frame, Plate, Solid 등 보다 다양한 검토방법을 수행한 것으로 판단됨.

평가 사유

○ 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

[동부건설 컨소시엄]

1) 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리 편의성
 - 지능형 CCTV(5개소), 2차로 이상의 운행로, 추락방지 시설, 자동화 계측관리, 공사용 진입로
- 유지관리 비용 절감
 - 저발열 3성분계 시멘트 + 방청제, 피복두께 110.5mm 이상, 상치신축이음부(씰러+PVC지수판+매트), 선박충돌 보호공설치

2) - 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 신기술, 신공법 도입(총 31개 항목 적용)
 - 설계 : 방청제 사용, BIM을 통한 수량산출 계획, 반원형 멀티블록
 - 시공 : GFRP 보강근, 신축이음(씰러+지수판)
 - 운영 : AIS 기반 선박충돌방지 시스템 IoT 공사용 등부표 첨단유지관리 마스터플랜 수립 등

[남광토건 컨소시엄]

1) 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

- 유지관리 편의성
 - 지능형 CCTV(10개소), 다기능 적출장(1개소), 상치 일체형 여수토(2개소), 유지관리 2차로, 추락방지 시설, 자동화 계측관리 등
- 유지관리 비용 절감
 - 저발열3성분계 시멘트+방청제, 줄눈(35×35), 다월바(800mm), 철근 설치로 균열방지, 용융아연도금 강제사용

2) 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

- 신기술, 신공법 도입(총 50개 항목 적용)
 - 설계 : 저발열 3성분계 시멘트, 수화열 해석 등 10개
 - 시공 : 파이프쿨링, 준설토 유출방지공, 다월바 설치 등 10개
 - 운영 : 머신가이던스 자동화시공, 지능형 CCTV 등 30개

평가 사유

[평가의견]

- 동부건설 컨소시엄은 유지관리를 편의성 및 관리비용 절감을 위한 다양한 검토 및 추가 계획으로 3차로의 공사용 차량 운행로를 확보함. 설계, 시공, 운영분야에 필요한 다양한 신기술, 신공법을 도입하여 방청제 사용, BIM, 반원형 멀티블록, GFRP 보강근, 신축이음, 선박충돌방지, 첨단유지관리 마스터플랜 수립함
- 남광토건 컨소시엄은 유지관리 편의성을 위해 2차로를 설치하고 추락방지 시설 등의 계획을 수립하고 유지관리 비용절감을 위해 3성분계 시멘트+방청제 균열방지 줄눈, 용융아연도금 등을 계함. 설계, 시공, 운회영분야에 필요한 신기술, 신공법을 도입하여 저발열 3성분계 시멘트, 수화열해석, 파이프 쿨링, 준설토 유출방지공, 다월바 설치, 지능형 CCTV 설치 등을 계획함.
- 동부건설 컨소시엄이 피복두께가 110mm 이상이고 선박충돌 방지시스템, IoT 공사용 등부표, 첨단유지관리 마스터플랜 수립 등 유지관리에 보다 우수하다고 판단됨.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 송종걸



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목구조

평가 사유

o 평가항목 : 설계기준의 적정성

• 구조물 설계법 적용기준

[동부건설]

1) 주요 설계기준 및 시방규정

(설계하중) 파고; 1.4 m(북측), 1.7 m(서측), 2.1 m(우각부 서측), 풍속; 75m/s, 차량; KL-510, (부재성능) 35 MPa(상치), (내구성능) 등급; 1등급(내구수명 100년 이상), 재료; 저발열 3성분계 + 방청제(수화열 저감, 염해 저항성 증대), 피복두께; 110.5(반원형 멀티블록) ~ 112.0(상치 콘크리트) mm 이상, 온도균열지수; 1.5 이상, 허용균열폭; 0.2 mm 이하, 장기균열 제어; $D_s < 65^\circ\text{C}$ (양생 중 온도관리 · 장기균열 제어, IFSTTAR 라이드라인 적용), (내진성능) 1등급(붕괴방지), 7종 지진파 적용

2) 구조물에 적합한 설계법 적용

(구조설계법) 여러 설계법 병행(강도 · 한계; 상치 콘크리트, 반원형 멀티블록, 여수토 집수정, 허용; 공사 진입로, 가설구조물), (구조해석) 2D · 3D FEM 해석, 응력 집중부 국부 상세해석(STM), (신뢰성 설계법) 파괴모드별 한계상태함수 및 신뢰성 해석, Level III MCS 모델을 통한 신뢰성 해석

[남광토건]

1) 주요 설계기준 및 시방규정

(설계하중) 파고; 1.9 m(100년 빈도), 풍속; 75m/s, 토압; 15 kN/m(호안축조), 15 kN/m + 준설토(투기완료), 부지개량 재하토 7.0 m, 50 kN/m(부지운영) 차량; KL-510, (부재성능) 35 MPa(상치 · 여수토), 여수토 토류판; 용융아연도금, (내구성능) 등급; 1등급, 재료; 저발열 3성분계 + 방청제(수화열 저감, 염해 저항성 증대), 피복두께; 105 mm 이상(상치 · 여수토), 온도균열지수; 1.5 이상 확보, 허용균열폭; 0.2 mm 이하(수밀성 확보 · 내구성 극대화), 장기균열 제어; $D_s < 65^\circ\text{C}$ (양생 중 온도관리 · 장기균열 제어, IFSTTAR 가이드라인 적용), (내진성능) 1등급(붕괴방지), 8종 지진파 적용

2) 구조물에 적합한 설계법 적용

(구조설계법) 여러 설계법 병행(강도 · 한계; 상치 콘크리트 · 여수토 집수정, 허용; 상치 콘크리트, 강구조, 임시 등대), (구조해석) 2D · 3D FEM 해석, 응력 집중부 국부 상세해석(STM), FSSI 해석, (신뢰성 해석법) 하중 특성, 구조물 내력의 불확실성 고려, 파괴모드별 한계상태함수 및 신뢰성 해석

평가 사유

◎ 평가사유

- 각 社 모두 기초조사 시 적용한 설계기준보다 대체적으로 상향된 설계기준을 적용하였으며, 시설물별로 다양한 구조 설계법 적용과 구조물 신뢰성 및 특화해석 등을 수행함. 설계기준의 적용은 각 社 모두 최소 요구조건을 만족하고 있음.
- 동부건설은 설계과고를 호안 위치별로 세분화하여 적용하였고, 시설물 콘크리트 피복두께는 상대사보다 다소 큰 값을 적용한 특징이 있으며,
- 남광토건은 상재하중을 상대사보다 세분화하였고, 시설물의 내구성 강화를 위해 용융아연도금 강재 토류판을 적용한 특징이 있음.
- 이상을 종합하여 볼 때, 대상 시설물의 위치별 설계기준 설정, 공용 중 콘크리트 및 철근 열화방지 측면 등에서 상대적으로 충실한 설계내용을 보인 동부건설, 남광토건 순으로 평가함.

• 구조물 내구성 및 안정성을 고려한 설계기준

[동부건설]

1) 구조물 내구성

(내구등급) 1등급, 내구수명 100년 이상 확보, 허용기준; ES4 등급, (사용재료) C/W; 0.38, fck; 35 MPa, 결합재; 435 kg/m³, OPC(50%) + SG(40%) + FA(10%) + 방청제, (피복두께) 112.0mm 이상(상치 콘크리트), 110.5mm 이상(반원형 멀티블록), (휨균열) 0.2 mm 이하 제어, 강도 및 한계상태 설계법 적용 (온도균열균열) 1.50 이상 확보, 외기온도; 5, 20, 30 ℃ 적용 (특화해석) 염분침투 해석, 수화열 해석, DEF 제어, 내구성 설계, 크리프·건조수축해석, 신뢰도 기반 염해 내구성 평가 등

2) 구조물 안정성

내진 I 등급, 기반암 A = 0.124 g, 동적 수평변위 20 mm 이하, 염해 신뢰도 지수 1.96(부식확률 2.50 % 이하), (특화해석) 지진해일 안정성 평가, (부재 안전성) 강도 및 한계 설계법 적용, 2D·3D FEM 해석, 휨 + 축방향력 검토

[남광토건]

1) 구조물 내구성

(내구등급) 1등급(상치 콘크리트·여수토 집수정), 성능저하 요인(염해·탄산화·황산염·동해)별 환경기준 만족, 내구수명 100년 이상 확보, (사용재료) C/W; 36 %, fck; 35 MPa, 결합재; OPC(50%) + SG(40%) + FA(10%) + 방청제, (피복두께) 105 mm 이상 확보, (휨균열) 0.2 mm 이하(항만설계기준·구조설계기준 병행 적용), (온도균열지수) 1.5 이상 확보, 외기온도; 5, 20, 30 ℃ 적용 (DEF 제어) 양생 시 온도 65 ℃ 이내 관리(온도균열방지, IFSTTAR 가이드라인 적용), (내진등급) 1등급

평가 사유

(북측), 2등급(내부), 허용변위; 100 mm 이하, FSSI · 지진 · 해일 해석(비선형 균열 진전 해석), (신뢰성 해석) 신뢰성 지수에 따른 파괴확률, 염해 부식확률 해석, (수화열 해석) 파이프 쿨링 적용, 초기 균열 예방 및 내구성 증진 해석 (특화해석) 비선형 균열 해석, 수화열 해석 등

2) 구조물 안정성

내진 1등급, 기반암 $A = 0.124 g$ ($A_{ave} = 0.176 g$), 동적 수평변위 100 mm 이하, 신뢰성 지수 및 파괴확률; 2.70, 3.47×10^{-3} (평상시), 2.40, 8.20×10^{-3} (지진시), 신뢰도 기반 염해 내구성 1.96(부식확률 2.50 %), FSSI 해석, 내진성능평가, 지진시 재료비선형 해석, (특화해석) 염분침투 해석, 정량적 평가 실시, 신뢰도 기반 염해 평가, 수화열 해석, 신뢰성 해석

◎ 평가사유

- 각社 모두 구조물 내구성 확보를 위해 내구수명 100년 이상의 내구 1등급을 설계기준으로 설정하였으며, 구조물 내진 안정성 확보를 위해 내진 1등급을 적용하였음. 또한 콘크리트 시설물의 내구성 및 안정성 확보를 위한 다양한 특화해석을 수행하였음.
- 동부건설은 시설물의 콘크리트 피복두께를 상대사보다 큰 값을 적용하여 내구성 확보 측면에서 다소 우수한 측면을 보인 반면,
- 남광토건은 콘크리트 재료의 물-결합재비와 동적 허용 수평변위에서 상대사보다 엄격한 기준을 적용한 특징이 있음.
- 이상을 종합하여 볼 때, 수밀한 콘크리트 재료사용에 따른 내구성 확보, 매스 콘크리트의 효율적 품질관리 및 내진 안정성 확보 측면에서 상대적으로 충실한 설계내용을 보인 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

o 평가항목 : 구조물 단면계산의 적정성

• 설계하중 및 단면력 계산의 적정성

[동부건설]

1) 설계하중의 적정성

(단계별 적용) 인양 거치시, 투기시, 파압시, 지진시 등, (주요 시설물) 고정 시설물 자중, 상재하중; 15.0 kN/m^2 , 토압; 15.6 kN/m^2 수압; 10.1 kN/m^2 , 풍하중, 파압, 차량 활하중 등 적용, (공사용 진입로) 고정 시설물 자중, KL-510, 장비하중(크롤라 크레인 100 ton) 적용, (기타시설) 고정 시설물 자중, 차량하중, 풍하중 등 적용

2) 단면력 계산의 적정성

평가 사유

(상치 콘크리트) 압축전담 스프링 경계조건 적용, 2D·3D FEM 해석, STM 해석, 지지력 불균등 검토, 구조물~지반 경계조건(FSSI) 해석, (멀티블록) 단계별 활절·고정 경계조건 적용, 파압, 충돌에 의한 충격력 등 고려, (여수도 집수정) 압축전담 스프링 경계조건 적용, 3D FEM 해석

[남광토건]

1) 설계하중의 적정성

(단계별 적용) 호안축조, 투기완료, 부지개량, 지진시 등 (주요 시설물) 고정 시설물 자중, 상재하중(투기 완료시; 15.0 kN/m^2 + 준설토, 부지 운영시; 50.0 kN/m^2), 적설하중; 8.50 kN/m^2 , 토압; 15.0 kN/m^2 수압; 10.1 kN/m^2 적용, 그 외 활하중(공사용 차량중량), 파압, 양압력, 사석 충격력 등 고려(적용 시설물; 상치 콘크리트, 여수도 집수정, 여수도 흡관, 임시 등대)

2) 단면력 계산의 적정성

(주요 시설물) 상치 콘크리트, 여수도 집수정, 임시 등대 등, (상치 콘크리트) 비선형 contact 경계조건 적용, FSSI 해석, 지진·폭풍해일 해석, (임시 등대) 3D FEM 해석, 작용하중에 대한 단면 안정성 확보

◎ 평가사유

- 각 社 모두 시설물별로 단계별 설계하중을 적용하여 필요한 구조단면을 설계하였으며, 2D·3D FEM 해석 모델을 구성한 후, 설치 및 사용조건에 부합하는 경계조건(활절, 고정, 압축 스프링, 비선형 contact 등)을 적용하여 구조해석을 수행함. 또한 시설물의 단면력 계산은 단계별 조합하중에 의한 최대값을 산정한 후 단면 강도와 비교하여 필요 안전율을 확보하고 있음.
- 동부건설은 주요 구조물에 대해 고정하중, 상재하중, 토압, 수압, 풍하중, 파압, 온도하중, 건조수축하중, 관성력, 활하중, 장비하중, 부력, 잔류수압, 표류물 충돌하중 등을 고려하였으며, 상치 콘크리트 본체 설계 단면력 계산 시 강도 및 한계상태설계법을 병행하여 적용하였음.
- 남광토건은 고정하중, 시설물 축조 단계별 상재하중, 적설하중, 풍하중, 토압, 수압, 파압, 활하중, 온도하중, 양압력(부력), 콘크리트 타설하중, 지진하중, 동수압, 관성력, 동파력, 사석 충격력, 지반반력 등 시설물에 작용이 예상되는 설계하중을 고려하였으며, 무근 콘크리트에 대한 허용응력설계법을 적용하여 다소 보수적 관점에서 단면 안전성을 확보하였고 기준에 따른 최소 철근만을 설계에 반영함.
- 이상을 종합하여 볼 때, 다양한 설계하중의 고려, 단면설계에 다소 보수적

평가 사유

인 설계법 적용을 통한 시설물의 내구성 및 사용성 증진, 해양 시설물의 철근 사용 최소화 등을 고려한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

• 구조물 안정성 확보의 적정성

[동부건설]

1) 외적 안정성 확보

활동, 전도, 직선활동, 지반 지지력(단계별; 축조 완료, 투기 완료, 재하 성토, 지진 시) 검토

2) 내진 안정성 확보

7개 지진파 검토(장·단주기파, 정·역단층파, 경주·부산 인공지진파), (FSSI 해석) 최대 수평변위, 최대 인장·압축응력 해석, (특화해석) 지진·해일 시 활동 및 전도검토 최대 인장·압축응력 해석

[남광토건]

1) 외적 안정성 확보

전도, 활동, 직선활동, 지반 지지력(단계별; 축조 완료, 투기 완료, 부지 개량, 지진 시) 및 원호활동(해석법; 한계평형법, 강도감소법, 신뢰성 해석) 검토

2) 내진 안정성 확보

8개 지진파 검토, (FSSI 해석) 상치 콘크리트 변위분포 해석, 여수토 집수정 단면력 검토, (특화해석) 비선형 균열진전 해석 및 손상도 분석, 지진·폭풍해일 시 최대 수평변위, 최대 인장·압축응력 해석

◎ 평가사유

- 각 社 모두 활동, 전도, 직선활동 및 단계별 지지력 등에 대해 외적 안정성을 검토하였으며, 내진 안정성 확보를 위해 다양한 특화해석(FSSI, 지진·해일)을 수행함.
- 동부건설은 내진 안정성 해석 시 7종의 지진파와 동적 허용 수평변위를 200 mm로 설정하여 붕괴방지 수준의 FSSI 내진해석을 수행, 내진 1등급 수준의 지진에 대한 내진 안전성을 확보하였으며, 지진·해일 시 예상되는 각종 외력에 대해 시설물의 안정성과 구조 안전성을 평가하여 최대 발생 변위 및 응력, 단면력을 허용 기준 미만으로 검토하여 시설물의 안정성을 확보하였음.
- 남광토건은 제체의 한계평형 및 강도감소법 등에 의한 원호활동 안정성을 검토하여 시공 과정과 운영시 시설물의 안정성을 확보하고 있으며, 8종의 지진파와 100 mm의 동적 허용 수평변위를 설정하여 FSSI 내진해석과 비

평가 사유

선형 균열해석을 수행, 내진 1등급 수준의 안정성을 확보하고 있음. 또한, 지진 및 폭풍해일 내습시 시설물에 발생하는 최대 변위와 응력에 대해 허용값 이내로 검토하여 시설물의 안정성을 확보하고 있음.

- 이상을 종합하여 볼 때, 상대적으로 엄격한 내진기준 적용과 다양한 시설물 안정성 해석을 수행한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

• 단계별 해석 과정의 적정성

[동부건설]

*) 상치콘크리트, 반원형 멀티블록

(설계법) 강도·한계상태설계법 적용, (해석) 단계별(상치; 완성시, 투기시, 지진시, 멀티블록; 인양거치시, 파압시, 지진시) 해석 수행, (해석결과) 시설물 부재는 하중조합에 따른 필요 강도 이상 모두 확보

[남광토건]

1) 상치콘크리트

(설계법) 허용·강도 및 한계상태설계법 적용, (해석) 단계별(호안축조, 투기 완료시, 부지 개량시, 지진시) 해석 수행, (해석결과) 발생 최대 인장·압축응력이 모두 허용값 이내로 산정, 단면 안전성 확보

2) 여수도 집수정

(설계법) 강도·한계상태설계법 적용, (해석결과) 전면벽, 측벽 모두 필요 강도 이상 확보

◎ 평가사유

- 각 社 모두 대상 시설물에 대해 시설물별 다양한 구조 설계법을 적용하였고, 시공 단계별 구조해석을 수행하여 단면 안전성을 확보하고 있음. 또한, 2D·3D FEM 해석을 수행하여 단계별 하중조합에 따른 최대 발생 단면력 및 응력과 단면강도, 허용응력을 각각 비교하여 필요 안전율을 확보하고 있음.
- 아울러 콘크리트 타설 단계별 수화열 해석과 크리프·건조수축에 대한 해석을 수행하여 시공 중 품질관리와 장기거동에 대한 구조 안전성을 확보하고 있음.
- 동부건설은 주요 시설물인 반원형 멀티블록, 상치 콘크리트에 대해 인양거치시, 파압시, 투기시, 지진시 등으로 구분하여 시공 단계별 하중 및 하중조합을 설정한 후, 2D·3D FEM 구조해석을 수행, 발생하는 최대 단면력과 단면 강도를 각각 검토하여 강도 또는 한계상태설계법에 따라 구조

평가 사유

적 안전성을 확보하고 있으며,

- 남광토건은 호안축조, 투기완료, 부지개량 및 지진시에 대해 단계별 작용 하중과 하중조합을 설정하여 2D·3D FEM 구조해석을 수행, 시설물의 장기 안전성을 확보하고 있음. 다만, 상치 콘크리트에 대해서는 허용응력 개념에 의한 응력 검토를 수행하여 단면의 안전을 확보하였고, 여수토 집수정은 강도 또는 한계상태 설계법을 적용하여 단면 검토를 수행함.
- 이상을 종합하여 볼 때, 시설물별 시공 및 사용조건 등을 고려한 설계법 적용과 구조해석을 수행한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

• 가설구조물 구조검토의 적정성

[동부건설]

1) 공사 중 가설구조물

상치 콘크리트 제작 시설; 시스템 동바리, 이글루 블록, 강재 거푸집, 기타 시설; 콘크리트 타설용 가시설, 세륜세차시설, 안전난간, 서측 등대 등

2) 가설구조물 안전성 검토

가시설(동바리, 지보공, 이글루 블록, 강재 거푸집), 부대시설(세륜세차시설, 안전난간) 및 임시 등대(서측 및 북측 등대) 시설물 모두 필요 안전을 확보

[남광토건]

1) 공사 중 가설구조물

토류판, 상치 콘크리트 수축줄눈, 원심력 철근콘크리트관, 여수토 집수정, 돌망태 블록, 안전난간, 세륜세차시설

2) 가설구조물 안전성 검토

단계별 해석; 응력 집중부 및 취약부 검토, 3D FEM 해석; 강재 거푸집 및 강관 동바리, 세륜세차시설 단면 안전성 검토, 인양시 안전검토; 콘크리트 블록 4, 5, 6 점지지 구조 안전성 검토 수행

◎ 평가사유

- 각社は 가설구조물의 응력 집중부에 대한 상세해석 및 인양시 시설물 안정성 해석 등 다양한 구조해석 수행하여 가설구조물에 대한 필요 안전을 확보하고 있음.
- 동부건설은 상치 콘크리트 타설용 동바리, 이글루 블록 강재 거푸집, 상치 타설용 가시설, 세륜세차시설, 안전난간, 임시 등대 등 각종 가설시설물에 대해 상향된 하중기준(KL-510, 설계풍속 75 m/s)과 시공 중 예상되는 작업하중을 적용하여 가시설의 응력비 및 변위를 허용값 이내가 되도록 설

평가 사유

정하여 가설구조물의 안전성 확보하고 있음.

- 남광토건은 가설구조물에 대해 강화된 설계기준 적용과 적정 배치계획을 수립하였으며, 설계안전성 검토(DFS)를 수행하고 시공 중 발생 가능한 위험요소를 사전에 도출하여 저감대책을 수립하는 등 안전관리 계획을 수립함. 또한 상치 콘크리트에 대한 강재 거푸집 및 강재 동바리, 여수토 집수정 덮개, 인양 콘크리트 블록, 임시 등대, 강재 토류판, 고내구 돌망태, 안전난간, 방제 여수로 등 각종 가설구조물에 대해 구조검토를 수행하여 안전성을 확보하고 있음.
- 가설구조물은 단면의 안전을 확보 뿐만 아니라 시공 중 작업 안전관리 및 품질관리가 중요한 요소라 판단됨. 이상을 종합하여 볼 때, 가설구조물의 계획수립 내용이 상대적으로 충실한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

o 평가항목 : 구조물 부재 및 재료설계의 적정성

• 부재선정 및 내구성 확보의 적정성

[동부건설]

1) 부재 선정

VE·LCC 분석 수행, 분석 결과; 반원형 멀티블록 슬릿부 두께(400mm)(성능 평가 78.6), 시멘트(5:4:1+방청제)(성능 평가 84.6), 기타부재; 고성능 신축이음(고품질 썰러), 상치 콘크리트 타설용 가시철(SS 275), 서측 등대(STP 355) 적용

2) 내구성 확보

(적용) 내구 1등급, 염해 내구수명 176년 이상(상치 콘크리트), 127년 이상(반원형 멀티블록), (방안) 3성분계 시멘트+방청제, 피복두께 110.5 mm 이상(반원형 멀티블록), (평가) 염분침투 해석, 동결융해 내구성 평가, 탄산화 내구성 평가, 황산염 평가 등 수행

[남광토건]

1) 부재 선정

VE·LCC 분석 수행, 분석 결과; 콘크리트 강도 35 MPa 철근 강도 400 MPa (성능 평가 90.5), 여수토 벽체(400mm)(성능평가 92.0), 방청제(성능 평가 91.9), 일괄타설+파이프쿨링(성능평가 91.6), 기타부재; 토류판(용융아연도금 강재), 여수토 보호공 연결철근 적용

2) 내구성 확보

(적용) 내구 1등급, 100년 이상, (방안) 염화물 확산계수에 균열보정 계수 1.5 적용, 저발열 3성분계 시멘트+방청제 사용, (평가) 염분침투 해석, 내구성 평가, 탄산화 내구성 평가, 황산염 용해 평가, 수화열 해석, 염해 저항성 실험, 염소이온침

평가 사유

투 해석, DFS 균열대책 등 검토

◎ 평가사유

- 각社は VE·LCC 성능평가를 통해 사용부재를 선정하였으며, 시설물 내구성 확보를 위한 다양한 특화해석을 수행하였음.
- 동부건설은 상치 콘크리트, 반원형 멀티블록에 대한 중점 고려사항을 선정하고 유지보수 난이도에 따른 내구성 설계구간을 설정하였으며, 반원형 멀티블록은 내구 1등급 상향 적용으로 공용 중 유지보수가 필요없는 수준으로 설계함. 또한 해상 대기부의 상치 콘크리트는 공용 중 유지보수가 최소화되도록 설계 내구성능을 설정함. 아울러 정량적 내구성 설계를 위해 환경지수를 상회한 내구지수를 설정하였으며 내구수명 100년 이상으로 내구성을 확보하고 있음. 염해 내구성 향상 대책으로 염분침투 해석 수행, 적정 시멘트 재료 및 피복두께 확보, 방청제를 적용하였으며, 탄산화, 동결융해, 황산염 등 각종 콘크리트 열화에 대한 내구성 평가를 통해 시설물의 소요 내구성을 확보함. 또한 주요 부재의 시공 중 품질확보 및 장기 안정성 확보를 위해 크리프·건조수축, 수화열 해석 등을 수행하였으며, 주요 시설물인 상치 콘크리트, 반원형 멀티블록은 분할 타설에 의한 구조물 수화열 관리 및 균열방지 대책을 수립하였음.
- 남광토건은 부재 및 재료선정의 적정성 확보를 위해 중점 반영사항을 검토하였으며, 성능평가를 통해 안전성, 내구성, 경제성 및 시공성을 고려한 부재와 사용재료를 선정하였음. 또한 내구성 확보를 위해 정량적 내구성 평가(목표내구수명 100년 이상)를 실시하고, 염분침투 해석, 균열해석, 수화열 및 장기 균열 검토 등을 수행하여 균열방지·보강대책, 염해안전·보강대책 등을 수립함. 아울러 정량적 내구성 평가, 탄산화 평가, 황산염 및 동결융해 평가, 신뢰도 기반의 염해 내구성 평가, 염해 저항성 실험, 염소이온 침투 해석, DEF에 의한 균열대책 수립, 수화열 해석, 비선형 균열 해석 및 장기거동 해석 등을 통해 시설물의 내구 안전성을 확보하고 있음. 특히 수화열 관리 측면에서는 파이프 쿨링공법을 도입하여 매스 콘크리트의 일괄타설로 인한 균열제어를 적용한 특징이 있음.
- 해양 콘크리트는 시공, 공용 중 내구성에 기반한 시설물의 사용성, 구조적 안전성을 확보하는 것이 가장 중요한 요소라 판단됨. 특히 대상 시설물은 염해환경에서 시공되는 매스 콘크리트 구조로, 시공 중 수화열 관리 및 균열제어, 철근 사용 및 쿨트조인트의 최소화 등이 요구되는 시설물임. 이상을 종합하여 볼 때, 일괄타설 및 파이프쿨링으로 매스 콘크리트 균열관

평가 사유

리와 시공성, 내구성 확보 등을 설계에 반영한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

• 구조물 단면설계의 적정성

[동부건설]

*) FEM 해석모델

반원형 멀티블록; 3D Frame · Plate · Solid 해석, 상치 콘크리트 일반구간, 친수구간; 3D Plate · Solid 해석 및 STM 해석, 여수토 집수정; 3D Plate 해석, 서측등대, 안전난간, 인공어초 이설; 3D Frame 해석

[남광토건]

1) 상치 콘크리트

부등침하, 돌망태, 신축 이음부에 대한 소요 안전성 확보

2) 여수토 집수정

기초 불균등 발생에 따른 해석 및 강재 토류관 적용으로 안전성 증진

◎ 평가사유

- 각社は 여러 구조모델을 적용한 FEM 해석을 수행하였으며, 시설물의 시공 및 설치조건, 공용 중 기초지반 변동을 고려한 해석을 수행함.
- 동부건설은 허용응력, 강도 및 한계상태설계법을 병행하여 3D 해석을 통해 단면설계의 신뢰성과 구조적 안정성을 확보하였으며, 다양한 해석기법으로 상치 콘크리트 일반 · 친수구간, 덮개블록 등에 대한 구조적 안정성을 확보하고 있음. 여수토 집수정, 임시 등대, 부대시설 등도 최대 발생응력을 허용응력 이내로 발생될 수 있도록 단면을 설정하여 구조적 안전성을 확보하였음. 또한 시설물의 종방향 해석을 통해 부등침하에 의한 종방향 보강철근을 적용하였으며, 기상조건을 고려한 신축량 검토, 신축이음부 개선, 등대부 앵커볼트 검토, 안전난간 검토, 내부가호안 여수토 집수정 검토, 공사용 진입로용 가교 검토, 수화열 검토 등을 통해 단면설계의 적정성을 확보하고 있음.
- 남광토건은 상치 콘크리트에 무근 개념의 허용응력설계법에 의한 3D 해석을 통해 단면의 구조적 안정성을 확보하고 있으며, 종 · 횡방향 부등침하 검토, 고내구 돌망태 구조검토, 해당 지역 기상조건을 고려한 신축 이음부 검토 및 고내구 수팽창 지수재 신축량 검토 등을 수행하였음. 여수토 집수정에 대해서는 강도 및 한계상태설계법을 병행하여 단면설계를 수행하였으며, 안전성 증진 및 유지관리 최소화를 위해 기초 불균등 발생에

평가 사유

따른 해석 및 강재 토류판을 적용하였음.

- 이상을 종합하여 볼 때, 단면설계에 다소 보수적인 설계법 적용으로 시설물의 내구성 및 사용성을 상대적으로 제고하고, 종·횡방향 해석을 통해 시설물의 단면 안전성 확보 등을 설계내용에 반영한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

• 구조물 국부(응력 집중부) 상세설계

[동부건설]

1) 상치 콘크리트

(부재) 우각부 상세 해석, (해석법) FEM, STM, 단면 내·외측 인장응력 해석 (적용) 필요 철근 보강

2) 곡주 및 앵커

전인 각도에 따른 휨·전단응력 해석 수행

3) 반원형 멀티블록 들고리

인양시 인장·압축응력 검토, 인장부 철근 보강

[남광토건]

1) 우각부 상세해석

(해석법) FEM, STM, (적용) 측면 및 중간벽 하단에 필요 철근 보강

2) 응력 집중부

여수토 원심력 콘크리트관 인장·압축응력, 곡주 및 앵커 인장응력, 임시 등대 인장·전단응력, 콘크리트 블록 인양시 안정성 검토

◎ 평가사유

- 각社は 시설물의 응력 교란부(응력 집중부, 단면 변화부 등)에 대한 FEM, STM 상세해석을 수행하여 단면 안전성을 확보하고 있으며, 필요 구간에는 철근을 보강함.
- 동부건설은 상치 콘크리트의 우각부에 대해 FEM 및 STM 해석을 수행, 해석결과를 반영하여 철근 보강 및 응력 집중부에 대한 단면 안전성을 확보하고 있음. 또한 곡주, 곡주 기초앵커, 반원형 멀티블록 들고리 설치부에 대한 상세 해석을 수행하고 최대 발생응력이 허용응력 이내로 될 수 있도록 보강하여 단면 안전성을 확보하였음.
- 남광토건은 상치 콘크리트 우각부에 대해 부등침하에 의한 부재 안정성 확보와 여수토 집수정 우각부의 FEM 및 STM 해석을 수행, 해석결과를 반영하여 철근 보강 및 응력 집중부에 대한 단면 안전성을 확보하고 있

평가 사유

음. 아울러 여수토 원심력 콘크리트관, 곡주 및 앵커, 임시 등대 기초, 콘크리트 블록 인양지지점에 대한 상세 해석을 수행하고 최대 발생응력이 허용응력 이내로 될 수 있도록 보강하여 단면 안전성을 확보하였음.

- 이상을 종합하여 볼 때, 구조물 국부(응력 집중부)에 대한 상세해석은 우각부에 응력완부부(현치)를 설치하여 응력집중에 대한 단면 안전성을 높이고, 기타 부재에 대한 상세설계 충실도가 상대적으로 높은 동부건설, 남광토건 순으로 평가함.

• 인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 적정성

[동부건설]

1) 인접 구조물 영향검토

상치 콘크리트 시공이음, 장래 공구 접속부 보강(장주 2열 추가) 및 지진시 상대변위 검토

2) 접속계획 적정성

2공구 접속부; 장주 2열 추가 DCM 등, 수도 접속부; 고무 방사판, 필터 매트 등 적용

[남광토건]

1) 인접 구조물 영향검토

상치 콘크리트 신축이음, 상치 콘크리트간 이격 거리, 여수토 사석 충격 등 검토, 필요 안전성 확보

2) 접속계획 적정성

고내구 수평창 지수재 · 3중 매트, 유출 방지공, 응력 순응형 계단식 DCM 등 검토, 시공성 제고

◎ 평가사유

- 각社は 시설물 거동을 고려하여 인접 구조물의 영향을 검토하고, 향후 시설물 확장을 고려한 기초 보강공법을 설계에 적용함.
- 동부건설은 인접 구조물의 접속부 현황을 파악(2공구 접속부; 파랑 집중, 암반 수도 경사면; 체제 활동 우려)하고 장래 하중의 변화 등을 고려하여, 2공구 접속부에 대해서는 DCM 추가 지반개량, 수도 접속부 및 상치 콘크리트 시공 이음부에 대해서는 고무 방사판과 필터매트, 고품질 조인트 씰러, PVC 지수판 등을 설계에 반영하여 준설토 유출 방지 계획을 수립함.
- 남광토건은 상치 콘크리트 신축이음부에 다웰바 + PVS 파이프, 고내구 수

평가 사유

팽창성 지수재 및 백업재 등을 반영하여 부등침하에 대한 시설물 안전성을 확보하고 있으며, 시설물간 이격거리 검토를 통한 전달하중의 영향 검토, 여수토 사석충격 검토 등을 통해 구조 안전성을 확보하고 있음. 또한 수도~방파호안 접속부에는 고내구성 수팽성 지수재와 3중 매트를 설치하여 준설토 유출 방지를 계획하였고, 내부가호안 접속부에는 유출방지공 설치, DCM~굴착치환 접속부에는 응력순응형 계단식 DCM 설치로 부등침하에 대한 안전성을 확보하고 있음.

- 이상을 종합하여 볼 때, 인접 구조물 영향검토 및 접속계획의 설계내용이 상대적으로 충실한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

o 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

- 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

[동부건설]

1) 유지관리 편의성

지능형 CCTV(5개소), 2차로 이상 관리용 도로 확보, 추락방지시설 및 공사용 진입로, 자동화 계측관리 적용 등

2) 유지관리 비용절감

저발열 3성분계 시멘트 + 방청제, 피복두께 110.5 mm 이상 적용, 상치 신축 이음부(셀러 + PVC 지수판 + 매트), 선박충돌 보호공 설치 적용

[남광토건]

1) 유지관리 편의성

지능형 CCTV(10개소), 다기능 적출장(1개소), 상치 일체형 여수토(2개소), 2차로 관리용 도로 확보, 추락방지시설 반영, 자동화 계측관리 적용 등

2) 유지관리 비용절감

저발열 3성분계 시멘트 + 방청제, 줄눈(35×35), 다웰바(800mm), 철근 설치로 균열 방지, 용융아연도금 강재 적용

◎ 평가사유

- 각社は 유지관리 편의성을 고려한 시설물 및 관리계획, 스마트 건설기술 연계 등을 제시하고 있으며, 유지관리 비용절감을 위한 재료선정과 공용 중 시설물 손상방지시설 설치 등을 설계에 반영함.
- 동부건설은 유지관리 최소화를 위한 기본방향 설정과 상치 콘크리트 및 반원형 멀티블록에 대해 유지관리 문제점을 파악하여 대상 시설물을 계획

평가 사유

함. 구체적인 시설물 계획에는 3성분계 혼합시멘트 및 강화된 피복두께를 적용한 상치 콘크리트와 고품질 조인트 썰러를 적용한 신축이음부 개선에 따른 시설물 내구성 향상, 방청제 사용으로 외부 호안시설 유지관리 최소화, 표류물 충돌 해석 및 선박충돌 보호공 설치로 시설물 유지관리비용 최소화 계획 등이 있음.

- 남광토건은 유지관리 편의를 고려한 시설물 계획을 수립하고, 관리자 접근 시설물을 적재적소에 배치하여 유지관리 편의성을 설계에 반영하였으며, 유지관리 비용절감을 위해 고품질 재료사용, 균열방지 줄눈 및 부등침하 방지시설 설치, 용융아연도금 강재 사용 등으로 내구성을 확보함. 또한 내구성능 강화설계 및 해석(염분침투, 연결부 상세, 수화열, 사석충돌, FSSI 내진 등)을 수행하여 유지관리 최소화 계획을 설계에 반영함.
- 이상을 종합하여 볼 때, 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획의 설계내용이 상대적으로 충실한 동부건설, 남광토건 순으로 평가함.

• 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

[동부건설]

*) 적용 항목; 총 31개

(설계) 방청제 사용, BIM 수량산출 계획, 반원형 멀티블록 적용, (시공) GFRP 보강근, 신축이음(썰러 + 지수관) 적용, (운영) AIS 기반 선박충돌방지 시스템, IoT 공사용 등부표, 첨단 유지관리 마스터 플랜 등 수립

[남광토건]

*) 적용 항목; 총 50개

(설계) 저발열 3성분계 시멘트, 수화열 해석 등 10개 항목 적용, (시공) 파이프 쿨링, 준설토 유출 방지공, 다월바 설치 등 10개 항목 적용, (운영) 머신 가이던스 자동화 시공, 지능형 CCTV 등 30개 항목 적용

◎ 평가사유

- 각社は 시설물의 설계, 시공, 운영단계에 다양한 신기술, 신공법을 설계에 반영하고 있으며, 이를 통해 시설물의 품질향상 및 시공성 개선, 운영 효율성 제고를 위한 내용을 설계에 반영함.
- 동부건설은 신기술, 신공법으로 GFRP 철근, 고품질 썰러 및 방청제를 적용하여 구조물 성능향상과 유지관리 최소화를 설계에 반영하고 있으며, BIM 기술을 활용하여 자동화 설계를 통한 설계 최적화, 오류 최소화 및


평가 사유

수량 자동산출 기술을 계획하였음. 또한 신기술, 신공법 도입의 효과로서 준공 후 BIM 데이터 구축 및 디지털 모델 이관, 첨단유지관리 마스터 플랜 수립으로 설계 변경 및 유지관리 효율성의 제고를 설계에 적용하고 있음. 아울러 안전분야에서 유속제어공, 선박충돌방지 시스템, IoT 공사용 등부표를 설치하여 시공 중 및 운영 중 안전성 확보를 설계에 반영하였음.

- 남광토건은 상대사에 비해 다수의 다양한 신기술, 신공법을 적용하고 있으며, 안전성, 내구성 및 시공성이 우수한 구조물 조성을 계획하고 있음. 또한 안전성과 내구성 개선을 위해 염분침투 해석, 파이프 쿨링 도입, 준설토 유출 방지공, 다웰바 설치를 계획 중이며, 시공성 및 환경성 개선을 위해 머신가이던스 사동화 시공, 지능형 CCTV 설치, IoT 해상관제 시스템 설치, ECO-Garden 설치로 생태계 복원 및 영향 최소화를 설계에 반영하였음.
- 스마트 건설기술을 비롯한 신기술, 신공법의 현장 적용 실현 가능성과 효율성 등을 종합적으로 고려할 때, 설계내용이 상대적으로 충실한 남광토건, 동부건설 순으로 평가함.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 이영호 (인 )

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사

□ 전문분야 : 토질 및 기초

평가 사유

○ 평가항목 : 1) 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

[지반공학적 지층 및 토질특성 분석]

□ 지반조사 현황

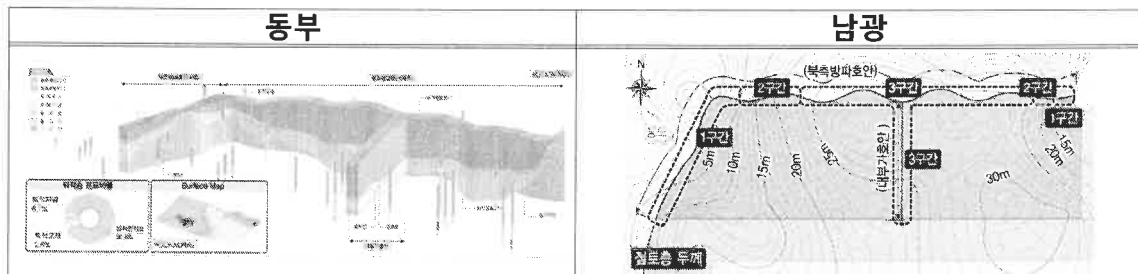
- 양 사 모두 기초조사 10공, 공동조사 47공을 통하여 산출된 자료를 같이 활용하였으며, 남광에서는 인근 투기장에서 4회의 개별조사 실시
- 지반 특성을 보다 폭넓게 확인하기 위하여, 동부측은 인근 지역의 총 57개 사업의 총 1,396공을, 남광측은 40개 사업의 총 1,436공을 추가 확인

□ 특화시험/실험

- 공동조사에 대한 조사 외 개별조사 단계에서 동부측은 총 42개 항목의 특화 시험/실험을 수행하였으며, 남광측은 총 38개 항목의 특화시험/실험을 수행

□ 지층분석

- 전체적인 지층구성이 고소성점토(CH), 저소성점토(CL) 이후 모래, 자갈, 기반암층으로 구성된다는 내용은 유사하며, 서측구간(상부) 등에 패각 분포
- 동부측에서는 3차원 지층분포를 분석 후 구조물 위치에 따라 구역을 구분하였으며, 남광측에서는 연약지반 심도에 따라 3개의 구역으로 구분



⇒ (소결) 동부측이 더 많은 특화시험/실험을 수행하였으나, 추가적인 개별 조사 및 인근 시추공 분석수량 등을 종합적으로 고려하였을 때 남광측이 더 폭넓게 지반조건을 조사, 분석한 것으로 판단(남광우세)

평가 사유

[지반특성에 부합한 토질정수 산정]

□ 연약지반 토질정수

- 동부측에서는 N치가 10 이하인 점토지반을 연약지반으로 판단하였으며, 남광측에서는 기초자료조사용역과 동일하게 N치 6 기준으로 판단
- 기초자료조사용역 대비 양 사 모두 초기간극비, 압축지수, 압밀계수 등을 대부분 보수적으로 산정하였으며, 동부측은 구간별 CH 및 CL로 구분하여 산정하였고, 남광측은 1, 2, 3구간별로 산정

구분	기초 자료 조사	동부			남광		
		CH (서)	CH (북/기호안)	CL	1구간	2구간	3구간
함수비	71.0	83.1	76.7	33	79.3	73.2	72.1
포화단위중량	15.8	14.99	15.16	18.45	15.3	15.8	15.8
e_0	2.00	2.406	2.142	0.965	2.24	2.12	2.08
압축지수	0.93	0.93	0.98	0.366	1.00	1.00	1.10
압밀계수	2.30e-3	1.14e-3	1.60e-3	5.47e-3	1.65e-3	2.69e-3	2.97e-3
강도증가율	0.36	0.29	0.32	0.21	0.30	0.31	0.33
비배수 전단강도	1.75GL +1.1324	1.46GL+0.72			1.39z+3.0		

□ 일반 토질 정수

- (강도) 대부분 설계강도는 기초자료조사용역과 큰 차이는 없으나, 동부측은 점토와 풍화암의 강도를 높게, 풍화토는 낮게 산정하였으며, 남광측은 대부분 유사

구분	기초자료조사		동부		남광	
	점착력 (kPa)	내부 마찰각(°)	점착력 (kPa)	내부 마찰각(°)	점착력 (kPa)	내부 마찰각(°)
점토	40	-	45.0	-	40	-
모래	-	30	-	29.3	-	30
자갈	-	32	-	32.0	-	32
풍화토	20	30~32	18.8	32.0	20	32
풍화암	30	33	31.3	33.0	30	33
연암	100	35	100.0	35.5	100	35

평가 사유

- (변형특성) 기초자료조사용역과 대비하여, 양 시 모두 점토층은 유사하며, 양 사 간에는 상대적으로 동부측은 모래 강성을 낮게, 남광은 자갈, 풍화토, 풍화암, 연암 등을 낮게 평가

구분	기초자료조사		동부		남광	
	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
점토	5	0.38	5	0.380	5	0.38
모래	20	0.35	16	0.350	20	0.35
자갈	30	0.33	35	0.340	30	0.33
풍화토	30~40	0.32~ 0.33	45	0.325	40	0.32
풍화암	180	0.30	190	0.300	180	0.30
연암	1,600	0.25	1,300	0.250	1,000	0.25

□ 동적특성

- 주요 동적계수들에 대하여, 동부측은 남광 대비 자갈층 이하에서 전반적으로 높은 값의 물성치를 산정하였으며, 남광측은 점토, 모래에서 전반적으로 높은 물성치 산정

구분	기초자료조사			동부			남광		
	V_s	G_d	E_d	V_s	G_d	E_d	V_s	G_d	E_d
연약지반	157	47	131	171	52	150	178	52	154
점토	230	111	270	185	64	186	226	86	256
모래	237	106	311	247	114	327	257	121	360
자갈	279	149	439	305	189	438	286	158	471
풍화토	399	321	948	392	310	910	335	229	679
풍화암	636	874	2,538	612	820	2,493	601	774	2,238
연암	954	2,138	5,953	1,244	3,806	11,183	993	2,314	6,399

⇒ (소결) 연약지반에 대한 판단기준, 지반물성치, 동적물성치 산정 등의 수치를 종합하여 살펴보면, 동부측이 좀더 보수적으로 지반정수를 산정하였다고 판단(동부우세)

평가 사유

[침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전율 산정]

□ 하중조건

- 호안 하중에 대해서는 양 사에 차이가 없으나, 장래부지에 대하여 동부측은 배후 친수공간, 도로, 철도 등의 계획을 고려하여 차등적용 하였으며, 남광측은 컨테이너부두 야드 기준에 맞춰 적용

[호안]	축조완료시	투기완료시	재하성토시	부지운영시	지진시
기초자료조사	15kN/m ²				7.5kN/m ²
동부	15kN/m ²	15kN/m ²	15kN/m ²	15kN/m ²	7.5kN/m ²
남광	15kN/m ²	15kN/m ²	15kN/m ²	15kN/m ²	7.5kN/m ²

[장래부지]	투기완료	부지개량	부지운영	지진시
동부(호안)	준설토 하중	재하성토하중	20~30kN/m ²	10~15kN/m ²
남광(매립)	준설토 하중	재하토(7.0m)	50kN/m ²	25.0kN/m ²

□ 침하, 변위 관련 기준

- 기초자료조사와 대비하여 양 사에서는 모두 강화된 기준과 수평변위 기준을 적용하였으며, 특히 남광측은 지진 시 수평변위 기준은 동부측 대비 더 강한 기준 적용

구분	침하		수평변위	
	잔류	부등	운영시	지진시
기초자료조사	10cm	1/300	-	-
동부	5cm	1/500	10cm	20cm
남광	5cm	1/500	10cm	10cm

□ 내진 및 액상화

- 기초자료조사 시 II 등급으로 설정되었으나, 양 사 모두 북측방파호안을 I 등급으로 상향적용

구분	북측방파호안		내부가호안	
	등급	재현주기	등급	재현주기
기초자료조사	II등급	500년	II등급	500년
동부	I 등급	1,000년	II등급	500년
남광	I 등급	1,000년	II등급	500년

□ 호안 안전율

- 활동, 전도, 원호 등에 안전율을 양 사 모두 유사하게 적용하였으나, 투기 완료 시점과 재하성토(부지개량) 시점에 동부측은 영구구조물과 동일한 안전율을 적용한 반면, 남광측은 일부 또는 전체 구간에 상대적으로 낮은 안전율 적용

평가 사유

투기 완료	안전율			지지력 (편심경사)
	활동	전도	원호	
동부	1.2	1.2	1.3	1.2
남광 0 : 내부가호안	1.2(1.1)	1.2(1.1)	1.3(1.1)	1.2(1.0)

재하성토/ 부지개량	안전율			지지력 (편심경사)
	활동	전도	원호	
동부	1.2	1.2	1.3	1.2
남광	1.1	1.1	1.1	1.0

□ DCM 안전율

- 동부측은 활동, 전도에 대하여 투기완료 시점에서 영구구조물의 높은 안전율을 적용하였고, 남광측은 투기 시 내부가호안에 임시구조물의 안전율을 적용한 대신 지지력에서 높은 안전율 적용

외적 안전율	동부			남광 0 : 내부가호안		
	활동	전도	지지력	활동	전도	지지력
축조완료	1.2	1.2	2.5	1.2	1.2	3.0
투기완료	1.2	1.2	2.5	1.2(1.1)	1.2(1.1)	3.0
재하성토	1.2	1.2	2.5	1.1	1.1	3.0
부지운영	1.2	1.2	2.5	1.2	1.2	3.0
지진시	1.1	1.1	1.5	1.1	1.1	2.0

- DCM에 대한 허용응력에 대해서는 남광 대비 동부에서 좀더 낮은 허용응력 적용하였으나, 이는 초기 설정한 설계강도에 따른 것으로 판단

허용응력	동부			남광		
	압축	전단	인장	활동	전도	지지력
축조완료	651	242	73	694.4	258.3	77.5
투기완료						
재하성토						
부지운영	977	363	109	1,041.6	387.4	116.2
지진시						

⇒ (소결) 남광측에서 단계별 하중조건, 수평변위조건(지진시), DCM 지지력 안전율 등을 강화하여 적용하였으나, 본 사업에서 투기장 호안이 주요 공중인 점을 감안하면, 시공단계에서 호안/DCM 안전율 등에서 남광측 대비 보수적으로 안전율을 적용한 동부가 더 보수적으로 적용하였다고 판단(동부우세)

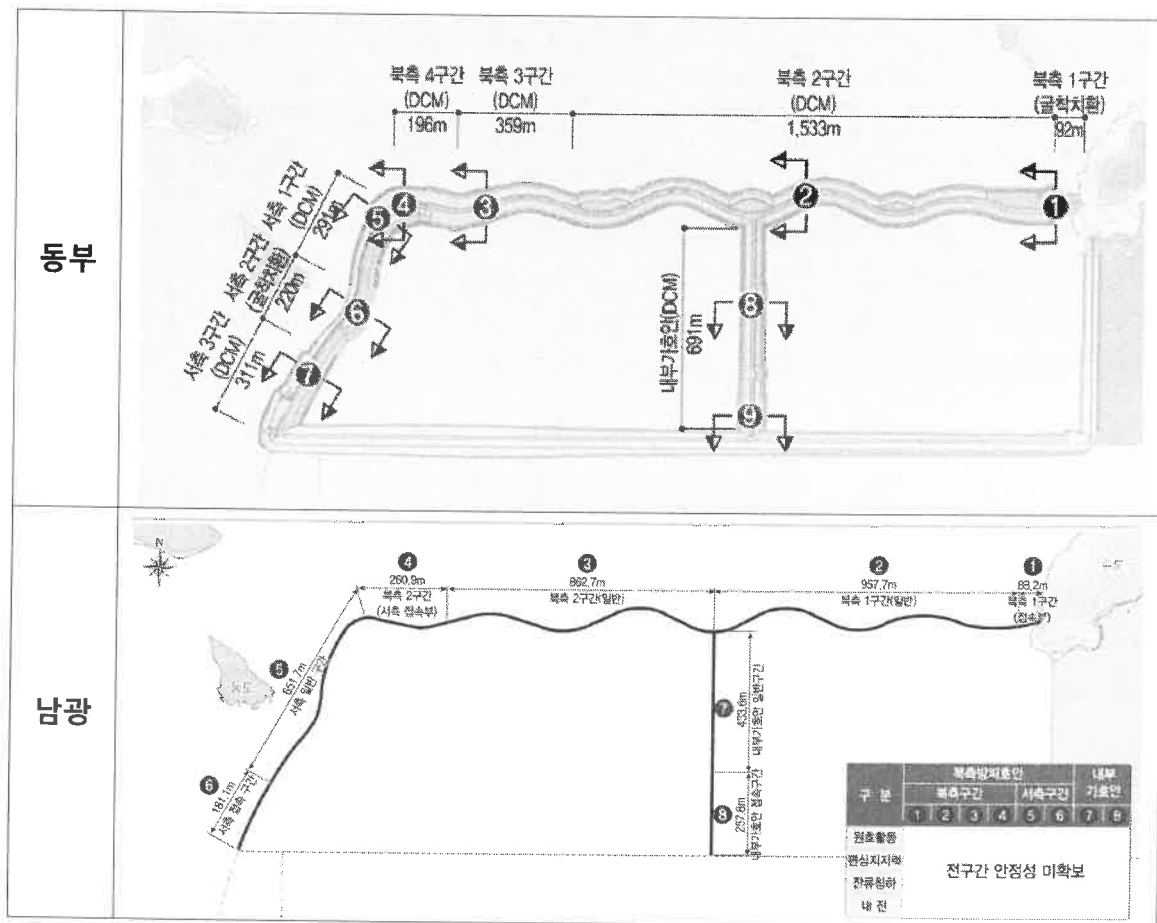
평가 사유

o 평가항목 : 2) 기초지반처리 적정성

[기초지반처리 필요성 검토]

□ 필요성 검토단면

- o 양사 모두 기초지반처리의 필요성을 검토하기 위하여, 구간별 단면을 고려하여 해석 실시
- 동부측에서는 서측구간의 블록식 자립제를 포함하여 9개 단면, 남광에서도 대안으로 제시한 사석경사제에 대한 8개 단면에 대하여 검토 실시




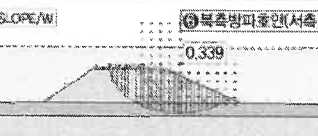
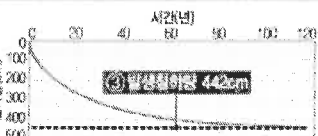
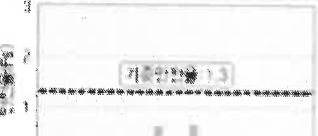


□ 검토 항목설정

- o 양사 모두 기초지반 처리의 필요성을 확인하기 위하여 각사에서 설정한 단면별 수치해석을 실시함
- 원호활동, 평심경사 지지력, 침하 등에 대하여 주요 시공단계별 검토

평가 사유

□ 필요성 검토결과

- 양 사 모두 전 구간 해석 시, 설정한 기준에 불만족하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 구간 지반보강이 필요한 것으로 검토

동부	<div>원호활동</div>  <p>• $F_s = 0.140 \sim 0.523 < 1.3$:NG</p>	<div>편심경사 지지력</div>  <p>• 편심경사 $F_s = 0.339 < 1.2$:NG</p>	<div>침하량</div>  <p>• 발생 침하량 442cm > 5.0cm :NG</p>
남광	<div>① 원호활동(상시)</div> 	<div>② 편심경사 지지력(상시)</div> 	<div>③ 강류침하</div> 

⇒ (소결) 검토항목과 검토결과는 양 사가 유사한 수준이나, 동부측이 상대적으로 많은 단면에 대하여 검토하는 등 종합적으로 더 세밀한 검토를 한 것으로 판단(동부우세)

평가 사유

[기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토]

□ 구간별 처리공법

- 양 사 모두 대부분의 구간을 DCM으로 기초지반처리공법으로 선정하였으며, 서측 및 북측구간 일부에서는 굴착치환 공법을 선정
- 패각이 출현하는 구간에 대해서는 양 사 모두 기초지반처리를 강화하였으며, 지층현황에 따라 굴착치환공법을 적용하거나, DCM을 적용하되 고화재량을 증가시킴
- 굴착치환공법 적용 구간에 대하여, 동부측은 연약지반 깊이를 기준으로 4m 이하인 구간을 기준으로 서측 220m 구간, 북측 92m 구간을 설정하였으며, 남광측은 모래질 패각구간, 연약지반 심도 5m 이하인 구간을 기준으로 서측 652m 구간, 북측 88m 구간으로 설정

□ DCM

- (형상·개량률) 양 사 모두 원안 대비 강화된 개량체 직경, 중첩범위, 개량률을 설정하였으며, 남광측에서는 패각구간의 중첩률 상향(30→40cm) 등에 따라 추가적인 개량을 증가

구분			원안	동부	남광
직경			1,350mm	1,600mm	1,600mm
중첩			20cm	30cm	30cm(패각구간 40cm)
개량률	단주		93.7%	96.4%	96.4%~97.9%
	장주	북측	41.3%	40.3~55.6%	42.1~79.3%
		서측	49.5%	51.4~60.0%	48.8~79.3%
		내부	37.4%	42.5~55.6%	38.6~59.7%

- (강도) 동부측은 원안 대비 낮은 설계강도를 적용하고 이에 따라 심도 및 위치별 고화재량을 조정하였으며, 남광측은 원안과 동일한 설계강도 및 유사한 고화재량을 설정하되 접속구간(상향)과 부상토(일부하향) 고화재량은 조정
- 부상토에 대해서는, 동부측은 사석제로 활용하기 위한 강도 및 고화재량을 설정하였으며, 남광측은 고강도 단주로 활용하기 위한 강도 및 고화재량 설정

구분	원안	동부	남광
설계강도	2.4MPa	2.25MPa (부상토 1.5MPa)	2.4MPa
고화재량 (kg/m ³)	(일반)250 (패각)300 (부상토)250~300	(북측·내부) 280(0~5m), 250(5~10m), 230(10m↑) (서측/패각) 280 (부상토) 150	(일반구간) 250 (패각·접속구간) 300 (부상토) 250

- DCM 설계강도를 기반으로 산정하는 DCM 복합지반의 허용 점착력에 대해서는 동부측에서 좀더 보수적인 계수를 적용하여 산정한 것으로 판단

평가 사유

- (개량범위) 양 사 모두 원안과 대비하여 DCM 개량깊이, 개량폭을 확대하여 추가적인 안정성을 확대한 것으로 판단
 - 동부에서는 상대적으로 개량폭을 더 넓게 확보하고, 개량물량(개량공수)을 더 많이 설정했으며, 남광에서는 장주(지지심도 기준) 및 단주의 길이(부상토 활용)를 추가 확보

구분		원안	동부	남광
길이	장주	N≥10	N≥20	N≥30
	단주	4m	3.0~5.0m	4.0~6.0m (원지반 이하 3.0m + 부상토 활용) * 체절구간 0.5m 확대
개량폭	북측	50.6(대표단면)	65~117m	49.4~95.0m
	서측	87.4(대표단면)	76~104m	85.5~87.5m
	내부	59.8(대표단면)	55~68m	44.2~57.2m
개량체 물량 (개량공수)	북측	-	(장주) 11100 (단주) 13128	(장주) 9925 (단주) 8572
	서측	-	(장주) 4336 (단주) 3426	(장주) 1301 (단주) 1092
	내부	-	(장주) 2690 (단주) 3114	(장주) 1985 (단주) 2397

- (취약구간) 양 사 모두 취약구간으로 판단되는 패각구간, 접속부, 체절구간 등에 대한 강화방안을 제시
 - 추가적으로 동부측은 가스관 구간에 대한 블록식 보강 등을 제안하였고, 남광측은 패각구간에 대하여 더 높은 수준의 고화재량 적용 등을 제안

□ 굴착치환공법

- 양 사 모두 연약심도가 얇은 구간에 대하여 굴착치환공법을 제시하였으며, 북측 구간에 대해서는 유사한 것으로 판단
 - 다만 남광측은 서측 구간의 모래질 패각토를 고려하여, 서측부에 추가적인 굴착치환방안 확대적용을 제안

구분		동부	남광
심도		연약층 4m 미만	모래질 패각토, 연약층 5m 미만
길이	북측	92m	88m
	서측	220m	652m

평가 사유

□ 검토 내용

- 양 사에서는 구역별 9개, 12개의 대표단면을 설정하여 안정성, 침하 등을 해석하였으며 추가적으로 동부측은 육해상 작업기지(북측, 서측)과 가스관로 터널구간, 남광측은 제작장, 적출장 및 투기장 2구역 호안 단면 검토
- 양 사 모두 원안 검토 시보다 풍부한, 2D/3D를 포함한 정적해석, 원심모형 시험 등을 수행하였으며, 구조 및 수리계산서에 표시된 표를 기준으로 살펴보면, 동부측은 9개 단면에 대한 총 15개 항목(60여개 해석), 남광측은 12개 단면에 대한 총 11개 항목(80여개 해석)에 대하여 안정성 검토 수행

[illegible]

□ 검토결과

- 양 사 모두 각자 설정한 기준을 만족하는 검토결과를 통해 안정성을 확인하였으며, 침하, 잔류침하 등에 대해서도 모두 각 사의 기준을 충족
- 내부가호안, 부지개량 단계 등에서 안전율 기준에 대해 양 사가 설정한 조건 (외부하중, 기준안전율, 설계강도 등)에 차이가 있었던 만큼, 산정된 결과에서도 일부 차이가 있는 것으로 판단

⇒ (소결) 남광측에서 DCM 길이연장, 더 많은 단면 해석 등을 수행하였으나, DCM 강도설정, 개량구간 폭, DCM 물량, 부상토에 대한 활용방안/강도 등을 고려하였을 때, 동부측이 전반적으로 더 보수적인 것으로 판단(동부우세)

평가 사유

[내진설계 및 내진안정성 검증]

□ 설계지진파 산정(지진응답해석)

- 양 사 모두, 원안(3개) 이상의 지진파를 활용하여 표준응답스펙트럼 부합성 확인, Baseline 보정 및 수렴확인
 - 동부측은 총 7개의 지진파, 남광측은 총 8개의 지진파를 적용
- 지진응답해석 시 양 사 모두, 원안(18개) 대비 많은 시추조사 결과를 활용
 - 동부측은 호안의 위치를 기준으로 북측 14공, 서측 8공, 내부가호안 7공의 시추정보를 활용하였으며, 남광측은 주변을 포함하여 북측 22공, 서측 13공, 내부가호안 8공 활용

구분	동부	남광
북측 방파호안	(북측) BH-3, BH-4, BH-5, BH-6, BH-7, NB-12, NB-13, NB-14, NB-15, NB-16, NB-17, NB-18 AB-1 AB-2 (14공) (서측) BH-1, BH-2, NB-8, NB-9, NB-10, NB-11 AB-3 AB-4 (8공)	(북측) BH-3, BH-4, BH-5, BH-6, BH-7, NB-12, NB-13, NB-14, NB-15, NB-16, NB-17, NB-18, NB-20, NB-21, NB-22, NB-23, NB-24, NB-34, NB-35, NB-36 AB-1 AB-2 (22공) (서측) BH-1, BH-2, NB-7, NB-8, NB-9, NB-10, NB-11, NB-19, NB-25, NB-26, NB-33, AB-3 AB-4 (13공)
내부 가호안	BH-8, BH-9, BH-10, NB-4, NB-15, NB-22, NB-29 (7공)	BH-8, BH-9, BH-10, NB-4, NB-15, NB-22, NB-29, NB-20 (8공)

- 양 사 모두 북측방파호안은 높게 산정되었으나, 동부측은 내측가호안의 가속도는 원안 대비 낮게 산정

구분	원안	동부	남광
북측방파호안	0.152(매립부) ~0.161g(구조물하부)	0.178g	(북측) 0.172g (서측) 0.176g
내부가호안		0.135g	0.162g

평가 사유

□ 안정성 검토

- 지진에 대한 DCM 안정성 확인을 위하여, 양 사 모두 활동, 전도, 지지력 및 단지압, 장주전단, 단주전단 검토 실시
 - 동부측은 총 7단면(북측 3, 서측 2, 내부가호안 2)을 해석하였으며, 남광측은 체절완료 시 9단면(북측 5, 서측 2, 내부가호안 2)와 투기완료 시 7단면(북측 5, 서측 2) 검토하여 안정성 확인
- 또한 지진 시 호안 안정성 확인을 위하여, 동부측은 9단면의 원호활동과 3단면의 편심경사하중 지지력을 검토하였고, 남광측은 12단면의 원호활동과 편심경사하중 지지력을 검토
- 양 사 모두 추가적으로 수치해석, 진동대, 원심모형 등을 활용하여 지진의 안정성 추가 확인

□ 액상화

- 원안에서는 액상화 평가 생략조건(대부분 원지반이 20m 이상, 전단파 속도가 200m/s 이상)에 따라 생략하였으나, 양 사에서는 모두 평가 실시
 - 동부측에서는 서측 중심으로 총 8개의 시추공에 대하여 액상화 평가를 실시하였으며 액상화 가능성은 없는 것으로 판단하였으나, 추가 보강 실시
 - 남광측에서는 북측 2공, 서측 4공에 대하여 평가를 실시한 결과 액상화 대책이 필요한 것으로 검토되어 추가적인 액상화 대응방안 마련
- ⇒ (소결) 양 사 모두 원안 대비 상세한 검토를 실시하였으나, 활용한 지진파, 지진응답해석 정도 및 설계가속도 등을 고려하면 전체적으로 남광측이 더 상세히 검토, 평가한 것으로 판단(남광 우세)

평가 사유

o 평가항목 : 2) 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

[유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획]

□ 유지관리 범위

- o 양 사 모두 유지관리의 편의성/경제성을 위하여, 지반구조물의 보강 정도를 높이거나, 계측관리 자동화 등의 방안을 제시함
 - 특히 토질 및 기초 분야에서의 안정성을 높이고 리스크를 감소하기 위한 공법을 유지관리 개념으로 접목

□ 유지관리 편의성

- o 양 사에서는 유지관리의 편의성 등을 위하여 자동화 계측시스템, 유지관리 시스템 등을 제시함
 - 동부측은 자동화 계측시스템 등을 통하여, 모바일 계측관리, 안전관리, 정보화시공, 드론 관제 환경감시, 지진관측 등 제안
 - 남광측은 마루폭 확대, 실시간 수집센서가 연계된 유지관리 시스템, 해양환경 관측, 환경모니터링, 지진관측, 자동화 계측 등과 함께, 유지관리 차량을 위한 마루폭 확대 및 회차장 제시

□ 관리비용 저감

- o 양 사에서는 관리비용 저감을 위하여 주요 보강 구간에 대한 개선사항을 제시하였음
 - 동부측은 패각구간, 굴착치환 경계부, 접속부/경계부, 체절구간, 가스관 통과구간, 시공조인트, 부상토 등에 대한 개선방안 제시
 - 남광측은 DCM 보강, 연약층 제거심도/제거구역 확대, 부상토 제거, 내진 성능 강화, 세굴방지, 제체사석 내구성능 강화, 접속부/우각부 강화 등을 제시

⇒ (소결) 자동화 계측부분은 양 사 모두 유사하며, 시설 사용 중 유지보수의 수월성을 위한 마루폭, 패각구간 등 취약구간별 대응방안 등을 종합적으로 살펴보면 남광측이 좀더 상세한 검토를 한 것으로 판단(남광 우세)

평가 사유

[신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석]

□ 신기술, 신공법 범위

- 양 사에서는 본 사업에서 주된 지반개량 기법인 DCM 개선사항, BIM 적용 등을 공통적으로 제시
 - 동부측은 스마트 기술을 통한 현장디지털화, 해상현장관리, 자동화설계, IoT기반 안전시설물 등 제시
 - 남광측은 DCM 시공자동화, 수중스캐닝, 드론관제, 4D 시뮬레이션 적용 등을 제시

⇒ (소결) 신기술 중 DCM 설계, 시공부분은 유사하나, BIM 적용 정도를 포함한 전반적인 신기술 도입에 대하여 남광측이 좀더 폭넓게 제시한 것으로 판단 (남광 우세)

평가 사유

o 평가항목 : 4) 계측계획의 적정성

[계측항목 및 계측기 배치의 적정성]

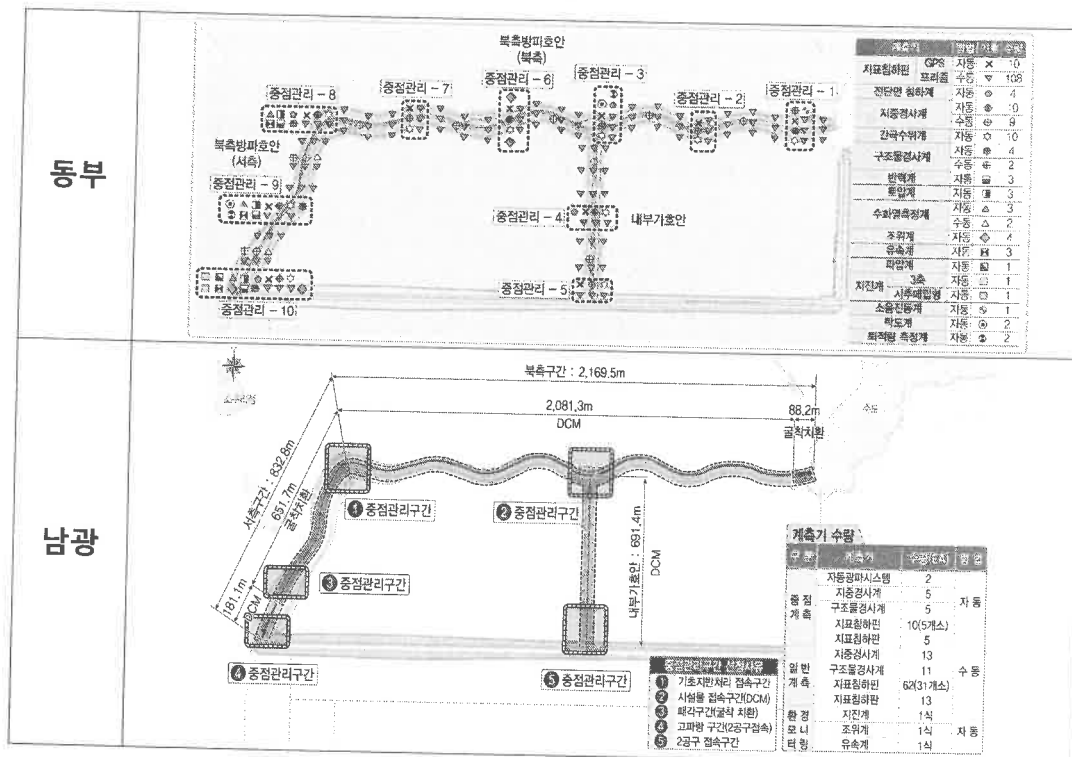
□ 계측항목

- o 양 사에서는 유사하게 침하, 수평변위, 수압, 지진 등의 항목에 대하여 자동/수동의 다양한 계측기 반영

동부 (16개 항목 183EA 등)	남광 (15개 항목 129EA 등)
침하핀, GNSS, 전단면침하계, 지중/구조물경사계, 유속/수압계, 반력/토압/수화, 지진가속도계, 조위계/파압계, 소음진동/타도/퇴적량	지표침하핀, 침하판, 침하추적시스템, 구조물경사계, 지중경사계, 수화열 측정, 재채수위관측기, 지진계, 조위계, 유속계, 소음/진동, 비산먼지, 드론관제, 지능형CCTV

□ 계측계획

- o 양 사에서는 모두 접속부, 우각부 등 집중관리가 필요한 구간을 설정하여 계측기를 집중 배치
- 동부측은 호안 중앙부를 포함한 10개소의 중점관리구간을 설정하였으며, 남광측은 5개소의 중점관리구간 설정



⇒ (소결) 계측기 종류 및 계측형식은 유사하나, 계측기 수량, 중점관리구간 등을 종합적으로 판단하였을 때, 동부측의 계측기 배치가 전체 호안의 거동을 안정적으로 계측할 수 있을 것이라 판단(동부우세)

평가 사유

[계측관리계획의 적정성]

□ 계측관리 기준

- 양 사에서는 유사하게 침하관리와 안정관리에 대한 기준을 level 2 ~ level 4로 설정하고 이에 대한 관리체계를 마련하였음
- 침하관리는 '예측치'와 '허용치'를 기준으로 '실측치'를 비교하고, 안정관리는 '각변위'를 1/500, 1/300, 1/150을 기준으로 설정하여, 단계별 상황보고/계측강화, 대응방안, 시공중단 등 대응체계도 유사하게 제시

□ 계측계획

- 계측빈도는 양사에서 큰 차이없이 설정하여, 자동계측시스템도 실시간 연속 계측을 제시하였으며, 수동계측은 호안 축조 후에 일부 차이는 있으나, 큰 차이는 없는 것으로 판단
- 계측기 관리 및 보호를 위해, 동부는 보호웬스, 무선경광등, 주름관 등을, 남광은 주의표지판, 보호캠, 보호관 등을 제시하였고, 양사 모두 계측관리 시스템을 제안하였으며, 모바일시스템, 현장관리, 자동계측 시스템 등을 제안

□ 시공품질

- DCM에 대한 시공품질 관리를 위하여 양사에서는 확인조사를 위한 시험시공과 본시공 계획을 설정
- 동부는 사전조사 6공, 확인 시추조사를 위해 DCM시험시공 18공, 본시공 12공을 반영하였으며, 남광측은 확인조사를 위한 DCM시험시공 22공, DCM본시공 40공 등을 반영

⇒ (소결) 계측계획은 유사하나, 주 지반개량 공종인 DCM의 시공품질 측면 등을 고려하면 남광측이 더 상세한 계획을 수립한 것으로 판단(남광우세)

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 추 윤 식



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

□ 건 명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구)축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토질 및 기초

평가 사유

1) 평가항목 : 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

① 지반공학적 지층 및 토질특성 분석

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 부산신항 지역 내 40개 사업 총 1,436공 조사 자료 분석으로 지층 및 토질특성을 분석함.
- 공동조사 및 38개 항목 특화실험 수행.
- 퇴적이력분석 및 2차원, 3차원 지층분석으로 점토층(CH)이 최대 29.5m 이내의 층후로 분포하고 하부에 점토(CL) 및 모래, 자갈층이 분포하고 있는 것을 파악함.
- 연약지반 구간 구분은 점토층의 두께 분포에 따라 10m 이하, 10~24m, 24m 이상 등 3개 구간으로 구분함.
- 기존 적용사례, 개별조사, 침강자중압밀시험, PSDDF 수치해석 등으로 준설토 특성 파악 및 단계별 준설토 지반정수 산정함.
- DCM 특성 파악을 위해 배합실험, 내구성, 어독성 시험 등을 수행하여 개량체의 품질 및 환경성을 확인함.
- 사석재에 대한 풍화전과 풍화후의 내구성, 물리적 특성 및 강도특성을 파악하여 유용 가능 여부를 판단함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 공동조사 10공, 기초조사 47공 및 사업구간 인근 부산항 신항 등 57개 사업 1,396공의 조사 자료 분석을 활용하여 지층 및 토질특성을 분석함.
- 지형 및 지질구조학적 선 구조 분포 특성을 분석하여 총 3개의 선구조가 교차되는 것을 파악하였고 정밀분석을 위한 확인조사 계획을 수립함.
- 퇴적물 유입경로, 육안관찰, 주사현미경, X-선회절, 지화학적 분석 등 사업구간 퇴적이력분석을 통해 5단계의 퇴적환경에서 퇴적된 연약층(CH, CL)이 평균 20m 층후로 분포하고 있는 것을 확인함.
- 2차원, 3차원 지구통계학 지층분석을 통하여 사업구간의 퇴적층은 고소성 점토(CH) 그 하부에 저소성 점토(CL)이 분포하고 모래, 자갈층 순서로 분포됨을 확인함.
- 퇴적층인 연약점토는 평면적으로 2개구간 방파호안(북측)+가호안과 방파호안(서측), 수직적으로 상부 CH, 하부 CL로 구분함.
- 준설토, DCM개량체, 사석재 특성 등 42개 항목 개별조사 및 특화실험 수행하였음.

평가 사유

1) 평가항목 : 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

① 지반공학적 지층 및 토질특성 분석

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 준설토 특성은 침강자중압밀, 저응력압밀, PSDDF수치해석을 수행하여 자중압밀 1.1m, 체적변화비 1.44, 저응력 침하비 72%로 산정함.
- DCM 개량체의 특성은 실내배합실험, 지지력, 어독성 등을 수행하여 개량체의 품질 및 환경성을 확인함.
- 사석재에 대한 풍화전과 풍화후의 내구성, 물리적 특성 및 강도특성을 파악하여 유용 가능 여부를 판단함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 기존자료, 공동조사 및 다양한 개별조사 자료를 충분히 활용하여 분석하였음.
- 동부건설은 57개 사업 1,396공의 기존 자료를 분석하고 2차원, 3차원 지구통계학 지층 분석 및 물리·역학적 특성을 검토하여 연약점토를 평면적으로 2개구간, 수직적으로 2개 구간(상부 CH, 하부 CL)으로 구분하였음.
- 남광토건은 40개 사업 1,465공 조사 자료 분석 및 2차원, 3차원 지층분석으로 점토층의 두께 분포에 따라 3개 구간으로 구분하였음.
- 42개 항목의 개별조사 및 사업구간과 교차하는 3개의 선구조 대한 확인조사 계획 수립, 연약지반 구간 구분 등 성과분석이 적절한 동부건설이 전반적으로 우수하다고 판단됨.

평가 사유

1) 평가항목 : 지반조사 및 토질정수 산정의 적정성

② 지반특성에 부합된 토질정수 산정

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 빅데이터 분석, AD 검증, MCS, Bayesian Approach 등 다양한 통계분석으로 세분화된 토질정수를 산정함.
- 연약지반 점토층의 두께에 따라 수평적으로 3개의 구간으로 구분하여 설계지반정수를 산정함.
- 연속체 및 동적 토질정수는 지층별 총 7개 층으로 산정함.
- 준설토 투기 후 단계별 준설토의 지반정수를 산정함.
- 재료원의 해수 반응에 의한 풍화민감특성시험을 수행하고 사석재의 내구성을 평가함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- Box Plot(이상치 제거), K-S Test(유효성 검증), MCS(신뢰구간 선정), BA(설계정수 산정)분석 등 다양한 통계분석으로 세분화된 토질정수를 산정함.
- 연약지반 토질정수는 평면적으로는 북측방파호안은 북측, 서측과 내부가호안, 수직적으로는 CH, CL로 구분하여 산정함.
- 연속체 및 동적 토질정수는 심도별로 총 7개 층으로 세분화하여 산정함.
- 사업구간 인근 5개 사업 준설토 투기후 수행된 확인조사 결과를 바탕으로 하여 경과 시간별 준설토의 물성치를 산정함.
- 대형삼축압축시험 결과 등 시험결과를 반영하여 쌓기재 설계지반정수를 산정함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 공동조사 및 개별조사 성과와 기존 자료를 바탕으로 Box Plot, K-S Test, MCS, BA기법 등 통계기법을 활용하여 합리적인 토질정수를 산정하였음.
- 종합적으로 정적특성에 대해 퇴적이력, AD 검증, 그리고 빅데이터 분석을 포함하여 통계기법을 활용하여 합리적인 연약지반 구간 구분 등 지반특성을 반영한 설계지반정수 산정 등에서 남광토건이 동부건설과 비교하여 다소 우수하다고 평가함.

평가 사유

③ 침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전율 산정

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 입찰안내서, 관련법규, 정부기관별 최신 설계기준 및 지방기준을 준용하여 합리적이고 엄격한 최신기준 적용함.
- 선제적 피해방지 및 유지관리 최소화를 위해 설계기준을 강화 적용함.
- 사업계획에 따라 호안축조부터 부지운영시까지 시공단계별로 구분하여 설계조건을 적용함.
- 상재하중은 호안제체 15kN/m^2 , 매립부지는 시공단계별로 투기완료시 준설토 하중, 부지개량시 재하토하중, 부지운영시 50kN/m^2 을 적용하였으며 지진시는 부지운영시의 1/2을 적용함.
- 잔류침하 5cm(기초조사 10cm), 부동침하 1/500로 강화하였으며 수평변위는 평상시 10cm(항만시설 유지관리 지침서 20cm), 지진시 10cm(항만 및 어항설계 30cm)로 기준을 상향함.
- 내진성능 강화를 위해 영구호안인 북측방파호안은 내진 I등급으로 상향하고, 내부가호안은 기초조사와 동등한 내진 II등급을 적용하였으며 기반암 가속도는 행정구역의 80%값인 $0.124g$, $0.088g$ 를 적용함.
- 안전율 기준을 시공단계별과 영구호안과 내부가호안(투기완료시 원호활동 1.1, 편심경사 1.0)으로 구분하고 부지개량시 원호활동 1.1, 편심경사 1.0을 적용하였고 지진시는 모두 1.0을 적용함.
- DCM 설계기준은 영구호안과 임시호안으로 구분하고 부지개량시 활동, 전도 안전율을 1.1로 낮게 적용함.
- DCM 기준 안전율(내적) 산정 시 단면유효계수 $\alpha_2=0.96$ 를 사용하여 얻어진 허용전단응력 258.3 kN/m^2 을 기준으로 하므로 안전성을 다소 과대평가하였음.
- 설계수위조건은 호안축조, 체절완료, 투기완료, 부지개량 등 시공단계별로 수위조건을 설정하였으며 항외측/항내측의 각 단계별 수위는 다음과 같이 호안축조(AHHW/AHHW), 체절완료(ALLW, MSL / AHHW, MSL), 투기완료시(ALLW / 준설토 상단), 부지개량시(ALLW / 수평배수층), 운용시(ALLW / R_w 1/2)로 구분하여 적용함.
- DCM 개량체 및 기초사석재는 내구수명 100년, 내구등급 I등급 기준을 적용함.
- 민원 및 환경피해 사전차단을 위한 소음 및 진동, 수저 준설토사 유효활용기준을 제시함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 입찰안내서, 국내외 관련법규, 최신 설계기준 및 유사사업 적용사례 등을 비교·분석하여 설계기준과 동등 이상으로 엄격하고 합리적인 설계기준을 적용함.
- 준설토 투기장의 장기안정성, 유지관리 최소화를 위해 설계기준을 강화 적용함.
- 장래부지 활용계획을 반영하여 호안축조부터 운영시까지 단계별로 구분하여 설계조건을 반영함.
- 상재하중은 장래부지이용계획(도로, 철도)을 반영하여 각각 시공단계별로 호안 축조 후와 투기완료시 15kN/m^2 , 재하성토시 $15\text{kN/m}^2 + \text{재하성토하중}$, 부지운영시 $15\text{kN/m}^2 + \text{운용하중}(20\sim30\text{kN/m}^2)$ 을 적용하였으며 지진시는 운용하중의 1/2를 적용함.

평가 사유

③ 침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전을 산정

- 착저층 및 지반대상 개량층, 허용잔류침하량, 부등침하를 각각 $N \geq 20$, 5cm(기초조사 10cm), 1/500(기초조사 1/300)로 강화하였으며, 수평변위는 운영시 10cm(항만시설물 안전점검지침 12cm), 지진시 20cm(항만 및 어항설계 30cm)로 강화 적용함.
- 내진 안정성 강화를 위해 내진기준을 증대하여 영구구조물인 북측방파호안 내진 I 등급으로 상향하고, 내부가호안은 임시구조물로 분류하여 내진 II 등급을 적용하였으며, 기반암 가속도는 지진구역의 80%이상인 0.124g, 0.088g를 적용함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 시공기간(1년이상)을 고려하여 북측방파호안, 내부가호안 구분없이 시공단계별 원호활동 안전을 기준을 모두 1.3을 적용하여 안정성을 강화하였으며 지진발생 빈도 및 규모증대 추이를 반영하여 지진시 기준 안전율을 1.1로 적용함.
- DCM 기준 안전율을 북측방파호안, 내부가호안 모두 시공시 활동 1.2, 전도 1.2, 지지력 2.5 및 지진시 활동 1.1, 전도 1.1, 지지력 1.5를 적용함.
- 잔류수위조건은 시공단계별 수위변화를 고려하여 적용하였으며 해측/투기장측의 각 단계별 수위는 다음과 같이 축조완료(AHHW, MSL / ALLW, MSL), 투기완료시(ALLW / 투기 고), 재하성토시(ALLW / 수평배수층 상단), 부지운용시(ALLW / R_w 2/3)로 구분하여 적용함.
- DCM 개량체 내구수명 100년, 기초사석재는 내구등급 I 등급 적용함.
- 민원 및 환경피해 사전차단을 위한 소음 및 진동, 수저 준설토사 유효활용기준, 다이옥신 항목이 추가된 최신 토양오염우려 기준을 제시함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 관련법규, 최신 설계기준 및 적용사례를 충분히 분석하여 시공 단계별로 이에 부합되는 설계기준 설정 및 안전율을 제시함.
- 2개사 컨소시엄에서 적용된 설계기준 및 안전율 값은 모두 유사하나 상재하중, 지진시 수평 변위, 원호활동 안전율에서 차이가 남.
- 상재하중은 동부건설은 북측방파호안 북측과 서측구간에 계획된 도로와 철도계획 범위를 반영하여 20kN/m^2 , 30kN/m^2 으로 상세하게 구분하였고, 남광토건은 장래 개발계획을 고려하여 일괄적으로 50kN/m^2 을 적용하여 안정성을 강화함.
- 지진시 수평변위는 동부건설 20cm에 비하여 남광토건이 10cm로 좀 더 안전측으로 적용함.
- 원호활동에서는 남광토건이 영구호안과 임시호안으로 구분하여 1.1, 지진시 1.0을 적용한 반면 동부건설은 북측방파호안, 내부가호안 모두 동일하게 1.3, 지진시 1.1로 설정하여 안정성을 강화함.

평가 사유

③ 침하, 변위, 내진 등의 기준설정 및 안전을 산정

- 종합적으로 판단했을 때, DCM 기준 안전을 산정 시 안정성 강화, 장래 단계별 부지 활용계획을 고려하여 상재하중을 북측방파호안 북측과 서측구간에 계획된 도로와 철도 계획 범위를 반영하여 20kN/m^2 , 30kN/m^2 으로 상세하게 구분, 그리고 원호활동에 대한 안전율을 측방파호안, 내부가호안 모두 동일하게 1.3, 지진시 1.1로 설정로 적용하여 안정성을 강화한 동부건설이 남광토건에 비해 상대적으로 우수하다고 판단됨.

2) 평가항목 : 기초지반처리 적정성

① 기초지반처리 필요성 검토

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 주변시설현황, 수심분포, 연약층 두께, 상부구조물 형식 등을 고려하여 북측방파호안 북측구간 4개, 서측구간 2개, 내부가호안 2개소 등 총 8개의 구간별 대표단면을 선정함.
- 선정된 대표단면에 대해 무처리시 원호활동, 편심경사 지지력, 잔류침하량, 액상화 검토결과, 전구간 기준안전율을 미확보하므로 기초지반처리가 필요한 것으로 판단함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 상부구조물 형식, 수심 및 지층분포 조건을 고려하여 북측방파호안 북측구간 4개, 서측구간 3개, 내부가호안 2개소 등 총 9개소의 구간별 대표단면을 선정함.
- 선정된 대표단면에 대해 무처리시 원호활동, 편심경사 지지력, 침하량 검토결과 모두 불안정하여 전구간 기초지반처리 대책이 필요한 것으로 검토됨.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 구간별 대표단면을 선정하여 무처리시 안정성 검토를 통해 전구간 기초지반처리가 필요하다고 판단함.
- 남광토건은 검토항목에서 추가적으로 액상화 평가를 검토하여 우위에 있고, 동부건설은 검토단면을 상세하게 선정한 것이 유리함.
- 종합적으로 판단하여 무처리시 기초지반처리 필요성 검토는 2개사 컨소시엄 모두 적절하다고 판단되나, 검토단면을 총 9개소로 세분화하여 검토하고 있는 동부건설이 남광토건보다 다소 우수하다고 판단됨.

평가 사유

② 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 기초지반처리 공법은 현장여건 사전분석(수심, 연약층 분포, 단계개발 및 부지이용 계획), 국내 및 부산지역 기초공법 사례분석 결과를 반영하여 연약층 5m이상 대심도 구간 DCM공법, 연약층 5m이하 저심도 구간은 굴착치환공법으로 선정함.
- 굴착경사 1:3, 지층조건 및 시공조건을 반영하여 북측구간 연장 88m, 서측구간 연장 652m 적용 등 굴착치환공법에 대한 상세설계를 수행함.
- 이동식 오탐방지막 설치로 굴착토사 확산방지 대책을 수립하였고 Grab준설선을 이용한 기초굴착토는 인근 투기장 2구역에 투기하는 것으로 계획함.
- 해외적용사례, 국내 주요 항만시설 적용사례 분석을 통하여 DCM 개량체 설계기준 강도 2.4MPa로 적용하고 고화재 3종에 대한 실내배합실험을 수행하여 원지반 고화재 250kg, 패각층 300kg이상 주입하여 설계기준강도를 만족시킴.
- 대형항만공사 적용사례, 연약층 두께에 따른 시공오차를 고려하여 장비중첩은 30cm, 시공중첩은 패각구간은 40cm, 일반구간은 30cm로 구별하여 결정하고 개량 형식은 블록식+BOX 격자식 적용함.
- DCM 개량체 안정성 여부 판단항목인 개량율과 개량폭 결정에 필요한 재하성토고 산정에 대한 상세한 근거를 제시하지 않고 재하성토고 7.0m를 반영했다고 수록함.
- 북측방파호안 북측구간 개량율 42.1%~79.3%, 개량폭 49.4m~95.0m, 서측구간 개량율 49.3%~79.3%, 개량폭 82.5m, 내부가호안 38.6%~59.7%, 개량폭 44.2m 적용함.
- 시공사례 및 안정성 고려 단주길이 3.0m 적용하고 DCM 착저층 기준을 $N \geq 30$ 으로 기준을 강화함.
- 부상토 처리계획은 국내 항만공사 부상토 처리사례 분석, 쇄석매트 포설 및 부상토 완전제거 등 문제점 분석결과를 반영하여 부지내만 DIKE설치후 제거 + 고화재 250kg주입후 단주화 유용 + 표층부 제거하는 것으로 선정함.
- 고화재를 추가주입하여 부상토를 단주화로 가정하여 설계기준강도 2.4MPa로 결정하고 지지력 모형실험을 통한 안정성을 검증함.
- 5개 구간을 취약부 중점관리대상구역으로 선정하여 패각섞인 DCM 구간 고화재 300kg, 북측방파호안과 내부가호안 접속부 장주 2열 마감, 1공구와 2공구 접속부 장주 2열마감, 중첩폭 40cm 및 고화재 300kg 주입, DCM-굴착치환 접속구간 계단식 DCM시공, 체절구간 충격하중 고려 단주 0.5m 연장 등 각각 별도의 보강방안 제시함.
- 각 구간별 선정된 12개 대표단면과 제작장, 적출장 투기장 2구역 호안에 대하여 시공단계를 반영하여 17개 항목의 안정성 검토를 수행함.
- DCM 내외적 안정성 검토결과 전 구간 허용안전율 이상을 확인하였고 시공단계별 한계평형해석, 강도감소법, 신뢰성 해석을 통한 안정성 검토결과 모두 기준 안전율을 만족함.

평가 사유

② 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 2, 3차원 시공단계별 수치해석을 수행하여 연직변위, 수평변위, 종 · 횡방향 부등침하 모두 허용 값 이내임을 확인하였고, 원심모형실험(2단면)을 통하여 안정성을 검증함.
- 침투해석을 통한 시공단계별 파이핑, 세립토 유출 안정성 확보여부, 매트종류별 제체 안정성 영향을 확인함.
- 해양환경공정시험, DCM 어독성 시험, 소음 · 진동 영향성 검토, 오탉방지막 설치 등 기초지반 처리공법의 환경성을 검토함.
- DCM 통합관리시스템, 대구경 교반날개, 경질층 관입비트, 관입 및 인발 속도관리, 선단부 W형 교반, 시공 및 우발조인트 보강 등을 통해 DCM 시공 품질관리 계획을 수립함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 기초지반처리 공법은 국내 및 부산지역 기초지반처리 공법 적용사례, SCP 및 강제 치환 문제점, 사업구간 내 패각분포 현황, DCM 시공조건 등을 반영하여 연약층 심도에 따라 4m 미만 굴착치환, 4m이상 DCM공법으로 선정함.
- 굴착경사 1:3, 북측방파호안 북측구간 굴착폭 최대 93.6m 연장 92m, 서측구간 최대 굴착폭 83.0m, 연장 220m 적용 등 굴착치환공법에 대한 상세설계를 수행함.
- 굴착토에 대한 5단계 확산방지 저감대책 수립 및 다이옥신 등 환경영향성 검토 결과를 반영하여 인접 준설토 투기장 매립재로 활용하는 것으로 계획함.
- 국내 항만시설, 부산항 지역 적용사례 분석을 통하여 설계기준강도를 2.25MPa로 선정하고 DCM 실내배합실험을 수행하여 원지반은 함수비에 따라 상부 250kg, 하부 230kg, 패각층 250kg이상 고화재 주입할 경우 설계기준강도를 만족함(즉, 북측 및 내부 : 280kg(0~5m), 250kg(5~10m), 230kg(10m이하), 서측 : 전구간 전체심도 280kg / 부상토 : 150kg).
- 연약층 심도 15m이상구간 패각 함유량 230kg에 대해 DCM 실내배합실험을 미 실시하고 250kg이상의 결과들로부터 추정하고 있는 바 안정성에 대한 신뢰도가 낮아질 수 있음.
- DCM 설계 매뉴얼, 시공사례 분석, 수심 및 개량심도 등의 시공조건을 종합적으로 분석하여 DCM 직경 1,600mm, 개량체의 일체성 확보와 시공효율성을 증대하기 위하여 전구간 장비 30cm, 시공 30cm의 동일한 중첩폭을 적용하고 개량형식은 전구간 블록식+일체형 격자식 적용함.
- 부산지역 준설토 설계측자료와 자중압밀, 저응력 압밀침하 검증실험 및 PSDDF 해석을 실시하여 장래부지 지반개량시 재하성토 높이를 6.5m로 결정하였으며 재하성토고 6.5m를 개량을 및 개량폭 산정에 반영함.
- 북측방파호안 북측구간 개량율 40.3%~55.6%, 개량폭 65.3m~117.3m, 서측구간 개량율 51.4%~60.0%, 개량폭 75.7m~104.3m, 내부가호안 개량율 42.5%~55.6%, 개량폭 54.9m~67.9m를 적용함.

평가 사유

② 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 적용사례 상부 구조물 하중 및 지층, 수심조건 등을 반영하여 구간별로 단주길이를 3.0m~4.0m로 차등 적용하고 DCM 착저기준을 착저형, 착저층 $N \geq 20$ 로 선정함.
- 부상토 처리계획은 최근 항만프로젝트 부상토 처리사례 분석, 환경 영향성, 쇄석 및 모래매트 포설시 문제점을 고려하여 부상토 유출방지공 설치와 개량 유용을 위하여 고화재 150kg을 추가 주입, 상부 불균질 부상토 사석 동다짐을 적용함.
- 부상토 실내배합시험과 지지력시험을 통하여 설계강도 $1.6\text{MPa} > 1.5\text{MPa}$, $633\text{kN/m}^2 > 500\text{kN/m}^2$ 이상 확보됨을 확인하였고, 이론식 및 경험식, 관입성 모형시험, 수치해석 등을 수행하여 유출방지공 유실 안정성, 관입 양호성, 동다짐 영향성을 확인함.
- 7개 구간을 취약부 중점관리로 구간 선정하여 패각출현구간 고화재 280kg 추가보강, 우각부구간 장주 2열 블록식 보강, 장래공구 접속부구간 장주 2열 블록식 보강, 굴착치환-DCM 공법경계부 계단식 4열 블록식 보강, 체절구간 충격하중 고려 단주길이 및 개량폭 확대보강, 가스관 통과구간 폭 8m 블록식 보강, 지층급변구간 지지층 근입심도 증대 등 각각 별도의 보강방안을 제시함.
- 각 구간별 선정된 9개 대표단면과 육·해상 작업기지 2개소에 대하여 축조완료시부터 장래부지 운영시까지 20개 항목의 안정성 검토를 수행함.
- DCM 내외적 안정성 검토결과 전 구간 허용안전율 이상을 확인하였고 시공단계별 한계평형해석, 강도감소법을 통한 안정성 검토결과 모두 기준 안전율을 만족함.
- 2, 3차원 시공단계별 수치해석을 수행하여 연직변위, 수평변위, 종·횡방향 부등침하 모두 허용값 이내임을 확인하였고, 원심모형시험(2단면)을 통하여 안정성을 검증함.
- 침투해석, 크립 검토를 통한 시공단계별 파이핑, 준설토 유출방지, 보호압사석 원호 활동 안정성 확보 여부를 확인함.
- 해양환경공정시험, DCM 어독성 시험, 소음·진동 영향성 검토를 통해 기초지반 처리 공법의 환경성을 검토함.
- 대구경 교반날개, 4축 멀티오거, 스크류형 특수비트, 실시간 자동기록장치, 연직도 관리, 시공 및 우발조인트 보강 등을 통해 DCM 시공 품질관리 계획을 수립함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 차별된 기초처리공법을 제안하였으며 DCM 내외적 안정, 원호활동, 2, 3차원 수치해석, 파이핑 등 적합한 기초지반처리 안정성 검토를 수행했으며 모형토조실험을 통하여 안정성을 검증함.
- 2개사 컨소시엄 모두 연약층 두께를 고려하여 굴착치환과 DCM공법으로 동일하게 적용하였으나, 남광토건은 해양오염측면에서 불리한 굴착치환 구간을 740m로 적용한 반면, 동부건설은 남광토건에 비해 굴착량을 최소화함.

평가 사유

② 기초지반처리 공법 선정 및 안정성 검토

- 최대 개량율은 동부건설 60.0%, 남광토건이 79.3%로 높으나 재하성토고 6.5m를 반영한 DCM 개량폭을 최대 107m까지 확대 적용한 동부건설이 안정성 확보 측면에서 유리할 것으로 판단됨.
- 2개사 모두 부상토 유출방지공(DIKE)을 계획하였으나, 남광토건은 민원발생이 우려되는 해측에는 설치하지 않은 반면, 동부건설은 해측은 민원방지, 투기장은 장래 지반개량 시공성을 고려하여 양측 모두 설치하는 것으로 계획함.
- 종합적으로 판단하여 개량폭 확대로 안정성 강화, 굴착치환 범위 최소화, 해측 및 투기장 내 유출방지공을 모두 적용한 부상토 처리계획을 제시한 동부건설이 우수하다고 판단됨.

③ 내진설계 및 내진안정성 검증

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 구조물 기능별 내진등급을 북측방파호안 내진 I 등급, 내부가호안 내진 II 등급으로 적용함.
- 인공지진파 등 8종의 지진파에 대하여 강화된 표준설계응답스펙트럼 부합성 및 기준선 보정으로 지진파 신뢰성 강화함.
- 1차원, 2차원 지진응답해석, 굴착치환 및 DCM 개량구간 위치별 지진응답해석을 수행하여 원지반을 최대 지표면 가속도로 선정함.
- 북측방파호안, 내부가호안 전체시추공에 대해 1차원 지진응답해석을 수행하여 지표면 최대가속도 내진 I 등급 0.176g, 내진 II 등급 0.162g를 적용함.
- DCM 내 · 외적 안정, 등가정적해석, 영구 변위법 등 내진 안정검토를 수행하여 지진시 안정성을 확보함.
- 2차원 수치해석, 연계해석, FSSI해석, 지진해일 및 폭풍해일 해석, 진동대실험 (2단면)을 수행하여 내진 안정성을 검증함.
- 북측방파호안 모래분포 북측구간 2개소, 서측구간은 연약점토층을 모래질 패각층으로 분류한 4개소에 대해서 입도분포, SPT, 전단파 속도를 이용한 간이평가와 LPI에 의한 검토결과 액상화 대책이 필요하다고 검토됨.
- 진동삼축시험을 반영한 상세평가결과 기준안전율 미확보로 굴착치환 및 DCM 개량심도 연장으로 액상화에 대한 보강대책 수립함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 구조물 중요도를 고려하여 영구호안인 북측방파호안 내진 I 등급, 내부가호안 내진 II 등급으로 차등 적용함.
- 인공지진파 등 7종의 지진파에 대하여 강화된 표준설계응답스펙트럼 부합성 및 기준선 보정하여 수렴을 확인함.

평가 사유

③ 내진설계 및 내진안정성 검증

- 1차원, 2차원 지진응답해석, 굴착치환 및 DCM 개량구간 위치별 지진응답해석을 수행하여 원지반+준설토를 최대 지표면 가속도로 선정함.
- 북측방파호안, 내부가호안 전체시추공에 대해 1차원 지진응답해석을 수행하여 지표면 최대가속도 내진 I 등급 0.178g, 내진 II 등급 0.135g를 적용함.
- DCM 내·외적 안정, 등가정적해석, 영구 변위법 등 내진 안정검토를 수행하여 지진시 안정성을 확보함.
- 2, 3차원 수치해석, 유한요소 연계해석, FSSI해석, 내파(파랑) PFC해석, 진동대 실험(2단면)을 수행한 결과 수평변위가 모두 허용값 이내로 내진 안정성을 검증함.
- 지반조사 시추공별 통일분류 모래로 평가되는 북측방파호안 북측구간 2개소, 서측구간 6개소에 대해 입도분포, SPT, 전단파속도를 이용한 액상화 평가결과 액상화 가능성이 없는 것으로 평가하였으나 액상화 발생요인 원천차단 목적으로 모래층 출현 전구간 굴착치환과 DCM 블록식 보강계획을 수립함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 구조물 중요도를 고려하여 내진등급을 I, II으로 구분하였으며 시공단계별 등가정적해석, 2, 3차원 수치해석, 영구변위법, 연계해석, FSSI해석 등 다양한 안정성 검토와 진동대 실험을 수행하여 안정성을 확보함.
- 액상화 평가에 대한 결과는 2개사가 상이하게 검토된 바, 남광토건은 기초조사와 공동조사에서 연약점성토로 분류한 구간을 모래질 폐각토로 임의적으로 분류하여 이에 대해서 검토한 것으로 보여 액상화 평가의 결과에 신뢰성이 미흡하다고 판단됨.
- 기초조사 및 공동조사 지층결과를 충실히 반영하여 액상화 가능성이 없는 것으로 평가하였으나 일부 모래층 출현 전구간에 대해 굴착치환과 DCM 블록식 보강계획을 수립한 동부건설이 다소 우수하다고 판단됨.

평가 사유

3) 평가항목 : 유지관리 등을 고려한 효율적 시설물 계획

① 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 자동계측, 해양환경, 환경모니터링 및 지진관측 연계 등 예방적 유지관리 시스템 구축함.
- 마루폭 9m 확대, 상치일체형 여수토, 회차장, 무선 IoT CCTV, 스마트 유지관리 시스템 구축 등으로 유지관리 편의성 강화함.
- 연약층 제거심도 5m, 제거구역 740m, 표층 연약 부상토 완전제거, BOX격자형 일체구조, 고화재 300kg/m³ 추가, 공구간 접속부 장주 2열마감, 우각부 장주 2열마감 등의 기초처리 개량을 강화, 연약층 제거 심도 및 연장 강화, 내진성능 강화 및 취약부 선제적 보강계획 등으로 유지관리비용 절감함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 시공단계별 설계조건, 설계기준 강화, 대구경 일체형 DCM, DCM 개량폭 및 개량을 증대 등 장래 개발을 고려한 시설물 계획을 수립함.
- 자동화 계측통합관리 시스템, 스마트 감시시스템, 모바일 계측관리, 드론영상관제 시스템, 지진관측시스템 등을 구축하여 유지관리 편의성 증대 계획을 수립함.
- 패각출현구간 고화재 280kg 추가, 우각부 및 장래 접속부 장주 2열 보강, 공법 경계부 계단형 4열 블록식 보강, 체절구간 단주길이 및 개량폭 확대 등 취약구간 적극적인 보강계획 수립을 통해 관리비용을 절감함.
- 기초지반처리공법 선정, DCM직경 및 중첩폭 선정 등 중요 공법 6개 항목에 대해 VE/LCC분석을 수행하여 설계 적정성을 확인함.

【평가의견】

- 유지관리 편의성과 관리비용 절감을 위하여 2개사 컨소시엄 모두 스마트 자동화 대책, 취약부 보강계획 및 장래 개발을 고려한 계획 등을 적절히 제시하였으나 유지관리 편의성 및 관리비용 절감을 고려한 시설물 계획에서 동부건설에 비해 남광토건이 다소 우수하다고 판단됨.

평가 사유

② 신기술, 신공법 도입의 적정성 및 효과 분석

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 대구경 DCM, 멀티오거, 음향탐사 검측/준설, 해양환경 모니터링, 원심모형실험, 부상토 확산실험 등 신기술 신공법을 도입하여 설계신뢰성을 검증함.
- 기초처리, 설계 적정성 검증, 시공 및 유지관리의 20종 신기술, 신공법을 선정 도입함.
- DCM시공 자동화, 수중스캐닝, 드론관제 등 스마트 건설 자동화, 3D 지층정보 분석, 4D시뮬레이션 등 BIM설계기술을 반영한 최적 시공계획을 수립함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 대구경 DCM, 부상토 유출방지공, 불균질 부상토 사석 동다짐, 지층 3D모델링, BIM 기반 DCM 규모 및 기초처리 등 신기술, 신공법을 도입하여 설계 정확성, 정밀도 향상시킴.
- 기초지반처리 관련 9종, DCM 장비관련 7종, 안정성 검증 관련 3종 등 총 24종 신기술, 신공법을 도입하여 성능, 비용 및 가치향상 효과를 도출함.
- 현장디지털화, 해상현장관리, 재료활용 및 처리, 자동화 설계, 안전시설물 및 환경 모니터링 등 현장특성을 고려한 스마트 건설 기술도입으로 기초 안정성, 시공효율 및 현장 안전관리 강화계획을 수립함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 현장여건을 분석하여 다양하고 적합한 신기술, 신공법을 선정하고 각각에 대한 도입효과를 적절히 분석함.
- 신기술, 신공법 항목 선정은 유사하나 24종으로 다수이고 수중 드론, AIS 및 IoT 기반의 해상관리, 안전시설물 설치 등 특수한 최신 스마트 기술을 도입한 동부건설이 다소 우수하다고 판단됨.

4) 평가항목 : 계측계획의 적정성

① 계측항목 및 계측기 배치의 적정성

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 구조물 및 지반특성 고려, 시공단계별 거동변화에 신속한 원인규명 및 대응 목적으로 구간별 주요특성을 분석하여 계측항목 및 계측기 배치계획을 수립함.
- 계측항목은 침하관리, 안전관리, 지진관측, 해양관측, 환경관측 및 시공관리 등 계측목적별로 구분하고 총 15개 항목에 대하여 총 129개 계측기를 설치함.
- 취약구간 5개소의 중점관리구간을 선정하고 자동침하 추적 시스템 및 자동화 계측기를 배치함.

평가 사유

4) 평가항목 : 계측계획의 적정성

① 계측항목 및 계측기 배치의 적정성

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 최신 계측관련 기준서, 현장여건, 인근 투기장 계측사례분석 결과를 반영한 계측항목 및 계측기 배치계획을 수립함.
- 계측항목은 침하관리, 안정관리, 예방관리, 계측관리 등 계측목적별로 구분하고 총 16개 항목에 대하여 총 183개 계측기를 설치함.
- 구조물 형식, 지층 및 해양조건 고려하여 10개의 중점관리구간을 선정하고 자동 계측기를 집중적으로 배치함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 현장여건을 충분히 고려하고 각 구간별 계측목적에 적합하게 계측항목과 계측기 배치 계획을 수립함.
- 상대적으로 많은 10개의 중점관리구간에 자동화 계측기를 집중배치하고 총 16개 항목에 183개의 다수의 계측기 배치를 계획한 동부건설이 우수하다고 판단됨.

② 계측관리계획의 적정성

【남광토건(주) 컨소시엄】

- 주요 계측기에 대한 계측기 형식, 설치위치 및 설치시기를 구분하고 설치직후부터 준공시까지 중점관리계측과 일반관리계측으로 나누어 계측빈도를 선정하고 운영중에는 유지관리 계측 시스템 이관계획을 수립함.
- Level 2, 3, 4의 계측관리 등급에 따라 차등 관리기준을 수립하고 보호캡 및 주의 표시판 설치, 내부식성 자재 사용, 보호관 설치 등 계측기 보호대책을 수립함.
- 호안제체 계측시스템, 지진 및 해양환경 모니터링 시스템을 구축하여 준설토 투기시 유지관리계측에 활용하는 계획을 수립함.
- 자동계측, 지진, 파랑 및 환경 모니터링 스마트 유지관리 시스템구축으로 유지관리 효율성을 극대화함.
- 개량체 강도, 형상, 연속성 확인을 위한 시험시공 확인조사 22공, 본 시공후 확인조사 40공을 계획하여 개량체 품질관리 강화 계획을 수립함.

【동부건설(주) 컨소시엄】

- 자동, 수동 계측형식별로 구분하고 준설토 투기시기를 고려하여 설치직후부터 준공시까지 중요계측과 일반계측으로 나누어 계측빈도를 선정하고 운영중에는 유지 관리기관에 이관하는 계획을 수립함.

평가 사유

② 계측관리계획의 적정성

【동부건설(주) 컨소시엄】

- Level 2, 3, 4의 계측관리 등급에 따라 차등 관리기준을 수립하고 계측시스템 보호 웬스, 무선경광등 설치등 계측기 보호방안과 계측기 파손시 대응 및 데이터 복구 방안 수립함.
- 모바일 계측관리앱, 실시간 안전관리 시스템, 정보화 시공관리 등 계측관리 용이성 향상으로 스마트 건설현장 구축함.
- 자동화 계측시스템, 실시간 통합관리 시스템 구축 등의 운영중 유지관리계획 계획과 실시간 모니터링 시스템인 지진관측, 현장관제, 해양관측 시스템 및 재난감시 시스템을 구축하여 유지관리 주체기관에 이관하여 장기적인 구조물 안전관리계획을 수립함.
- 작업기지, 지층급변구간, 선구조 교차구간 등에 대한 지층확인 및 DCM 품질확인을 위하여 사전 확인지반조사 6공, DCM 시험시공 18공, DCM 확인조사 12공을 계획함.

【평가의견】

- 2개사 컨소시엄 모두 3단계로 관리기준을 차등적용하고, 계측빈도, 계측기 보호 대책, 자동화 계측시스템, 실시간 모니터링 등의 계측관리방안 및 향후 유지관리 계측시스템의 유관기관에 이관하는 계획을 수립함.
- 동부건설은 계측기 파손시 대응 및 복구방안과 지진관측과 국가지진망 상호연 계시스템을 도입하여 국가기관 재난감시 시스템이 연계되도록 계획함.
- DCM 개량체에 대한 품질확인조사 계획은 남광토건이 총 62공, 동부건설이 총 30공으로 남광토건이 우위를 차지하고 지층급변구간, 선구조 교차구간 등에 사전 확인지반조사 6공을 계획한 동부건설이 시공전 상세 지층확인조사 부분에서는 우위를 차지함.
- 종합적으로 계측관리계획의 적정성에 대해 동부건설이 남광토건보다 다소 우수 하다고 판단됨.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4 월 30일

심의위원 :



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

심의위원 평가사유서

- 건명 : 부산항 진해신항 준설투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사
설계시공 일괄입찰 설계심의
- 전문분야 : 토목시공

검토항목	평가 내용
[검토개요]	<p>[사업개요(기초조사용역 기준)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 사업명 : 부산항 진해신항 준설투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 ○ 사업내용 : 북측방파호안 3,002m, 내부가호안 691m, 부대공 1식 ○ 총공사비 : 376,079백만원 ○ 사업기간 : 42개월 ○ 입찰회사 : 동부건설 컨소시엄 남광토건 컨소시엄 <p>[사업특성]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (사업여건) 금회 심의대상 사업은 방파제 등 외곽시설과 동시에 시공됨에 따라 태풍 등의 재해에 취약하며 투기장 2공구 사업과 거의 동시에 추진됨에 따라 상호 호안의 체질을 통해 포켓이 완성되는 특성이 있음 ○ (현장특성) 기 시행중인 사업들과의 간섭이 예상 됨에 따라 각 현장 상호간의 협업이 필요하고, 수도 등 주민 민원에 대한 대책(부유사 확산, 어선통항로 등)도 필요함. 또한 주요 자재가 석재임에 따라 석재의

검토항목	평가 내용	
	<p>원활한 수급이 사업의 추진의 매우 중요한 요소임</p> <p>○ (기타사항) 스마트 건설계획 도입여부, 잠수부 등 주요 건설근로자 안전관리대책 및 지역사회 지원방안, 지적불부합지 관련사항 등</p> <p>[기술검토 주요이슈]</p> <p>○ 준설토투기장 호안축조공사는 발주처가 요구하는 준설토 발생시기에 맞추어 수토가 가능하도록 적기 투기장 공급 필요(3-1구역)</p> <p>- 2공구와의 협업체계(체질 등) 중요 등</p> <p>- 여러사업이 동시에 진행됨에 따라 원활하고 독립적인 자재공급망과 제작장 등의 확보 중요</p> <p>○ 준설토투기시 토사 유출이 발생하지 않도록 매트 등의 정밀 시공이 필요</p> <p>○ 외곽시설과 동시 시공됨에 따라 태풍기 등에 견딜 수 있도록 단면 확보 등 재해방지대책 수립 필요</p> <p>○ 수도 등 인근 주민민원에 대한 대책</p> <p>- 준설토 투기와 공사가 동시에 진행됨에 따라 오탁수가 배출되는 여수토에 대한 세심한 관리가 필요하며 어선통향로의 안전관리도 중요한 요소임</p> <p>- 준설토투기장의 해충은 수토용량의 70~80% 이상 투기된 상태에서 투기장내 상부 물 웅덩이의 담수화 과정과 동시에 발생하는 특성을 감안할 때 공사 중에는 큰 문제가 되지 않을 것으로 예상되나, 준공 이후 발주처에서 해충방제 관련 활동이 원활히 추진될 수 있는 체계 마련 필요(경험상 준공후 조기복토 시행이 해충방제에 근본적인 도움이 됨)</p> <p>- 사업장 주변 주민들은 신항사업의 장기화에 따른 피해의식이 팽배함에 따라 이에 대한 지역에 도움이 되는 활동 필요</p>	

검토항목	평가 내용	
<p>1. 시공계획 수립의 적정성(5)</p> <p>1-1 공사용 가시설 계획의 적정성</p>	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공사용 가시설 운영계획 : 현장사무실, 지능형 CCTV(5개소), 점멸식 안전난간 등 - 현장사무실 원거리 배치(명지, 녹산 방향) ○ 블록 제작장 및 적출장 : 고화재(송도적출장, 현장내 적출장), 사석(육망산 적출장), 콘크리트 블록(현장내 적출장), 작업기지(블록제작장) 2개소 ○ 공사용 진입로 : 육상시공을 위한 진입로 (L=1.29km) ○ 등부표 등 : 1단계(북측호안 1구간 및 서측호안 시공전), 2단계(북측호안 2구간 시공전) - (1단계) 등부표 : 6기 / 오탉방지막 : 북측호안 및 내부가호안 97Span, 서측호안 77Span - (2단계) 등부표 : 2기 / 오탉방지막 : 북측호안 106Span, 내부가호안 4Span <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공사용 가시설 운영 계획 : 이동식 멀티 해상작업기지 (3개소, 작업바지선 이용 작업기지(다기능 적출장 1개소), 등부표(8개소), 오탉방지막(182span) 등 - 현장사무실 현장 인근배치 ○ 적출장/제작장 : 공급동선 분리계획과 육망산 적출장 (석재 한정) 사용 - 남 ‘컨’ 적출장/제작장(1순위), 신항제작장(2순위), 송도제작장(3순위) ○ 해상 작업기지(3개소) - 이동식 멀티 해상기지(2개소), 고화재 해상작업기지(1개소) - 다목적 작업기지(1개소) : 장래 다기능 적출장으로 체절용 사석 반입 	

검토항목	평가 내용	
	<p>(평가) 동부에서 제시한 공사용 가설도로 개설계획은 기본설계 수준에는 다소 미흡(관계기관 사전협의, 구간별 단면·시공계획 및 도로운영중 준설토 투기 등에 따른 안전대책 등)해 보이며, 비교적 근거리 현장 가설사무소 계획을 수립한 남광이 상대적 우수</p>	
<p>1-2 주요 공종별 시공계획의 적정성</p>	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기초지반처리공 <ul style="list-style-type: none"> - Ø1,600 DCM 3대, 멀티 GNSS RTK, 스크류형 특수비트, 장주 1열·단주 2m 추가 적용(시공 및 우발조인트 보강 부분) ○ 사석공 <ul style="list-style-type: none"> - (북측) Fall Pipe+DGPS, 육·해상 병행시공, 머신가이던스(MG) 굴삭기 - (서측) Fall Pipe, 동다짐, 머신가이던스(MG) 굴삭기 ○ 블록공 및 상부공 <ul style="list-style-type: none"> - 블록공 : GNSS 이용 거치 / 사석공 : 해상 BP, 6단 분할 타설 ○ 최종체절 : 대·중소기(점고식), 소조기(점축식), 코어보강, 가두부 보강 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기초굴착공 : 서측구간 DCM 선시공 후 패각 연약층 제거, 스퍼드형 그레브준설선 ○ 기초지반처리공 <ul style="list-style-type: none"> - Ø1,600 DCM 2대(‘26.상), DIKE·부상토 제거, 고효율 4축 멀티오거 ○ 제체공 : 호안제체 단계별(수심별) 축조와 최종체절 시기 결정 	

검토항목	평가 내용	
	<ul style="list-style-type: none"> - 제체사석 : 3단 분할투하(Auto버켓 정밀투하) - 피복석/돌망태 : 롱붐굴삭기 투입, 3면맞물림 - 최종체절 : ‘27년 5월 소조기에 점고식 + 일방향 점축식(육상) 시공 ○ 상부공 : 해상BP선, 강제시스템폼 설치, 파이프쿨링 (일괄타설) ○ 기타 : 일반선박과 통항로 분리, 보조항로 운항, 스마트 안전관리시스템 <p>(평가) 태풍기 파랑내습 등을 고려하여 호안 제체공의 단면을 단계별(3단 분할)로 시공계획을 수립한 남광설계가 상대적으로 우수</p>	
1-3 수중공사 계획의 적정성	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공사계획 : 수중공사 인력투입 최소화 - 시공관리 : 육·해상 병행, 리더길이 50m이상 DCM 선 투입, 롱붐굴삭기, 다짐판을 이용한 사석다짐 및 고르기, 수중드론 운영 - 안전관리 : 4인 1팀(3.5시간 이내), 잠수신호기, 감압 챔버, 수중 광섬유 발광 구명줄, 잠수사 스마트 수중 밴드, 공기호스·통신케이블 등 안전장비 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공사계획 : 집중 관리공종 선정, 스마트장비 투입 및 잠수작업 최소화 - 시공관리 : 4인 1조 구성과 타선박 접근예방, 수중드론 - 안전관리 : 수중체류시간 제한, 잠수부 전용 헬멧과 무선통신장치(손목), 감압챔버, 잠수사 스마트 수중 밴드, 중량조절벨트 등 - 수중안전 규정사항 : 고압시간 1일 6시간, 1주 34시간 이내 작업시간 준수 <p>(평가) 양사 수중 작업의 최소화와 구체적 법적 근거를 바탕으로 잠수부 안전을 고려한 시공계획을 수립하였으나, 남광의 경우 잠수부 투입에 대한 구체적인 예상문제점 별로 대처방안을 제시함에 따라 현장 적용성 차원에서 상대적으로 우수</p>	

검토항목	평가 내용	
1-4 장래 상부 및 인접시설과 호환성	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 장래 상부시설과 호환성 <ul style="list-style-type: none"> - 무상치 단면, 경관 친수시설, 육·해상작업기지 2개소, 다중필터 시스템+보호압사석 - 장래공구 접속부 DCM 추가 지반개량(2열보강), 인공어초 이설 및 유용 - 방제여수로 설치 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 장래 상부시설과 호환성 <ul style="list-style-type: none"> - 다기능 적출장(100m×35m), 스마트 여수토 2개소 추가, 5단계 유출방지공 ○ 인접시설과 호환성 <ul style="list-style-type: none"> - 구조물표시등, 대규모 다기능 적출장, 스마트 여수토, 방제 여수로(9개소) - 친수광장(2개소), 전망대(6개소), 전구간 상부 2차로, 회차장 	
	(평가) 향후 호안 제거등을 고려 무상치 경사제를 적용하고 경관친수 분야를 다양하게 고려한 동부 설계가 상대적 우수	
2. 공기단축 방안 및 공정계획 수립의 적정성 (5)	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 작업일수 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 관계기관 공사불능일 최신기준, 창원기상대 30년 기상자료 분석 - 해상(DCM) : 20.4일/월, 해상(사석공) : 18.5일/월, 육상 : 20.3일/월 ○ 주요 공종별 공기 산정 <ul style="list-style-type: none"> - 기초굴착 : 225m³/hr / 기초지반처리(DCM, 4축 3련) : 30m/hr(20hr/일) - 사석공 : 대선(2,000톤급) 900m³일, 덤프(25.58톤) 120m³일 - 블록공(각종) : 6~13EA/일 - 상부공 : 거푸집 5조, 1단 타설기간 5일 	
2-1 단위 공기 산출의 적정성		

검토항목	평가 내용	
	<p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 작업일수 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 항만공사 작업일수 산정방식 개선용역의 파고기준 적용(해상 차등적용) - 해상(DCM) : 19.4일/월, 해상(대선) : 17.8일/월, 육상 : 19.9일/월 ○ 주요 공종별 공기 산정 <ul style="list-style-type: none"> - 기초굴착 : 249m³/hr / 기초지반처리(DCM, 4축 3련) : 30m/hr(20hr/일) - 제체사석 : 142m³/hr / 피복석 : 17m³/hr / 필터사석 : 136m³/hr - 상부 : 상치 일괄타설(파이프쿨링 양생), 작업조 2~3조 및 9일/Span 	
	<p>(평가) 공종별 공기산출과 관련하여 현장특성을 감안한 주요 단위공기 산출, 특히 전체 호안구간별 세부공종별로 공기를 산출한 남광이 상대적으로 우수</p>	
2-2 공기단축 방안 수립의 적정성	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 주공정 관리 : 여유공기 3개월 <ul style="list-style-type: none"> - 가설공 5개월+북측 1구간 지반개량 9개월+ 내부가호안 지반개량 2개월+내부가호안 제체 8.5개월+북측 2구간 제체 13.5개월+부대공 1개월 ○ 공기단축 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 기초처리공 : Ø1,600 DCM 3대 - 사석공 : 육·해상 병행시공, 일부 직립제 적용으로 블록공과 병행 - 상부공 : 해상BP, 북측호안 무상치 단면조성 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 주공정 관리 : 여유공기 3개월 <ul style="list-style-type: none"> - FT 5개월 + DCM 17개월 + 제체사석 10개월 + 상부공 6개월 + 준공준비 1개월 + 여유공기 3개월 = 42개월 	

검토항목	평가 내용	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공기단축 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 기초처리공 : Ø1,600 DCM 2대 - 사석공 : 다방향 해상 동시 시공, 6,300톤 사석 대선 - 상부공 : 해상BP선 + 파이프쿨링(일괄타설) <p>(평가) 초기 DCM 3대 투입 및 육해상 병행시공, 3-1 구역 조기개장('26년 5월) 검토, 멀티블럭 사전제작으로 사석공과 병행시공 등을 적용한 동부의 공기단축 방안이 상대적 우수</p>	
2-3 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리 계획의 적정성	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 접속부 현황 : 준설토 유출방지 및 기초지반처리계획 <ul style="list-style-type: none"> - 수도접속부 : 고무방사판+필터매트 설치 - 북측 및 서측호안 접속부 : 장주2열 블록식 보강 ○ 접속부 현황 : 준설토 유출방지 및 기초지반처리계획 <ul style="list-style-type: none"> - 1공구-2공구 접속부 : 블록식 2열 보강 - 체절구간 보강 : 체절 전구간 코어보강 및 가두부 보강 ○ 장래를 고려한 접속부 처리계획 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 수도 접속부 : 다중필터시스템+고무방사판 적용 - 2공구 및 장래공구 : DCM 블록식 2열 보강 - 북측 및 서측호안 접속부 : 장주 2열 블록식 보강 - 체절구간 : 코어(거석) 및 가두부 보강 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 접속부 현황 : 기초지반처리계획 <ul style="list-style-type: none"> - DCM—굴착치환 접속구간 : 계단식 DCM 시공 후 기초굴착 치환 - 외곽—내부가호안 접속구간 : 격자식 장주 2열 및 개량폭 54.6m ○ 접속부 현황 : 기초지반처리계획 <ul style="list-style-type: none"> - 1공구—2공구 접속구간 : 격자식 장주 2열 마감 	

검토항목	평가 내용	
	<ul style="list-style-type: none"> - 지층별 보강공법 변경에 따른 구조물 변위방지를 위해 접속부 보강 ○ 장래를 고려한 접속부 처리계획 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 수도-북측방파호안 접속부 : 접속 사석구간 3중매트 설치 - 내부가호안 접속부 : 방파호안 3중매트 전시공 후 내부가호안 접속 - DCM-굴착치환 접속부 : DCM 시공 후 패각함유 연약지반 제거 - 북측방파호안(서측)-투기장 호안 <p>(평가) 내부가호안 단면에 고내구 돌망태 블록 공법을 적용하여 장래 상부 인접 부지개발 시 제거와 유용이 용이하도록 설계한 남광이 우수</p>	
2-4 진해신항 개발 시기를 고려한 수도 용량 적기 확보 방안	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 투기계획 검토 : '26년 5월 3-1구역 수도 <ul style="list-style-type: none"> - 양곡부두 사업일정 변경(' 27.→ '24.), 2구역 용량 초과 ○ 수도용량 적기 확보 방안 <ul style="list-style-type: none"> - Ø1,600mm DCM 4축 3련 전용선 3대, 육·해상 병행시공 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 투기계획 검토 : '27년 3구역 1구간 수도 <ul style="list-style-type: none"> - 투기장 공백기 발생 : 투기장 3구역 완공('28.1) 전 준설토 투기('27년) ○ 수도용량 적기 확보 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 투기장 공백기 발생 : 투기장 3구역 완공('28.1) 전 준설토 투기('27년) 적기 확보 방안 - Ø1,600mm DCM 4축 3련 전용선 2대, 6,300톤 사석운반선 <p>(평가) 발주청 입찰안내서에 따라 조기 수도계획('26년 5월)을 수립한 동부의 설계가 상대적으로 우수</p>	
2-5 공정계획	[동부]	

검토항목	평가 내용																
수립의 적정성	<ul style="list-style-type: none">○ 현장여건<ul style="list-style-type: none">- 북측 및 서측호안 동시시공, 육·해상 병행 운반계획, 공사용 진입로- '26년 투기장 2구역 투기용량 초과를 고려한 수토 계획 수립○ 공정관리 체계 수립<ul style="list-style-type: none">- 공정관리 : 특수장비 협약서, 블록제작장 설치, 재료원 다원화- 현장관리 : 스마트 통합안전시스템, 현장 내 블록 제작장 설치- 공기지연시 만회대책 : DCM선 2대 상시 유지, 10,000톤급 대선, 상치콘크리트 동절기 보온시공, 해상 BP선 이용○ 연차별 공정계획 <table border="1"><thead><tr><th>년차</th><th>공정율</th><th>주요내용</th></tr></thead><tbody><tr><td>1차</td><td>12.7</td><td>오타방지막등부표 설치, 북측호안 1구간 및 서측호안 DCM 등</td></tr><tr><td>2차</td><td>67.20</td><td>내부기호안 DCM 육·해상 작업기지, 북측호안 1구간 사석공 등</td></tr><tr><td>3차</td><td>95.21</td><td>북측호안 2구간 DCM 및 사석공, 서측호안 상치공 시공 등</td></tr><tr><td>4차</td><td>100</td><td>북측호안 2구간 사석공·서측호안 상치 완료, 부대공 등</td></tr></tbody></table> <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현장여건<ul style="list-style-type: none">- '26년 8월 태풍기 이전 1구간 제체공 및 체절 완료, 청어·대구 산란기(1.16~2.15) 공사 중지, 3회의 태풍기 이후 제체 2단 시공(3구역 2구간)○ 공정관리 체계 수립<ul style="list-style-type: none">- 공정관리 : 트리거 공정계획, 상치콘크리트 Span별 일괄타설- 현장관리 : 상치콘크리트 Span별 일괄타설, 석재공급 Peak Time 분석- 부진공정 만회대책 : Ø1,600 DCM 추가 1대(2대 → 3대), 석재공급원 추가 7개소(현 계획 2개소 → 9개소), 작업선단 보조통항로 운영	년차	공정율	주요내용	1차	12.7	오타방지막등부표 설치, 북측호안 1구간 및 서측호안 DCM 등	2차	67.20	내부기호안 DCM 육·해상 작업기지, 북측호안 1구간 사석공 등	3차	95.21	북측호안 2구간 DCM 및 사석공, 서측호안 상치공 시공 등	4차	100	북측호안 2구간 사석공·서측호안 상치 완료, 부대공 등	
	년차	공정율	주요내용														
1차	12.7	오타방지막등부표 설치, 북측호안 1구간 및 서측호안 DCM 등															
2차	67.20	내부기호안 DCM 육·해상 작업기지, 북측호안 1구간 사석공 등															
3차	95.21	북측호안 2구간 DCM 및 사석공, 서측호안 상치공 시공 등															
4차	100	북측호안 2구간 사석공·서측호안 상치 완료, 부대공 등															

검토항목	평가 내용																
	<p>○ 단계별 공정계획</p> <table border="1" data-bbox="416 349 1286 573"> <thead> <tr> <th>구분</th><th>공정율</th><th>주요내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>9.87</td><td>기초굴착, DCM 시공, 해상작업기지 조성 등</td></tr> <tr> <td>2</td><td>37.90</td><td>제체사석(북측방파호안) 11(4)0m 제체사석(내부기호안) 11(4)0m</td></tr> <tr> <td>3</td><td>84.7</td><td>내부가호안 체절(3구역 1구간) 및 고내구돌망태 시공 등</td></tr> <tr> <td>4</td><td>100</td><td>상치콘크리트 및 여수토(2구간) 시공, 최종체절</td></tr> </tbody> </table> <p>(평가) 육망산 석재 공급 피크 타임('26.2.~11.) 분석을 통해 추가 석재공급원 9개소를 확보하고, 작업선단 보조항로 등을 적용하여 보다 안정적으로 접근하여 공정계획을 수립한 남광이 우수</p>	구분	공정율	주요내용	1	9.87	기초굴착, DCM 시공, 해상작업기지 조성 등	2	37.90	제체사석(북측방파호안) 11(4)0m 제체사석(내부기호안) 11(4)0m	3	84.7	내부가호안 체절(3구역 1구간) 및 고내구돌망태 시공 등	4	100	상치콘크리트 및 여수토(2구간) 시공, 최종체절	
구분	공정율	주요내용															
1	9.87	기초굴착, DCM 시공, 해상작업기지 조성 등															
2	37.90	제체사석(북측방파호안) 11(4)0m 제체사석(내부기호안) 11(4)0m															
3	84.7	내부가호안 체절(3구역 1구간) 및 고내구돌망태 시공 등															
4	100	상치콘크리트 및 여수토(2구간) 시공, 최종체절															
<p>3. 시공관리 계획의 적정성 (4) 3-1 품질, 안전, 환경관리계획 수립의 적정성</p>	<p>[동부]</p> <p>○ 품질관리계획 수립의 적정성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지반개량공 : 자동배합시스템, 계측장비 설치 - 사석공 : Fall Pipe + DGPS에 의한 정위치 투하, 부표설치 - 상치공 : 해상 BP선, 수화열을 고려한 6단계 타설 - 품질관리 : 자체 시공 VE, 스마트 품질관리, 자체 검측반 운영 <p>○ 안전관리계획 수립의 적정성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공종별 안전관리 <ul style="list-style-type: none"> · 기초처리공 : 순찰선 이용, 야간점멸등, 풍속계 설치, 앵커고정 확인 · 사석공 : 와이어 로프 꼬임 방지, 신호체계 통일, 구조장비, 공기통 · 블록 및 상치공 : 양하중 초과금지, 붐대 급속 회전 금지, 신호통일 - 현장 안전관리 <ul style="list-style-type: none"> · 해상공사 안전모니터링, 통합안전관제(스마트 장비, 지능형 CCTV), 감압챔버 및 운용자 상시 배치, 교통안내표지판, 교통안전요원, 실시간 선박관제 																

검토항목	평가 내용	
	<p>○ 환경관리계획 수립의 적정성 : 공사중 51건, 운영중 6건</p> <p>[남광]</p> <p>○ 품질관리계획 수립의 적정성 : 스마트 검측앱 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기초처리공 : 자동배합시스템, RTK 방식의 GPS, 심도계, W형 선단처리 - 사석공 : 선단별 DGPS 설치, 정밀투하용 Auto 버켓, 대선 9,000P - 피복석 : 3면 맞물림 시공, 상치공 : 강재시스템폼, 파이프쿨링 - 품질관리 : 다중 복합매트(2중 및 3중 배치), IoT 품질 관제 <p>○ 안전관리계획 수립의 적정성 : 3중 안전패트룰 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공종별 안전관리 <ul style="list-style-type: none"> · 기초처리공 : 스퍼드 그레브준설선(16m³), DCM선 야간점멸등과 AIS장착 · 사석공 : 9,000P급 바지선 사석운반, 작업한계과고 0.8m이내 등 · 상치공 : 안전발판, 안전난간 설치, 충전식 투광등 설치(야간 작업시) - 현장 안전관리 <ul style="list-style-type: none"> · VR 가상체험, 웹캠, 구조용 투포형 튜브, 작업선박 투입전 안전도검사 등 실시, 예부선 안전운행 지침서(기상특보 발효기준) 준수 <p>○ 환경관리계획 수립의 적정성 : 공사중 103건, 운영 중 12건</p>	
	<p>(평가) 안전한 시공과 품질확보를 위해 태풍기 등 이상파랑을 2차년도와 3차년도에 걸쳐 보다 확대 예측하여 계획을 수립하고, 환경적인 측면에서 환경영향평가 협의내용(청어·대구 산란기(1.16~2.15)을 적극적으로 수용한 남광이 상대적으로 우수</p>	
3-2 장비, 인력, [동부]		

검토항목	평가 내용	
<p>자재 등 자원투입계획의 적정성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장비투입계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 15m³ 그레브 준설선, 4축 3련 DCM 전용선, 2,000톤급 대선, 다짐판 탑재 해상기중기선, 해상 BP 전용선, 25.5톤급 덤프트럭 등 ○ 인력투입계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 법적 기준이상 인력 투입, 항만건설공사 기술인력 투입, 20시간 작업 교대관리(3조, 3교대), 근로기준법 작업시간 준수 ○ 자재 등 자원투입계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 지역자재 구매, 자재구매 및 운영시스템, 석재원 보조 재료원 4개소 확보 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 장비투입계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 지역장비 활용, 4축 3련 DCM 전용선, 그레브 준설선(스퍼드형, 2,400m³/일 이상), 6,300톤급 대선, 롱붐굴삭기, 짐게 굴삭기 등 ○ 인력투입계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 항만공사 전문가, 해상장비와 육상장비 분야의 유지관리 전문가 투입 - 인력지원센터와 연계한 지역인력 채용, 현지인 채용 ○ 자재 등 자원투입계획의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 석재 1일 최대 10,000m³ 공급, 고화재 공급을 위한 해상작업기지 	
	<p>(평가) DCM 전용선을 최초부터 3대투입하고, 주요 해상장비(DCM 전용선 최초 3대투입, 해상 BP 전용선 등)에 대한 사용 동의서를 사전에 협의하여 장비확보계획을 보다 구체적으로 제시한 동부측 우수</p>	
<p>3-3 공사관련 계약관리의 적정성</p>	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 계약관리 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 항만건설사업정보시스템(CITIS) 연계한 계약관리 체계 구축 	

검토항목	평가 내용	
	<p>○ 협력업체 계약관리</p> <p>- ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 다자간 원격협업시스템, 조달청 하도급 지킴이 의무화, 상생결재시스템 시행 등</p> <p>[남광]</p> <p>○ 계약관리 계획</p> <p>- 나라장터 연계, 사업담당자간의 문서 유통상태관리</p> <p>○ 협력업체 계약관리</p> <p>- ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 건설기계대여금 공사현장별 보증, 대금조정 신청권 확대 등</p> <p>(평가) Benefit Sharing 제도시행과 상대적으로 영세한 협력업체에 대한 금융지원, 하도급업체 직업훈련 사이버 교육 지원 등을 적용한 남광의 계약관리 다소 우수</p>	
<p>4. 예상민원 및 대처방안의 적정성(4)</p> <p>4-1 현장여건을 고려한 예상민원 도출</p>	<p>[동부]</p> <p>○ 예상민원 도출방안(민원 조사)</p> <p>- 민관협의체(88건), 민원사례 (공공기관(371건) 유사현장(4건)) 375건</p> <p>○ 예상민원 현황</p> <p>- 공사로 인한 소음·진동·대기오염·통행불편, 통항선박 통항불편 발생, 육·해상 공사로 인한 수질오염, 부유사 확산으로 생태계 영향 등</p> <p>[남광]</p> <p>○ 예상민원 도출방안</p> <p>- 관계기관 3건을 포함한 총 15건(동일 민원사항은 중복처리)</p> <p>○ 예상민원 현황</p> <p>- 어선과 작업선박과의 충돌/간섭, 공사용 진출입로 사용간섭 및 용원동 소음·진동 민원, 제작장의 타 사업(남방파제)과의 공동사용 간섭 등</p>	

검토항목	평가 내용	
	<p>(평가) 동부측에서 사례조사는 많이 수행 했으나, 해당현장의 작업여건 및 구역별(석재원, 제작장 등)로 예상 민원을 보다 상세하고 구체적으로 도출한 남광이 다소 우수</p>	
<p>4-2 예상민원 대처 방안 및 민원 관리</p>	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 예상민원 대처방안 <ul style="list-style-type: none"> - 육상교통 : 교통안전시설물, 교통신호수, 차량덤펀, 차량속도 준수 - 해상교통 : 단계별 어선통항로 확보, 작업선단 VTS 및 무선설비 설치, 안전순시선 - 작업장 구간 : IoT 스마트 먼지제어, 비산방지망, 가설방음벽 - 수질오염 : 부유사 확산 시뮬레이션, 다중 부유사 확산방지, 방제계획 - 어업권 등 : 산란장 이격공사, 인터페이스 협의체, 온실가스 관리 ○ 민원관리 <ul style="list-style-type: none"> - 민원전담반, 민원 즉시처리제, 협의체 구성, 지역주민 설명회 및 채용 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 예상민원 대처방안 <ul style="list-style-type: none"> - 육상교통 : IoT 이동식 살수기, 워터드론 등 - 해상교통 : 일반어선 통항로 분리, 옹도측 통항로 50m 확보 - 수질오염 : 장비부착형 오탁방지막, 부유사 차단막 (환경용품) 구비선 대기 - 어업권 등 : 9단계 부유사 확산 관리, 어류산란기 공사 최소화, 3중 오탁방지막(수하+자립식) ○ 민원관리 <ul style="list-style-type: none"> - 민원관리시스템, 지역행사(진해군항제) 참여 지원, 지역내 소비활동 촉진 등 	

검토항목	평가 내용	
	(평가) 멀티블럭 등을 적용하여 서측호안과 응도측 항로폭을 보다 여유있게 확보하여 안전한 통항을 고려한 동부측 예상민원 대처방안이 상대적으로 우수함	
4-3 진해신항 주변 지역 지원방안의 적정성	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 주변지역 지원방안 : 지적불부합지(AHHW 이하) 검토 결과 보상 불필요 - 환경 : 다중부유사, 생태복원시설, 해충퇴치기 - 지역경제 : 지역업체 참여, 지역주민 일자리, 지역소비 활동 - 기타 : 방제비품, 해양폐기물 처리, 지역 관광객 집중 시 공사강도 조절, 경관시설(조형 휴게시설, 조형 등대, 휴게시설, 포토프레임, 페이빙아트) 등 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 주변지역 지원방안 - 환경 : 부유사 차단시설, 3중 오타방지막(수하+자립식), 순시선, 해상관제선 - 지역경제 : 지역주민 우선 채용 및 홍보, 지역 협력업체 참여 - 기타 : 편입토지(1,804m²) 및 지적불부합지(79,244m²)에 대해서 보상절차 추진 시 지적측량, 감정평가 및 관계기관 협의 등 각종 업무 지원 <p>(평가) 지역주민 채용등 양사가 제시하는 지역지원방안은 유사하나, 토지보상(편입토지 포함) 추진시 관련 각종 업무시 지원을 추가로 제안하고, 지적불부합지를 추가로 검토한 남광의 지원방안이 다소 우수함</p>	
5. 스마트 건설 기술활용 시 공성 및 유 지관리의 적 정성(3)	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 건설기술 활용 정도 : 스마트 건설조직, 총 28건 도입 - 공정관리 : CDE활용 스마트건설, 무인장비(육상·수중드론) 관제·검측 등 - 품질관리 : 머신가이던스, 스마트 측중기, DGPS기 	

검토항목	평가 내용	
5-1 시공단계 스마트 건설 기술 활용 정도 및 기대 효과	반 해상장비, AR검측 등 - 안전관리 : VR 교육, IoT 공사용등부표, IoT 선박 충돌방지 시스템 등 - 현장관리 : AIS 기반 해상 현장관리, 실시간 계측 센서 [남광] ○ 스마트 건설기술 활용 정도 : 통합관제시스템(NKS) 활용, 총 40건 도입 - 공정관리 : GNSS 기반 DCM 시공관리, 디지털 송장시스템 - 품질관리 : 머신가이던스, IoT 센서를 활용한 원격 수화열 관리 - 안전관리 : 스마트 웨어러블, 접근정보 센서, 실시간 선박감시 등 - 환경관리 : 스마트 여수토 모니터링, 스마트 부유사 모니터링, 스마트 해충 퇴치기	
	(평가) 스마트 건설기술 최대 40건과 실시간 오타쿠 수질 등을 파악하여 여수토를 관리하는 스마트 여수토 등을 적용한 남광 설계가 상대적 우수	
	[동부] ○ 스마트 건설기술 활용 정도 : 첨단 유지관리 마스터 플랜, 총 14건 도입 - BIM·CDE 연계, XR 연동한 시설물 관리, 계측 자동화, IoT 기반 선박충돌 경보 등명기, 인명구조용 로켓발사기 등 [남광] ○ 스마트 건설기술 활용 정도 - 스마트 지능형 CCTV, 드론, 수중드론, 해충 퇴치 시스템, IoT수질센서, 유지관리단계 AR활용 스마트 유지관리, BIM 시설물 데이터 이관	
5-2 유지관리단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등	(평가) 준공 후 준설토투기시 투기장 호안 상부에 적용 가능한 스마트 건설기술 등을 구간별로 보다	

검토항목	평가 내용	
	구체적으로 제시하여 효율적인 투기장 관리를 도모한 <u>남광</u> 상대적 우수	
5-3 스마트 건설 기술 활용 시공성 및 유지관리 적정성	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 시공성 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 공정관리 : 디지털 모델 기반 사전시공, BIM 기반 토석량·준설토 처리 - 안전관리 : 태양광 부표, 스마트 등부표, 선박충돌경보등명기, LED 구명줄 - 환경관리 : 프리캐스트 부재, IoT 센서로 수중오염 측정 ○ 유지관리 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 항만 BIM 라이브러리 구축 및 건설 전단계 빅데이터 연계 활용 <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 시공성 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 공정관리 : 협업 플랫폼 활용, 시공면 드론관리, 머신가이던스 시공 - 안전관리 : 선박관제 지능형 CCTV, 해로드, 웨더스테이션 - 환경관리 : 스마트 해충 퇴치기, 방역드론, IoT 기반 웨더스테이션 등 ○ 유지관리 적정성 <ul style="list-style-type: none"> - 준공 BIM 구축 및 스마트 건설기술 유지관리 연계 활용 <p>(평가) 디지털 모델 기반 시공 최적안 사전 시뮬레이션을 수행하고 BIM 기반 토석량 활용 및 준설토 처리 시뮬레이션 등을 수행한 동부 설계가 우수</p>	
6. 사회적 가치실현(4) 6-1 건설현장 안전 관리 및 재난대 응 계획	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 건설현장 안전관리계획 <ul style="list-style-type: none"> - 선박 AIS 연계한 통합안전관리시스템, 스마트 안전장비, VR기반 현장 안전교육 ○ 건설현장 재난대응 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 해양안전 : 기상예측시스템, VTS 관제센터와 연계시스 	

검토항목	평가 내용	
	<p>템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기타 : 컨트롤타워, CPR 교육, 유류유출 및 선박사고 대응계획, 피항계획(2개소) <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 건설현장 재난대응 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 해양안전 : 방재조직 구성, 사전기상예측 시스템, 등화와 형상물 표시 - 기타 : 시나리오 구축 및 훈련, 해상장비 피항계획 (피항지 3개소) 등 ○ 건설현장 재난대응 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 해양안전 : 방재조직 구성, 사전기상예측 시스템, 등화와 형상물 표시 - 기타 : 시나리오 구축 및 훈련, 해상장비 피항계획 (피항지 3개소) 등 	
	<p>(평가) 안전관리계획의 상위개념부터 현장직원들의 법정 안전교육과 안전교육 실시계획 등을 구체적으로 제시한 동부측이 우수</p>	
<p>6-2 건설근로자 근무여건 개선 계획</p>	<p>[동부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 근로자 근로환경 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 건강보호, 열사병 예방대책, 감염병 의료/지원시스템, 안전트라우마 관리, 전용 쉼터, 안전보건실 ○ 근로자 복지 향상 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 근로시간 절대 준수, 퇴직공제금 지급, 전자카드제, 외국근로자 사고분석·교육, 스마트 검측, 장기근속자 인센티브(휴가비 등) <p>[남광]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 근로자 근로환경 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 해양안전 : 방재조직 구성, 사전기상예측 시스템, 등화와 형상물 표시 - 기타 : 시나리오 구축 및 훈련, 해상장비 피항계획 (피항지 3개소) 등 개선 - 스마트 앱 활용한 근로시간 관리(주52시간 법정근무시간 준수), 실시간 임금 지급현황 모니터링(임금 	

검토항목	평가 내용	
	<p>체불 방지), 근로자 퇴직공제금 지급계획</p> <p>○ 근로자 근로환경 개선</p> <p>- 비산먼지 건강보호가이드로 건설근로자 건강보호, 무더위 휴식제로 작업강도 조절, 이동식 근로자 휴게실 제공으로 근로의욕 고취</p>	
	<p>(평가) 건설근로자 임금체불 방지를 위하여 실시간 임금 지급현황 모니터링 등을 적용한 <u>남광이</u> 상대적 우수</p>	
6-3 중소기업 상생 협력 및 지역경제 활성화 방안	<p>[동부]</p> <p>○ 중소기업 상생협력 방안</p> <p>- 상생누리시스템, 전자조달시스템, 동반성장 지원프로그램, 기술개발 지원사업</p> <p>○ 지역경제 활성화</p> <p>- 지역업체 참여기회 부여, 지역장비, 지역자재, 이주 여성 통역자 활용</p> <p>[남광]</p> <p>○ 중소기업 상생협력 방안</p> <p>- 동반성장 지원프로그램, 파트너링 시스템</p> <p>○ 지역경제 활성화</p> <p>- 통합 B2B 시스템과 상생누리시스템 활용, 하도급 지킴이 시스템</p>	
	<p>(평가) 건설사업자간 상호 협력 평가 및 이주 여성 통역자 활용 방안 등을 제시한 동부가 상대적 우수</p>	

위와 같이 평가사유서를 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 박 홍 범



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목시공

평가 사유

□ 평가항목 : 시공계획 수립의 적정성

o 공사용 가시설 계획의 적정성

【동부건설 컨소시엄】



- 공사용 가시설 운영계획 : 현장사무실, 지능형CCTV(5개소), 점멸식 안전난간 등
- 블록 제작장 및 적출장 : 고화재(송도적출장, 현장내 적출장), 사석(육망산 적출장), 콘크리트 블록(현장내 적출장), 작업기지(블록제작장) 2개소
- 공사용 진입로 : 육상시공을 위한 진입로(L=1.29km)
- 등부표 등 : 1단계(북측호안 1구간 및 서측호안 시공전), 2단계(북측호안 2구간 시공전)

【남광토건 컨소시엄】



- 공사용 가시설 운영 계획 : 이동식 멀티 해상작업기지(3개소), 작업바지선 이용 작업기지 (다기능 적출장 1개소), 등부표(8개소), 오타방지막(182span) 등
- 적출장/제작장 : 공급동선 분리계획과 육망산 적출장(석재 한정) 사용
- 이동식 멀티 해상기지(2개소), 고화재 해상작업기지(1개소), 장래 다기능 적출장으로 체절용 사석 반입 다목적 작업기지(1개소)

⇒ 【 평가의견 】

- 공사용 가시설 계획에 있어 각 컨소시엄에서 수립한 계획은 모두 적절한 것으로 판단되나, 현장관리 측면에서 복합현장으로 인한 제작장, 적출장 다원화로 혼잡도를 해결하고, 멀티 해상작업기지 3개소를 설치한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

o 주요 공종별 시공계획의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- (기초지반처리공) Ø1,600 DCM 3대, 멀티 GNSS RTK, 스크류형 특수비트, 장주 1열 · 단주 2m 추가 적용(시공 및 우발조인트 보강 부분)
- (사석공) (북측) Fall Pipe+DGPS, 육 · 해상 병행시공, 머신가이던스(MG) 굴삭기, (서측) Fall Pipe, 동다짐, 머신가이던스(MG) 굴삭기
- (블럭공/상부공) GNSS 이용 거치/해상 BP, 6단 분할 타설

【남광토건 컨소시엄】

- (기초굴착공) 서측구간 DCM 선시공 후 패각 연약층 제거, 스퍼드형 그레브준설선
- (기초지반처리공) Ø1,600 DCM 2대('26.상), DIKE · 부상토 제거, 고효율 4축 멀티오거
- (제체공) 제체사석 : 3단 분할투하(Auto버킷 정밀투하)
 - 피복석/돌망태 : 롱뿔굴삭기 투입, 3면맞물림
 - 최종체절 : '27년 5월 소조기에 점고식 + 일방향 점축식(육상) 시공
- (상부공) 해상BP선, 강재시스템폼 설치, 파이프쿨링(일괄타설)

⇒ 【 평가의견 】

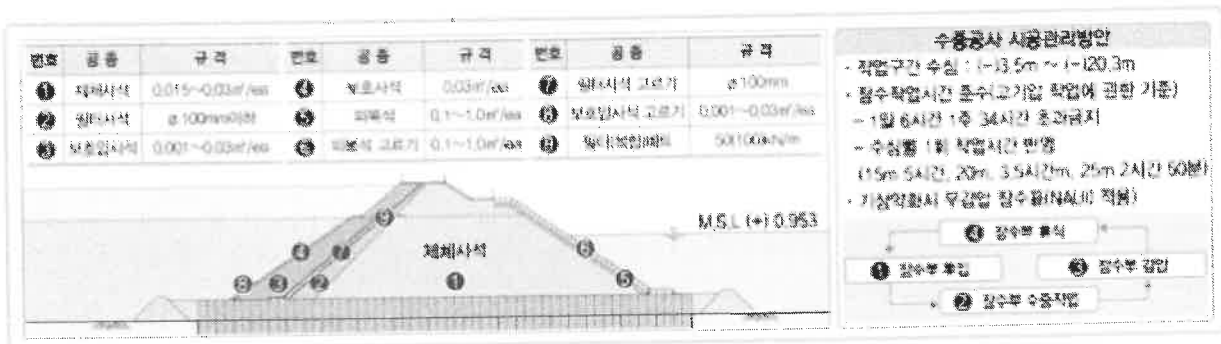
- 각 컨소시엄에서 제시한 주요 공종별 시공계획은 모두 적절한 것으로 판단

되나, 제체공 시공계획에서 공종별 시공계획을 좀더 구체적으로 수립하고, 조위분석을 통한 최종 체절시기를 계획한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨.

o 수중공사계획의 적정성

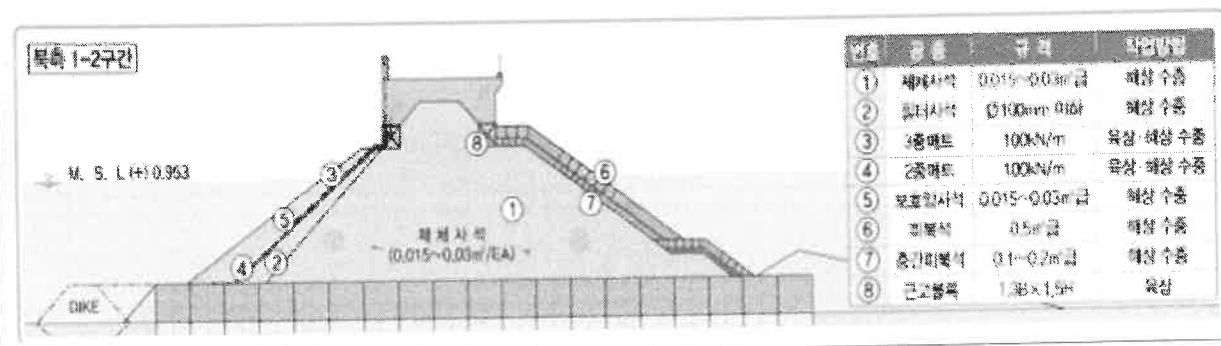
【동부건설 컨소시엄】

- 공사계획 : 수중공사 인력투입 최소화
- 시공관리 : 육·해상 병행, 리더길이 50m이상 DCM선 투입, 롱붐굴삭기, 다짐판을 이용한 사석다짐 및 고르기, 수중드론 운영
- 안전관리 : 4인 1팀(3.5시간 이내), 잠수신호기, 감압챔버, 수중 광섬유 발광 구명줄, 잠수사 스마트 수중밴드, 공기호스·통신케이블 등 안전장비
- 수중공사 현황



【남광토건 컨소시엄】

- 공사계획 : 집중 관리공종 선정, 스마트장비 투입 및 잠수작업 최소화
- 시공관리 : 4인 1조 구성과 타선박 접근예방, 수중드론
- 안전관리 : 수중체류시간 제한, 잠수부 전용 헬멧과 무선통신장치(손목), 감압 챔버, 잠수사 스마트 수중밴드, 중량조절벨트 등
- 수중안전 규정사항 : 고압시간 1일 6시간, 1주 34시간 이내 작업시간 준수
- 수중공사 현황



⇒ 【 평가의견 】

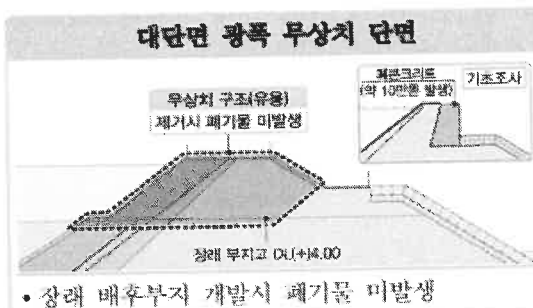
- 수중공사계획의 적정성은 양 컨소시엄 모두 잠수작업 안전수칙과 안전기술 지침 따른 안전대책 수립, 수중드론·스마트 안전장비 등 기계화 시공으로 계획한 것은 적정하나, 수중공사 인력 최소화 및 작업수심별 작업시간을 반영한 동부건설 컨소시엄이 다소 우수함.

o 장래 상부 및 인접시설과 호환성

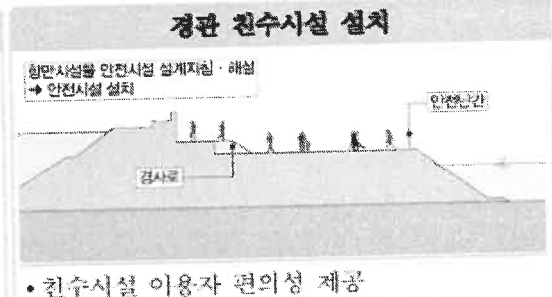
【동부건설 컨소시엄】

- (장래 상부시설과 호환성) 무상치 단면, 경관 친수시설, 육·해상작업기지 2개소, 다중필터 시스템+보호압사석
- (인접시설과 호환성) 장래공구 접속부 DCM 추가 지반개량(2열보강), 인공어초 이설 및 유용, 방제여수로 설치

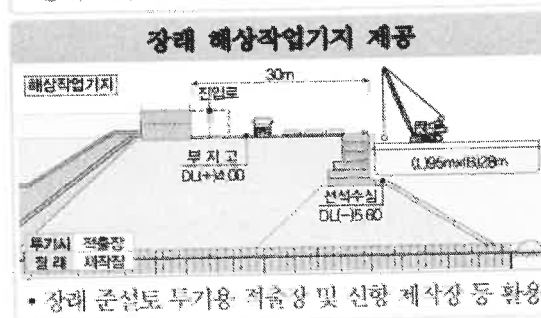
장래 상부시설 호환성



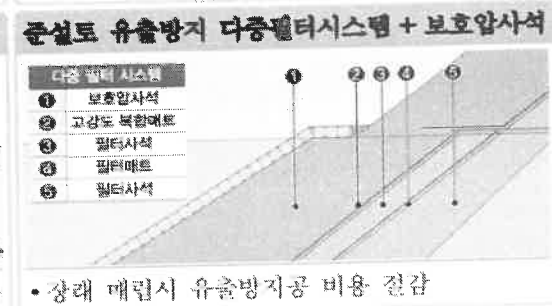
- 장래 배후부지 개발시 폐기물 미발생



- 친수시설 이용자 편의성 제공



- 장래 준설토 투기용 적출장 및 신허 제작상 등 활용

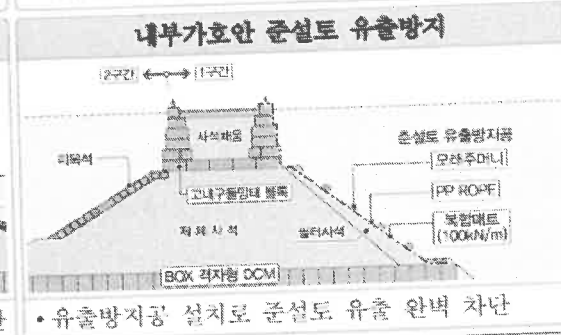
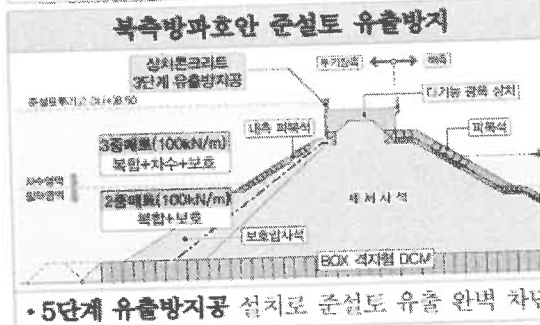
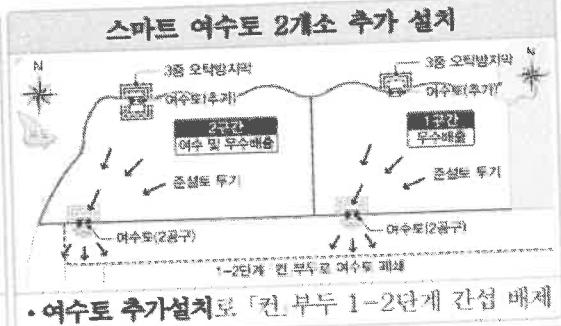
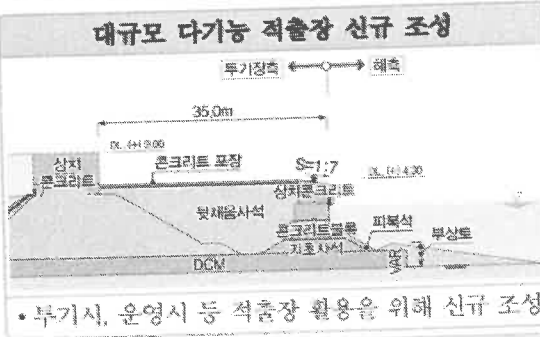


- 장래 매립시 유출방지공 비용 절감

【남광토건 컨소시엄】

- (장래 상부시설과 호환성) 다기능 적출장(100m×35m), 스마트 여수토 2개소 추가, 5단계 유출방지공
- (인접시설과 호환성) 구조물표시등, 대규모 다기능 적출장, 스마트 여수토, 방제여수로(9개소), 친수광장(2개소), 전망대(6개소), 전구간 상부 2차로, 회차장

상 부 시설계획



설계적용 • 다기능 적출장과 스마트 여수토 추가 설치 및 다단계 유출방지계획으로 장래 수도안성정 확보

⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 장래 시공될 상부시설 및 인접시설과의 호환성을 위해 친수시설, 준설토 유출방지공 등을 적절히 수립하였으나, 장래 해상작업장 폭을 35m로 계획하고 스마트 여수토 2개소를 추가한 남광건설 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

□ 평가항목 : 공기단축방안 및 공정계획 수립의 적정성

o 단위공기 산출의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- (작업일수 적용) 관계기관 공사불능일 최신기준, 창원기상대 30년 기상자료 분석
 - 해상(DCM) : 20.4일/월, 해상(사석공) : 18.5일/월, 육상 : 20.3일/월
- (주요 공종별 공기 산정) 기초굴착 : 225m³/hr / 기초지반처리(DCM, 4축 3련) : 30m/hr(20hr/일)
 - 사석공 : 대선(2,000톤급) 900m³일, 덤프(25.58톤) 120m³일
 - 블록공(각종) : 6~13EA/일 - 상부공 : 거푸집 5조, 1단 타설기간 5일

【남광토건 컨소시엄】

- (작업일수 적용) 항만공사 작업일수 산정방식 개선용역의 파고기준 적용(해상 차등적용)
 - 해상(DCM) : 19.4일/월, 해상(대선) : 17.8일/월, 육상 : 19.9일/월
- (주요 공종별 공기 산정) 기초굴착 : $249\text{m}^3/\text{hr}$ / 기초지반처리(DCM, 4축 3련) : $30\text{m}/\text{hr}(20\text{hr}/\text{일})$
 - 제체사석 : $142\text{m}^3/\text{hr}$ / 피복석 : $17\text{m}^3/\text{hr}$ / 필터사석 : $136\text{m}^3/\text{hr}$
 - 상부 : 상치 일괄타설(파이프쿨링 양생), 작업조 2~3조 및 9일/Span

⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 공기단축 방안에 대해 적절하게 제시하였으나, 주요 공종별 세분화된 단위공기를 근거로 산출하여 제시한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

o 공기단축 방안 수립의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 주공정 관리(여유공기 3개월)
 - 가설공 5개월+북측 1구간 지반개량 9개월+ 내부가호안 지반개량 2개월+내 부가호안 제체 8.5개월+북측 2구간 제체 13.5개월+부대공 1개월
- 공기단축 방안
 - 기초처리공 : $\varnothing 1,600$ DCM 3대
 - 사석공 : 육·해상 병행시공, 일부 직립제 적용으로 블록공과 병행
 - 상부공 : 해상BP, 북측호안 무상치 단면조성

【남광토건 컨소시엄】

- 주공정 관리(여유공기 3개월)
 - FT 5개월 + DCM 17개월 + 제체사석 10개월 + 상부공 6개월 + 준공준비 1개월 + 여유공기 3개월 = 42개월
- 공기단축 방안
 - 기초처리공 : $\varnothing 1,600$ DCM 2대
 - 사석공 : 다방향 해상 동시 시공, 6,300톤 사석 대선

- 상부공 : 해상BP선 + 파이프쿨링(일괄타설)

⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 기초조사의 공정 문제점을 분석하고 여유 공기 3개월 확보한 공기단축 방안을 수립하였으나, 환경영향평가 협의내용(금어기 공사중지)을 고려하여 3개월 단축 공기를 제시한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

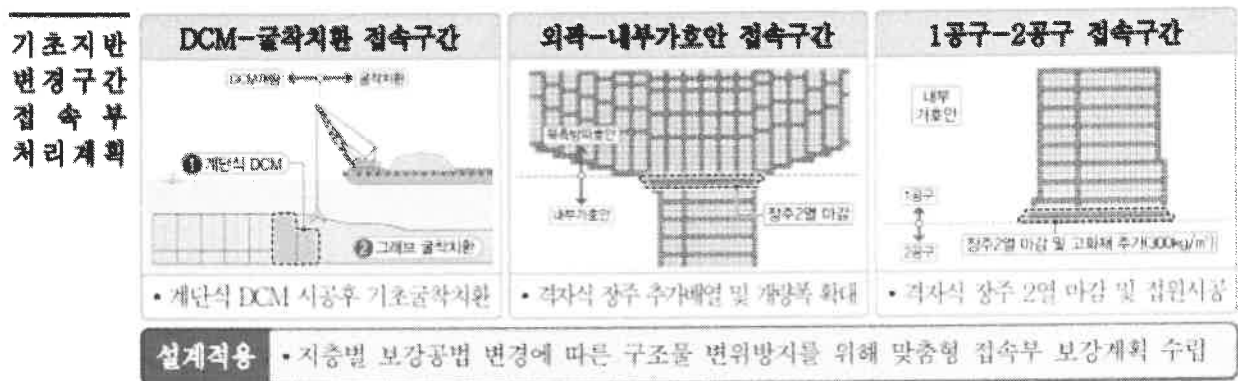
o 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리계획의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- (접속부 현황) 준설토 유출방지 및 기초지반처리계획
 - 수도접속부 : 고무방사판+필터매트 설치
 - 북측 및 서측호안 접속부 : 장주2열 블록식 보강

【남광토건 컨소시엄】

- (접속부 현황) 기초지반처리계획
 - DCM-굴착치환 접속구간 : 계단식 DCM 시공 후 기초굴착 치환
 - 외곽-내부가호안 접속구간 : 격자식 장주 2열 및 개량폭 54.6m



⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 접속부 처리계획을 적절히 제시하였으나, 지층별 보강공법 변경에 따른 구조물 변위방지를 위한 맞춤형 접속부 보강계획을 수립한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨.

o 진해신항 개발시기를 고려한 수토용량 적기 확보 방안

【동부건설 컨소시엄】

- 투기계획 검토 : '26년 5월 3-1구역 수토
- 수토용량 적기 확보 방안
 - Ø1,600mm DCM 4축 3련 전용선 3대, 육·해상 병행시공

【남광토건 컨소시엄】

- 투기계획 검토 : '27년 3구역 1구간 수토
- 수토용량 적기 확보 방안
 - Ø1,600mm DCM 4축 3련 전용선 2대, 6,300톤 사석운반선

⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 내부가호안 조기 완료로 수토용량을 적기에 확보하는 것으로 계획하였으나, 남광토건은 '27년, 동부건설은 '26.5월로 계획하여 시기적으로 빠른 동부건설 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

o 공정계획 수립의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 현장여건
 - 북측 및 서측호안 동시시공, 육·해상 병행 운반계획, 공사용 진입로
 - '26년 투기장 2구역 투기용량 초과를 고려한 수토계획 수립
- 공정관리 체계 수립
 - 공정관리 : 특수장비 협약서, 블록제작장 설치, 재료원 다원화
 - 현장관리 : 스마트 통합안전시스템, 현장 내 블록 제작장 설치
 - 공기지연시 만회대책 : DCM선 2대 상시 유지, 10,000톤급 대선, 상치콘크리트 동절기 보온시공, 해상 BP선 이용

【남광토건 컨소시엄】

- 공정관리 체계 수립
 - 공정관리 : 트리거 공정계획, 상치콘크리트 Span별 일괄타설

- 현장관리 : 상치콘크리트 Span별 일괄타설, 석재공급 Peak Time 분석
- 부진공정 만회대책 : Ø1,600 DCM 추가 1대(2대 → 3대) , 석재공급원 추가 7개소(현 계획 2개소 → 9개소), 작업선단 보조통항로 운영

⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 조기 수토계획 및 3개월의 여유공기 등 적정한 공정계획을 수립하였으나, 현장여건별 단계별 공사 추진계획을 제시하고, 환경영향평가 협의내용(금어기 공사중지)을 준수하여 공정을 계획한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

□ 평가항목 : 시공관리계획의 적정성

○ 품질, 안전, 환경관리계획 수립의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 품질관리계획 수립의 적정성
 - 지반개량공 : 자동배합시스템, 계측장비 설치
 - 사석공 : Fall Pipe + DGPS에 의한 정위치 투하, 부표설치
 - 상치공 : 해상 BP선, 수화열을 고려한 6단계 타설
 - 품질관리 : 자체 시공 VE, 스마트 품질관리, 자체 검측반 운영
- 안전관리계획 수립의 적정성
 - 기초처리공 : 순찰선 이용, 야간점멸등, 풍속계 설치, 앵커고정 확인
 - 사석공 : 와이어 로프 꼬임 방지, 신호체계 통일, 구조장비, 공기통
 - 블록 및 상치공 : 양하중 초과금지, 붐대 급속 회전금지, 신호통일
- 환경관리계획 수립의 적정성 : 공사중 51건, 운영중 6건

【남광토건 컨소시엄】

- 품질관리계획 수립의 적정성 : 스마트 검측앱 활용
 - 기초처리공 : 자동배합시스템, RTK 방식의 GPS, 심도계, W형 선단처리
 - 사석공 : 선단별 DGPS 설치, 정밀투하용 Auto 버켓, 대선 9,000P
 - 피복석 : 3면 맞물림 시공, 상치공 : 강제시스템폼, 파이프쿨링
 - 품질관리 : 다중 복합매트(2중 및 3중 배치), IoT 품질 관제
- 안전관리계획 수립의 적정성 : 3중 안전패트룰 시스템

- 기초처리공 : 스퍼드 그레브준설선(16m³), DCM선 야간점멸등과 AIS장착
- 사석공 : 9,000P급 바지선 사석운반, 작업한계파고 0.8m이내 등
- 상치공 : 안전발판, 안전난간 설치, 충전식 투광등 설치(야간 작업시)
- 환경관리계획 수립의 적정성 : 공사중 103건, 운영 중 12건

⇒ 【 평가의견 】

- 동부건설 컨소시엄은 품질관리 계획에서 자체 검측반 운영, 자체 시공 VE 실시 등이 우수, 안전관리 계획은 현장 통합안전관제 구축한 점이 우수하며, 남광토건 컨소시엄은 품질관리 계획에서 IoT 품질관리가 우수, 안전관리 계획은 3중 안전패트룰 시스템 등이 우수함
- 품질, 안전, 환경 관리계획 수립의 적정성 중 환경관리에서 9단계 부유사 확산 장비대책 및 생태계 보호를 위한 서식처 조성한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨.

o 장비, 인력, 자재 등 자원투입계획의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 장비투입계획의 적정성
 - 15m³ 그레브 준설선, 4축 3련 DCM 전용선, 2,000톤급 대선, 다짐판 탑재 해상기중기선, 해상 BP 전용선, 25.5톤급 덤프트럭 등
- 인력투입계획의 적정성
 - 법적 기준이상 인력 투입, 항만건설공사 기술인력 투입, 20시간 작업 교대관리 (3조, 3교대), 근로기준법 작업시간 준수
- 본사 지원조직 운영계획, 공종별 근로자 투입계획 수립
- 자재 등 자원투입계획의 적정성
 - 지역자재 구매, 자재구매 및 운영시스템, 석재원 보조 재료원 4개소 확보
- 계약관리 계획
 - 항만건설사업정보시스템(CITIS) 연계한 계약관리 체계 구축
- 협력업체 계약관리
 - ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 다자간 원격협업시스템, 조달청 하도급 지킴이 의무화, 상생결재시스템 시행 등

【남광토건 컨소시엄】

- 장비투입계획의 적정성
 - 지역장비 활용, 4축 3륜 DCM 전용선, 그레브 준설선(스퍼드형, 2,400m³/일 이상), 6,300톤급 대선, 롱붐굴삭기, 집게 굴삭기 등
- 인력투입계획의 적정성
 - 항만공사 전문가, 해상장비와 육상장비 분야의 유지관리 전문가 투입
 - 인력지원센터와 연계한 지역인력 채용, 현지인 채용
- 자재 등 자원투입계획의 적정성
 - 석재 1일 최대 10,000m³ 공급, 고화재 공급을 위한 해상작업기지
- 계약관리 계획
 - 나라장터 연계, 사업담당자간의 문서 유통상태관리
- 협력업체 계약관리
 - ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 건설기계대여금 공사현장별 보증, 대금조정 신청권 확대 등

⇒ 【 평가의견 】

- 각 컨소시엄에서 수립한 장비, 인력, 자재투입계획은 모두 적정한 것으로 판단되며, 인력투입계획에서 본사 지원조직 운영 및 공종별 근로자 투입계획을 수립한 동부건설 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

o 공사관련 계약관리의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 계약관리 계획
 - 항만건설사업정보시스템(CITIS) 연계한 계약관리 체계 구축
- 협력업체 계약관리
 - ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 다자간 원격협업시스템, 조달청 하도급 지킴이 의무화, 상생결재시스템 시행 등

【남광토건 컨소시엄】

- 계약관리 계획
 - 나라장터 연계, 사업담당자간의 문서 유통상태관리
- 협력업체 계약관리
 - ERP 시스템, 협력업체 월 기성시행, 하도급공사 부도·파업시 직영공사 전환, 건

설기계대여금 공사현장별 보증, 대금조정 신청권 확대 등

⇒ 【 평가의견 】

- 각 컨소시엄에서 수립한 공사 관련 계약관리는 모두 적절한 것으로 판단되며, 동부건설 컨소시엄이 ERP시스템을 통한 계약관리 및 상생결제시스템 시행이 다소 우수하다고 판단됨

□ 평가항목 : 예상민원 및 대처방안의 적정성

o 현장여건을 고려한 예상민원 도출

【동부건설 컨소시엄】

- 사례분석을 통한 민원 대처방안 수립
- 인근 어촌계 및 공공기관/유사현장 민원 대처방안을 통해 선제적 민원관리 계획 수립

【남광토건 컨소시엄】

- 작업 상황별 예상 민원 현황 분석
- 민원전담팀과 주민협의회 구성 및 발생민원 ONE-STOP 처리 등 사전민원관리 시스템 구축

⇒ 【 평가의견 】

- 동부건설 컨소시엄은 공공기관 및 유사현장 사례 분석을 통한 예상민원을 도출하였으며, 남광토건 컨소시엄이 작업상황별 예상민원을 도출하여 좀 더 현실적이라 판단되어 남광토건 컨소시엄 다소 우수함

o 예상민원 대처방안 및 민원관리

【동부건설 컨소시엄】

- (육상교통) 교통안전시설물, 교통신호수, 차량덮개, 차량속도 준수
- (해상교통) 단계별 어선통항로 확보, 작업선단 VTS 및 무선설비 설치, 안전순시선

- (작업장 구간) IoT 스마트 먼지제어, 비산방지망, 가설방음벽
- (수질오염) 부유사 확산 시뮬레이션, 다중 부유사 확산방지, 방제계획
- (어업권 등) 산란장 이격공사, 인터페이스 협의체, 온실가스 관리
- 창원시청 민원사례 분석, 유사공사 사례분석
- 민원전담반, 민원 즉시처리제, 협의체 구성, 지역주민 설명회 및 채용

【남광토건 컨소시엄】

- (육상교통) IoT 이동식 살수기, 워터드론 등
- (해상교통) 일반어선 통항로 분리, 옹도측 통항로 50m 확보
- (수질오염) 장비부착형 오탉방지막, 부유사 차단막(환경용품) 구비선 대기
- (어업권 등) 9단계 부유사 확산 관리, 어류산란기 공사 최소화, 3중 오탉방지막 (수하+자립식)
- 민원관리시스템, 지역행사(진해군항제) 참여 지원, 지역내 소비활동 촉진 등

⇒ 【 평가의견 】

- 각 컨소시엄 모두 도출된 예상 민원에 대해 수립한 대처방안은 대체로 적정하다고 판단되나, 남광토건 컨소시엄이 공사중 어장보호에 대해 다소 우수하게 대처방안을 수립하였다고 판단됨

o 진해신항 주변지역 지원방안의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 환경 : 다중부유사, 생태복원시설, 해충퇴치기
- 지역경제 : 지역업체 참여, 지역주민 일자리, 지역소비 활동
- 기타 : 방제비품, 해양폐기물 처리, 지역 관광객 집중 시 공사강도 조절, 경관 시설(조형 휴게시설, 조형등대, 휴게시설, 포토프레임, 페이빙아트) 등

【남광토건 컨소시엄】

- 환경 : 부유사 차단시설, 3중 오탉방지막(수하+자립식), 순시선, 해상관제선
- 지역경제 : 지역주민 우선 채용 및 홍보, 지역 협력업체 참여
- 기타 : 편입토지(1,804m²) 및 지적불부합지(79,244m²)에 대해서 보상절차 추진 시 지적측량, 감정평가 및 관계기관 협의 등 각종 업무 지원

⇒ 【 평가의견 】

- 진해신항 주변지역 지원방안에 대해 환경적, 지역경제적 지원계획은 모두 적절하나, 편입토지 및 지적불부합지에 대한 대책을 수립한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

□ 평가항목 : 스마트 건설기술 활용 시공성 및 유지관리의 적정성

o 시공단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등

【동부건설 컨소시엄】

- 공정관리 : CDE활용 스마트건설, 무인장비(육상·수중드론) 관제·검측 등
- 품질관리 : 머신가이던스, 스마트 측중기, DGPS기반 해상장비, AR검측 등
- 안전관리 : VR 교육, IoT 공사용등부표, IoT 선박충돌방지 시스템 등
- 현장관리 : AIS 기반 해상 현장관리, 실시간 계측 센서

【남광토건 컨소시엄】

- 공정관리 : GNSS 기반 DCM 시공관리, 디지털 송장시스템
- 품질관리 : 머신가이던스, IoT 센서를 활용한 원격 수화열 관리
- 안전관리 : 스마트 웨어러블, 접근경보 센서, 실시간 선박감시 등
- 환경관리 : 스마트 여수토 모니터링, 스마트 부유사 모니터링, 스마트 해충퇴치기

⇒ 【 평가의견 】

- 시공단계 스마트 건설기술 활용에서 양 컨소시엄 모두 공정관리, 품질관리, 안전관리 부분에서 스마트 건설기술을 적절히 활용하였으나, 현장관리 측면에서 AIS기반 해상 현장관리 및 실시간 계측을 통한 모니터링 자동화를 계획한 동부건설 컨소시엄이 다소 우수한 것으로 판단됨.

o 유지관리단계 스마트 건설기술 활용 정도 및 기대효과 등

【동부건설 컨소시엄】

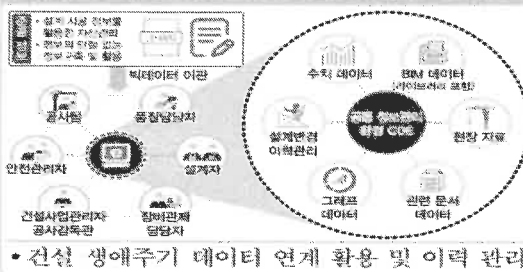
- BIM·CDE 연계, XR 연동한 시설물 관리, 계측 자동화, IoT 기반 선박충돌

5.3.2 유지관리단계 스마트 건설기술 활용 기대효과

각종 실험보고서 제14권 29쪽

스마트 항만 초석 구축

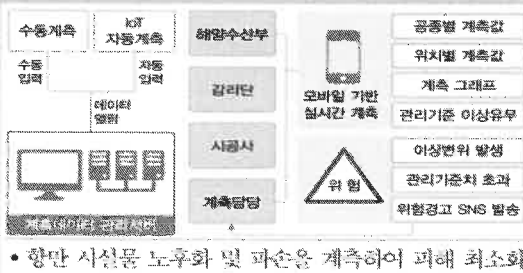
BIM·CDE를 연계한 데이터 효율성 극대화



XR을 연동한 시설물 통합 관리 첨단화



계측 자동화를 활용한 유지관리 고도화



IoT 기반 시설물·어민 안전관리 자동화



설계반영 • 호안 축조공사 전과정 디지털화 및 시설물 유지관리 첨단화로 스마트 항만 초석 구축

【남광토건 컨소시엄】

- 스마트 지능형 CCTV, 드론, 수중드론, 해충 퇴치 시스템, IoT수질센서, 유지관리단계 AR활용 스마트 유지관리, BIM 시설물 데이터 이관

5.2.2 유지관리단계 스마트 건설기술 활용 기대효과

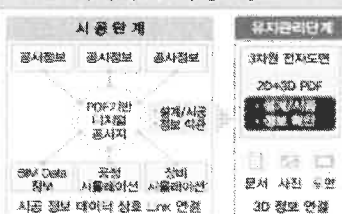
각종 실험보고서 11권 p.21

스마트 건설기술 활용 기대효과

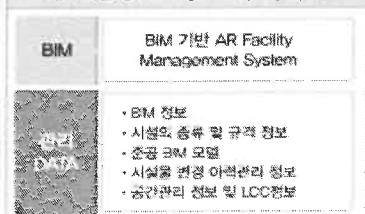
체계적 유지관리



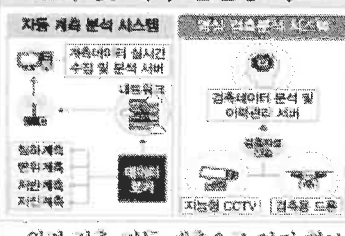
데이터 연속성 확보



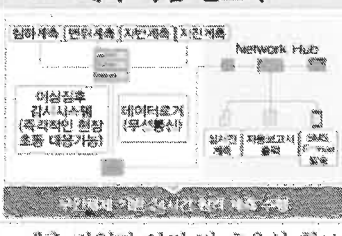
AR 활용 스마트 유지관리



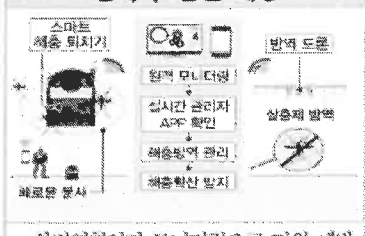
점검 및 계측 안전성 확보



계측 작업 간소화



선제적 민원 대응



기대효과 • 축적된 시설물 데이터 활용 및 준공 후 스마트 건설기술 연계로 유지관리 효율성 향상

⇒ 【 평가의견 】

- 유지관리단계 스마트 건설기술 활용에 있어 양 컨소시엄 모두 적절하게 계획을 수립하였으나, 검측 및 계측 부분에서 분석 시스템을 활용하여 유지관리 효율성을 확보한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수한 것으로 판단됨

o 스마트 건설기술 활용 시공성 및 유지관리의 적정성

【동부건설 컨소시엄】

- 공정관리 : 디지털 모델 기반 사전시공, BIM 기반 토석량·준설토 처리
- 안전관리 : 태양광 부표, 스마트 등부표, 선박충돌 경고 등명기, LED 구명줄
- 환경관리 : 프리캐스트 부재, IoT 센서로 수중오염 측정
- 항만 BIM 라이브러리 구축 및 건설 전단계 빅데이터 연계 활용

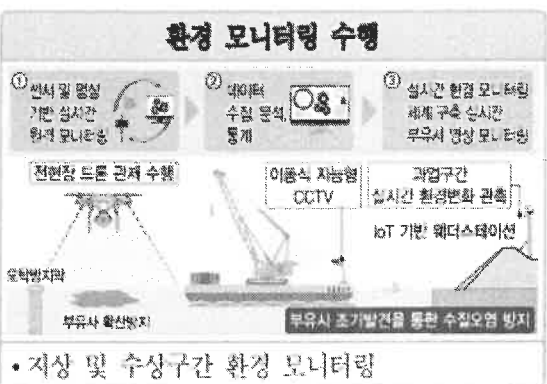
환경오염 최 소 화



【남광토건 컨소시엄】

- 공정관리 : 협업 플랫폼 활용, 시공면 드론관리, 머신가이던스 시공
- 안전관리 : 선박관제 지능형 CCTV, 해로드, 웨더 스테이션
- 환경관리 : 스마트 해충 퇴치기, 방역드론, IoT 기반 웨더스테이션 등
- 준공 BIM 구축 및 스마트 건설기술 유지관리 연계 활용

환경관리 적 정 성



⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 공정관리, 안전관리, 환경관리 등에서 스마트 건설기술 활용으로 시공성 및 유지관리의 적정성을 확보한 것으로 판단되며, 드론 관제를 통한 환경관리 적정성에서 남광토건 컨소시엄이 다소 우수한 것으로 판단됨

□ 평가항목 : 사회적 가치실현

o 건설현장 안전관리 및 재난대응 계획

【동부건설 컨소시엄】

- 선박 AIS 연계한 통합안전관리시스템, 스마트 안전장비, VR기반 현장 안전교육
- 해양안전 : 기상예측시스템, VTS 관제센터와 연계시스템

【남광토건 컨소시엄】

- 스마트 안전관리시스템(VR/AR), 실시간 파랑예보시스템 및 선박충돌
- 방재조직 구성, 사전기상예측 시스템, 등화와 형상물 표시

⇒ 【 평가의견 】

- 건설현장 안전관리 및 재난대응에 대해 양사 모두 적절하게 계획수립 되었으며, 건설현장 안전관리 중 해양안전관리 중점사항에 대해 비교적 구체적으로 계획 수립한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

o 건설근로자 근무여건 개선 계획

【동부건설 컨소시엄】

- 미세먼지 건강보호, 열사병 예방대책, 감염병 의료/지원시스템, 안전트라우마 관리, 전용 쉼터, 안전보건실
- 근로시간 절대 준수, 퇴직공제금 지급, 전자카드제, 외국근로자 사고분석·교육, 스마트 검측, 장기근속자 인센티브(휴가비 등)

【남광토건 컨소시엄】

- 스마트 앱 활용한 근로시간 관리(주52시간 법정근무시간 준수), 실시간 임금 지급현황 모니터링(임금체불 방지), 근로자 퇴직공제금 지급계획
- 비산먼지 건강보호가이드로 건설근로자 건강보호, 무더위 휴식제로 작업강도 조절, 이동식 근로자 휴게실 제공으로 근로의욕 고취

⇒ 【 평가의견 】

- 건설근로자 근무여건 개선 계획은 장기근속자 우대방안 마련, 외국인 근로자 사고분석 및 교육 등에 대해 계획 수립한 동부건설 컨소시엄이 다소 우수한 것으로 판단됨

o 중소기업 상생 협력 및 지역경제 활성화 방안

【동부건설 컨소시엄】

- 상생누리시스템, 전자조달시스템, 동반성장 지원프로그램, 기술개발 지원사업
- 지역업체 참여기회 부여, 지역장비, 지역자재, 이주여성 통역자 활용

【남광토건 컨소시엄】

- 동반성장 지원프로그램, 파트너링 시스템
- 통합 B2B 시스템과 상생 누리시스템 활용, 하도급 지킴이 시스템

⇒ 【 평가의견 】

- 양 컨소시엄 모두 중소기업 상생협력 및 지역경제 활성화 방안에 대해 적절하게 계획 수립되었으며, 통합 B2B 시스템과 상생누리시스템을 활용한 남광토건 컨소시엄이 다소 우수하다고 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 전 재 형 *전재형*

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 토목시공

평가 사유

1. 시공계획수립의 적정성 (동부)

- 공사용 가시설 계획의 적정성
 - 작업기지 2개소, 공사용 진입로(육상시공) 설치, 지능형 CCTV, 점멸식 안전난간
 - 등부표 6기(1단계), 등부표 2기 (2단계)
- 주요공종별 시공계획의 적정성
 - ϕ 1,600DCM 3대, 머신가이던스 스마트굴삭기 투입(사석공)
 - 사석공: 해상BP, 6단 분할타설
 - 체중체절: 점고식, 점축식 전구간 코어보강 및 가두부 보강
- 수중공사계획의 적정성
 - 수중공사 인력투입 최소화(육·해상 병행시공, 50M 이상 리더 DCM 선투입)
 - 4인 1팀, 감압챔버 비치, 잠수사 스마트수중밴드 안전장비장착, 광섬유발광구명줄
- 장래상부 및 인접시설과 호환성
 - 준설토 유출방지 다중필터시스템 및 보호
 - 장래상부시설 휴게광장, 다목적친수광장, 회차장, 포토존 등 설치 압사석 설치
 - 장래공구 접속부 지반개량 추가, 인공어초 이설 및 유용, 방제 여수로 설치

1. 시공계획수립의 적정성 (남광)

- 공사용 가시설 계획의 적정성
 - 이동식 멀티해상작업기지 3개소, 작업바지선이용 작업기지, 오탁방지막 182span, 제작장 및 적출장 4개소
 - 다목적 작업기지 1개소 (장래다기능 적출장)
- 주요공종별 시공계획의 적정성
 - ϕ 1,600DCM 2대, 고효율 4축 멀티오거
 - 사석공: 3단분할투하 (Auto 버켓정밀투하)
 - 롱붐굴삭기투입, 3면 맞물림(피복석, 돌망태)
- 수중공사계획의 적정성
 - 집중관리 공종 선정, 4인 1조 잠수팀 구성

평가 사유

- 수중 안전 규정사항, 잠수 작업방식 표준화 기준 준수
- 장래상부 및 인접시설과 호환성
- 대규모 다기능 적출장 조성 (100m x 35m)
- 스마트 여수토 2개소 추가 (2공구 고려)
- 친수광장(2개소), 전구간 상부2차로, 회차장(5개소)

(의견)

공사용가시설계획은 각사의 장단점이 크게 부각되지 않으나, 제작장 및 적출장4개소의 적정성, 공급동선분리 및 멀티해상작업기지 3개소를 계획한 남광토건이 우수하고 다음으로 동부건설순으로 판단됨. 공종별시공계획은 굴착과 DCM의 상세한 시공계획을 제시한 남광토건이 우수, 수중공사부문은 수중공사 인력투입최소화등 안전측면에서 동부건설이 우수함. 장래상부 및 인접시설호환성 부문은 대규모 다기능적출장을 계획한 남광토건이 우수하다고 판단됨.

2. 공기단축방안 및 공정계획수립의 적정성 (동부)

- 단위공기산출의 적정성
 - 작업일수적용: 해상(DCM) 20.4일/월
 - 구간별 DCM 600m/일 81일 ~ 309일
 - 블럭공: 6~13EA/일
 - 상부공: 거푸집 5조, 276일 산정
- 공기단축방안 수립의 적정성
 - 여유공기 3개월 확보
 - 공기단축위해 DCM 직경 확대, DCM 전용선 3대 투입, 육해상병행시공, BP전용선등 적용
- 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리계획의 적정성
 - 수도, 3-1구역, 3-2구역 체절, 북측과 서측 호안, 2공구와 장래공구 접속부 처리시기 감안 공정수립
 - 수도접속부 다중필터시스템+고무방사판 적용, 북측 및 서측 호안 접속부: 장주2열 블록식 보강
- 진해신항개발시기를 고려한 수토용량 적기확보방안
 - 준설토 투기계획분석으로 2026년 5월 수토 제시
 - $\phi 1600\text{mm}$ DCM 4축 3련 전용선 3대, 육해상 병행 시공(공기지연방지)
- 공정계획수립의 적정성
 - 공기지연 만회대책: DCM 2대상시유지, 10,000톤급 대선, 해상 BP선 이용
 - 북측 및 서측 호안 동시시공 항로유지단계별 시공계획, 3-1구역 적기수토 유도

평가 사유

2. 공기단축방안 및 공정계획수립의 적정성 (남광)

- 단위공기산출의 적정성

- 작업일수적용: 해상(DCM) 19.4일/월
- 단위작업량: DCM 30m/hr 2대
- 기초굴착: 249m³/hr
- 제체사석: 142m³/hr, 피복석 17m³/hr

- 공기단축방안 수립의 적정성

- 여유공기 3개월
- 공기단축위해 ϕ 1600DCM 2대, 사석공 다방향
해상 동시 시공, 6300톤 사석 대선

- 본 시설물과 연계, 장래를 고려한 접속부 처리계획의 적정성

- 외곽 내부가호안 접속구간 격자식장주2열, 개량폭 54.6m
- 준설토유출방지 3중 매트, 패각 함유 연약지반제거, 우각부 피복석 1.0m³ 급 보강

- 진해신항개발시기를 고려한 수토용량 적기확보방안

- 진해신항개발시기분석으로 2027년 수토 제시
- DCM 전용선 2개조, 대형사석운반선 투입

- 공정계획수립의 적정성

- 공기지연 만회대책: DCM 1대 추가 제시, 석재공급원 추가 7개소, 작업선단보조통항
로 운영

- 후속 사업 분석을 위한 트리거 공정계획으로 공사RISK 관리

(의견)

단위공기 산출적정성측면은 해상공사의 공종별 차등적용으로 효율적인 공정관리를 제시한 남광토건이 다소 우수, 공기단축 방안의 수립면에서도 실현가능성이 높은 남광토건이 우수, 접속부 처리는 각사별 계획은 적정하나 준설토유출방지 계획의 상세 공정계획을 수립한 남광토건이 우수, 수토용량의 적기확보방안은 공기단축을 위한 DCM3대투입, 2026년 수토계획을 제시한 동부건설이 우수하다고 판단됨.

3. 시공관리계획의 적정성 (동부)

- 품질, 안전, 환경 관리계획수립의 적정성

- 품질: 자동배합시스템, 계측장비설치, FallPipe등 정위치투하, 부표, 해상BP선, 6단계타설
- 안전: 순찰선이용, 앵커고정, 와이어로프고임방지, 신호체계통일, 공기통, 통합안전관제
- 환경: 공사중 51건, 운영중 6건 저감 방안 (대기질, 해양수질 외)

평가 사유

- 장비, 인력, 자재 등 자원투입계획의 적정성
 - 15m³ 그레브준설선, 4축3륜 DCM 전용선, 2,000톤급 대선, 해상기중기선(다짐판탐재), BP전용선 등
 - 20시간 작업교대관리(3조, 3교대) 석재원 보조재료원 4개소 확보, 고화재 육상운반
- 공사관련 계약관리의 적정성
 - 직영·협력업체공사구분/현장지원 T/F팀 운영, 다자간원격협업시스템, BIM관리자 배치
 - 조달청 하도급지킴이 의무화, 상생결재시스템시행 (파업시 직영공사 전환)

3. 시공관리계획의 적정성 (남광)

- 품질, 안전, 환경 관리계획수립의 적정성
 - 품질: 자동배합시스템, GPS(RTK), 정밀투하용 Auto버킷, 대선 9,000P, 피복석3면 맞물림, 다중복합매트, IoT품질관제
 - 안전: 16m³ 그레브준설선, DCM선 AIS장착, 9,000P급 바지선 사석운반, 작업선반 투입전 안전도검사 등
 - 환경: 공사중103건, 운영중 12건 저감방안(환경조직, 수질오염 외)
- 장비, 인력, 자재 등 자원투입계획의 적정성
 - 그레브준설선(스퍼드형2,400m³/일) 6,300톤급 대선, 롱붐굴삭기, 지역장비활용
 - 1일최대 10,000m³ 석재 공급계획 (협의후), 고화재 공급위한 해상작업기지 수립
- 공사관련 계약관리의 적정성
 - 하도급부도/파업시 직영 전환
 - 항만건설사업 정보시스템 이용한 계약관리계획 수립, 자체전자계약 절차 이행 (의견)

DCM의 구경시공 중첩두께, 교반속도관리, 스퍼드준설선, AIS장착 DCM전용선 투입 등 품질·안전측면에서 남광토건이 우수, 장비·자재·인력등 다양한 세부투입계획을 제시한 남광토건이 다소 우수, 계약관리의 적정성은 하도급대책수립을 설계한 동부건설이 우수하다고 판단됨.

4. 예상민원 및 대처방안의 적정성(동부)

- 현장 여건을 고려한 예상민원 도출
 - 민원전담반, 진해어촌계 건의사항·보상계획과 민관협의체 구성, 순회간담회, 어촌계 지원계획, 지역주민 채용우대제도 마련

평가 사유

- 육상교통, 해상교통, 작업장, 수질오염, 어업권 등 예상 민원 항목 수록
- 예상민원 대처방안 및 민원관리
- 육상교통: 교통안전시설물, 차량덮개, 차량속도
- 해상교통: 단계별 어선통항로 확보, 작업선평 AIS 탑재, 안전순시선
- 어업권 피해대비: 어류산란기고려 공사계획, 민관협의체, 공사용 등부표 설치
- 진해신항 주변지역 지원방안의 적정성
- 5단계 다중 부유사 확산방지, 생태복원시설, 해충퇴치기 설치, 지역업체 우선참여 기회 부여, 지역주민 일자리창출, 지역관광지 활성화 지원
- 포토프레임, 석재벤치, 조형등대, 경관시설 및 친수시설 설치

4. 예상민원 및 대처방안의 적정성(남광)

- 현장 여건을 고려한 예상민원 도출
- 어선·작업선평간 간섭, 공사용 진출입로 사용간섭, 소음·진동민원, 제작장의 공동 사용 간섭 고려
- 사전민원 도출을 위한 민원전담팀 운영, 주민협의체 구성
- 예상민원 대처방안 및 민원관리
- 육상교통: IoT이동식살수기, 워터드론 등
- 해상교통: 옹도측 통항로 50m 확보
- 어업권 등: 9단계 부유사 확산관리, 3중 오탁방지막
- 진해신항 주변지역 지원방안의 적정성
- 지역주민 우선 채용, 지역협력업체 참여, 민원처리전담반 운영
- 편입토지 및 지적불부합지 처리 위한 보상비 산정, 지적소관청 협의 통한 해결 방안 제시

(의견)

예상민원도출 측면에서 사전민원관리시스템 구축을 제시한 남광토건이 다소 우수, 예상민원 대처방안에서도 어업권에 대해 처리계획을 제시하고, 부유사 저감대책을 비교적 상세제시한 남광토건이 다소 우수, 주변지역의 지원방안 적정성은 다양한 지원방안을 제시한 동부건설이 우수함.

5. 스마트건설기술 활용 시공성 및 유지관리의 적정성 (동부)

- 시공단계 스마트 건설기술 활용정도 및 기대효과 등

평가 사유

- 스마트건설조직(CDE 활용), DGPS기반 해상장비 미세먼지·소음관리 등 10건, 해상구간 무인수중드론검측 등 총11건, 전체구간 지능형 CCTV 영상관제 등 총 10건)
 - 디지털 공정관리, 무인장비 관제·검측, AIS기반 해상현장관리, GPS·IoT통합안전 관리
 - 유지관리단계 스마트 건설기술 활용정도 및 기대효과 등
 - 영상관제·건설전과정 BIM등 현장데이터 축적 후 해수부 유지관리 플랫폼 빅데이터 이관
 - BIM·CDE 연계 데이터, XR활용, IoT기반 선박충돌경보 등 명기, 인명구조용 로켓 발사기 등
 - 스마트건설기술 활용 시공성 및 유지관리 적정성
 - 시공성: 사전시공을 통한 장비운영검토, BIM기반 토석량 활용·준설토 처리 시뮬레이션
 - 유지관리: 항만BIM라이브러리 구축, 건설전단계 빅데이터 연계활용, 준공데이터 이관 및 활용
5. 스마트건설기술 활용 시공성 및 유지관리의 적정성 (남광)
- 시공단계 스마트 건설기술 활용정도 및 기대효과 등
 - 통합관제시스템(NKS) 활용, 총 40건 도입,DCM 시공품질, 사석 및 피복석 시공 관리, 드론활용 실시간 모니터링, 선박통항 관제플랫폼 구축
 - 여수토 방류시기 최적화 유도 (스마트 여수토)드론활용 부유사 모니터링, 스마트 해충퇴치기
 - 유지관리단계 스마트 건설기술 활용정도 및 기대효과 등
 - 설계·시공·유지단계 데이터관리 연계방안 제시 (CCTV, 드론, 수중드론, 계측시스템 등)
 - 준공BIM 이관, AR활용, 검측 및 계측안전성확보 및 선제적 민원 대응
 - 스마트건설기술 활용 시공성 및 유지관리 적정성
 - 공유플랫폼 구축, 데이터기반 자동화시공
 - 공정관리: 협업플랫폼 활용, 머신가이던스 시공
 - 안전관리: 선박관제지능형 CCTV, 해로드, 웨더스테이션 활용
 - 유지관리: 준공BIM 구축, 유지관리 연계

평가 사유

(의견)

스마트시공관리도입 적정성은 각사 적정하나 스마트안전장비를 부각한 남광토건이 다소우수, 기대효과 측면에선 첨단 유지관리 마스터플랜을 제시한 동부건설이 우수, 유지관리 측면에서는 품질향상과 안전·환경관리에 다양한 의견을 제시한 남광토건이 우수하다고 판단됨.

6. 사회적 가치 실현 (동부)

- 건설현장 안전관리 및 재난대응계획

- 선박AIS연계한 통합안전관리시스템, VR기반 현장안전교육
- 사전기상 예측시스템구축, VTS관제센터와 연계시스템 구축, 컨트롤타워조직구성, 유류유출발생 시나리오 사전구축, 피항계획 2개소

- 건설근로자 근무여건 개선계획

- 미세먼지 건강보호, 감염병 의료·지원시스템, 안전트라우마 관리, 전용쉼터, 안전보건실
- 장기근속 유도, 장기근속자 우대, 인센티브(휴가비 등), 전자카드제, 외국근로자 사고분석·교육, 스마트검측

- 중소기업 상생협력방안

- 상생누리시스템 활용, 자체 전자조달시스템운영, 동반성장 지원프로그램 활용
- 중소기업 제품개발지원, 신제품 신기술 적용, 지역업체 참여기회 부여, 지역장비 투입, 지역자재활용, 이주여성 통역자활용 등

6. 사회적 가치 실현 (남광)

- 건설현장 안전관리 및 재난대응계획

- 스마트안전관리시스템(AR/VR), 실시간 파랑예보 및 실시간 선박충돌방지시스템
- 방재조직 구성, 사전기상예측시스템, 사고시나리오 구축/훈련, 피항계획(피항지3)

- 건설근로자 근무여건 개선계획

- 스마트앱 활용 주52시간 준수, 실시간 임금 지급현황모니터링
- 건설근로자 고용평가제 시행으로 일자리 창출, 근로환경 개선, 무더위 휴식제, 근로자 휴게실 설치

- 중소기업 상생협력방안

- 동반성장 지원프로그램, 파트너링 시스템 구축
- 통합B2B시스템과 상생누리시스템 활용계획 수립, 하도급지킴이 시스템 운영

평가 사유

(의견)

안전관리, 재난대응 계획은 해상특성상 비상발생시 작업선단 피항계획을 비교적 상세 계획한 남광토건이 다소 우수, 근로자 근무여건계획은 다방면으로 개선계획을 제시한 동부건설이 우수, 상생협력방안으로는 파트너링 시스템구축등 이해관계자와 민원 협의체를 구성·계획한 남광토건이 다소 우수하다고 판단됨.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 :

김병철 (인)

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 해양

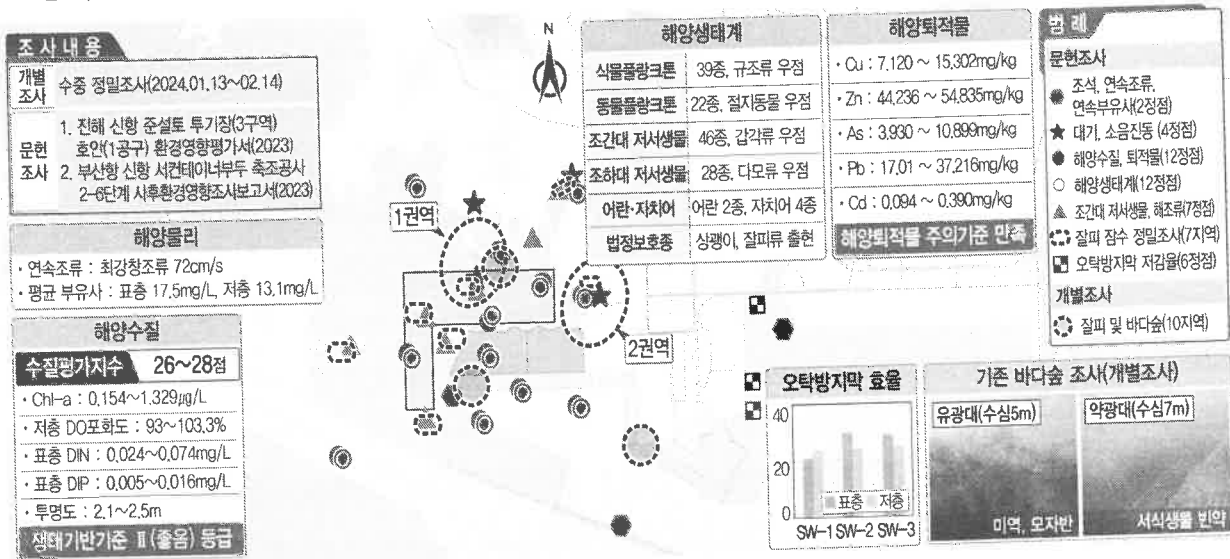
평가 사유

o 평가항목 : 해양환경 보전을 위한 조사 및 설계기준의 적정성

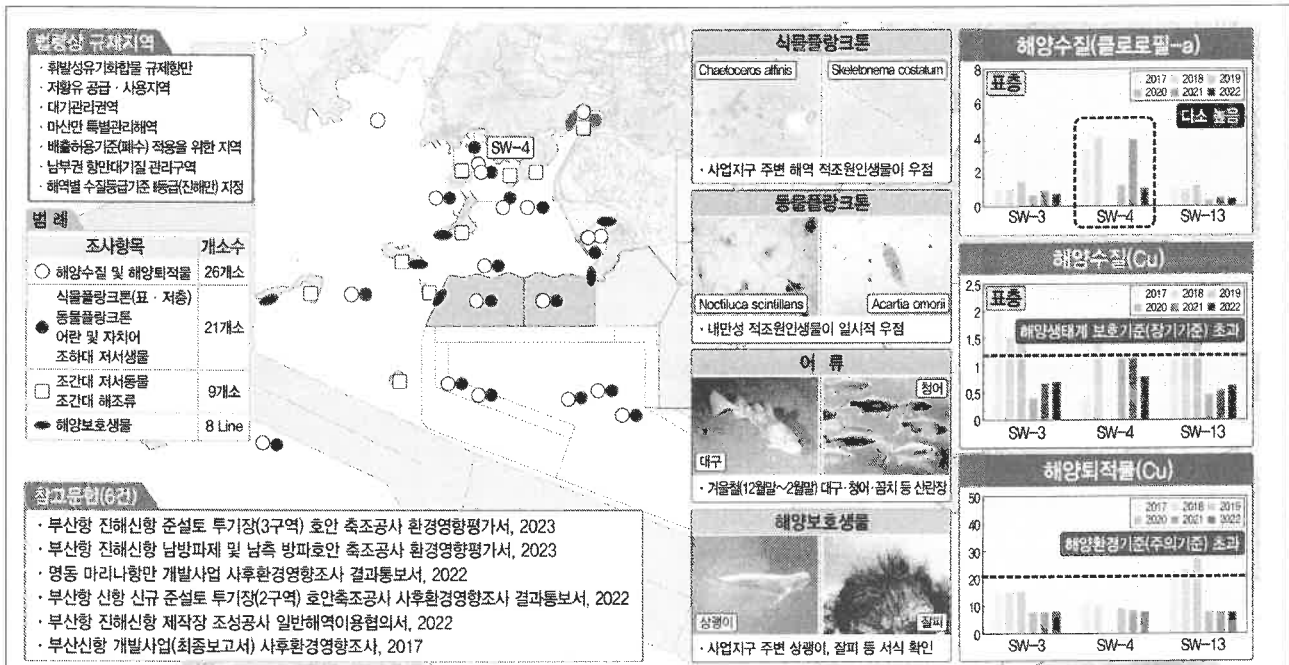
- (검토방향) 해양환경을 보전하기 위해서는 공사로 인한 변화를 최소화하거나 복원할 수 있는 범위에서 공사가 진행될 수 있도록 하는 방향으로 계획되어야 하므로 조사 및 설계기준은 현 상태에 대한 정확한 분석을 기준으로 적용하여야 적정성을 확보할 수 있음. 또한, 해양환경 보전을 위한 설계기준은 예상이 가능한 수준의 보수적 접근 및 검토가 이루어져야 공사 시행 중이거나 완공 이후 발생될 수 있는 민원 발생을 최소화할 수 있을 것으로 판단됨.
- (해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성)
 - ① 동부건설 컨소시엄은 수리현상과 관련하여 공동조사를 통해 서측구간 대조기 낙조시 표층에서 1단계 완공 후 협수로 구간 유속 28cm/s 증가를 확인하였고, 잡피조사 6지역, 바다숲 조사 3정점, 대수심조사 1정점에 대한 개별조사, 연속 조류 2개 정점, 연속부유사 2개 정점의 문헌 조사를 실시함. 해저지형은 북측 방파호안 DL(-)3.5~20.3m, 서측 DL(-)18.2~20.3m 수심을 보이고, 해저가스관, 옹도 인근 인공어초 137개, 수도 인근 64개 존치 등 지장물을 확인함. 해양 환경 보존과 연계된 해양생태계 조사가 상대적으로 우수함.
 - ② 남광토건 컨소시엄은 수리현상과 관련하여 공동조사를 통해 서측(SW, 100년 빈도, $H_{1/3}=1.9m$), 북측(WNW, 100년빈도, $H_{1/3}=1.4m$) 설계파를 확인하였고, 투기장 1구역 4공 조사 및 기존 결과와 비교하여 지층변화 분석을 개별조사, 해수유동·연속부유사 2개정점, 해양퇴적물 21개 정점의 문헌 조사를 실시함. 해저지형은 DL(-)4.5~22.9m 수심을 보이고, 가스관로, 인공어초, 해상짚라인, 해저송전선 등 지장물을 확인함. 지층변화 분석 및 해저퇴적물에 대한 문헌 조사 등 상대적으로 해양구조물 공사의 특성을 고려한 부분이 우수함.

- (해양생태환경조사 및 해양환경보전 · 복원)

① 동부건설 컨소시엄의 해양수질 등급은 환경정책기본법의 “해양환경기준”과 해양수산부고시 제2018-10호에 산정방법에 따라 3구역 준설토투기장환경영향평가(2022년) 및 서컨테이너부두 사후환경영향조사(2023년)자료를 분석한 결과, 해양수질평가 지수가 26~28점으로 II등급(좋음)으로 확인됨. 또한, 구리(Cu)항목은 해양생태계 보호기준 중 “단기기준”을 모두 만족하는 것으로 확인되었음. 이를 토대로 보전을 위해 다단계 부유사 확산방지, 공사 단계별 오탐방지막, 수심조절형 Fall Pipe, 폐기물 해양투기 방지, 재료원 유출방지시설, 부상토 유출방지공을 설치하고 어초블록 이설 · 설치, 유광대 바다숲, 수달 쉼터 조성(2개소) 등 복원 계획을 수립함. 대상해역에서 시행된 최근 조사자료를 기반으로 분석한 결과를 보전 및 복원 계획에 적용하여 적절하게 시행함.



② 남광토건 컨소시엄의 해양수질 등급은 2022~2023년까지의 조사결과 전항목 해양환경기준을 만족하는 것으로 분석되었으나, 연도별 변화양상을 추가 조사하여 해양수질은 경우 구리(Cu)항목이 해양환경기준을 초과하는 경우(2017~2021년, 2020년 제외)를 확인함. 이에 공사시(9단계 부유사 관리, 5단계 유출방지공), 운영시(13단계 부유사 관리, 스마트 여수토), 해상선박관제시스템, 적조·유해해양생물 모니터링 등의 보전 계획을 수립하고, ECO-Garden, 고립어류 방생, 수중음향 발생기, 해양보호생물 정밀조사 등의 복원 계획을 수립함. 대상해역에서 시행된 최근 조사자료와 함께 과거 자료를 분석하여 보다 적극적인 해양생태 환경 보전 및 복원 계획을 수립함.



- (해저지형 및 퇴적물의 변동성 조사)

① 동부건설 컨소시엄은 해저퇴적물의 변동과 관련하여 현재 연간 5cm 이상 침식이 나타나는 서측은 축조 공사 후 서남측 2~10cm 이상 침식이 발생되고 1단계 완공 후 북측 침식량이 증가될 것으로 예상하고 있음. 이러한 변동성을 최소화하기 위해 협수로구간 소파·소류 블록 설치, 해안선 등 지형변동 실시간 모니터링 등을 제안함. EFDC 모델의 결과를 기반으로 투기장 북측해역의 사업 전·후의 연간 퇴적율은 감소되어 침식이 다소 증가되는 경향으로 분석하였으나, 기존 퇴적율 3cm/yr이 (±) 2cm/yr로 변경되는 것으로 분석됨에 따라 해안선 등 지형변동 모니터링 등 변동성 최소화 방안의 실효성은 다소 낮을 것으로 사료됨.

② 남광토건 컨소시엄은 준설토 투기장 북측 배후는 현재상태와 유사하게 퇴적경향이 나타나지만, 퇴적율은 1~3cm/yr로 감소할 것으로 예측하고 있음. 이러한 변동성을 최소화하기 위해 GNSS 기반 DCM 시공, SONAR 수중 스캐닝, DIKE, 수중드론 운영 등을 제안함. 해저지형 및 퇴적물의 변동성이 낮을 것으로 예상됨에 따라 해저지형의 변화를 감시하는 수준의 변동성 최소화 방안은 적절한 대응으로 판단됨.

o 평가항목 : 해양 보전을 고려한 시설계획의 적정성

- (검토방향) 해양 보전을 고려한 시설계획은 해양환경 보전을 위한 조사 및 설계기준의 적정성을 토대로 계획이 수립되는 특성을 고려하여 해양수질 및 퇴적물 등급, 보전 및 복원 계획 등에 대한 검토 결과 등을 적용한 종합적 판단이 필요함.

- (해양환경 보전을 위한 구조물 계획 수립)

① 동부건설 컨소시엄은 해양수질평가 지수 및 퇴적물 등급이 현재 좋음 수준을 만족하는 것으로 분석되어 현재 상태를 유지하는 방향에서 무상치 호안, 다중필터 시스템(전구간), 옹도~서측구간 원지형 보존, 파랑집중부 침식방지공, 세굴방지공 보강(전구간), 체절구간 바닥보호공 구조물을 제안함. 해양특성 분석결과에 따라 구조물 계획이 수립되는 연관성을 고려함.

② 남광토건 컨소시엄은 연도별 변화양상을 분석한 결과, 구리(Cu)항목이 해양환경기준을 초과하는 경우(2017~2021년, 2020년 제외)를 확인하고 자립식+수하식 오탁방지막, 여수토 6중 오탁방지막, 스마트 여수토, ECO-Garden, 수중음향발생기, 머신가이던스 등 구조물을 제안함. 해양특성 분석결과에서 제시하고 있는 기준 초과를 고려함.

- (해양환경영향 저감을 위한 계획 수립)

① 동부건설 컨소시엄은 부유사 저감을 위한 2중 오탁방지막, 여수토 4중 오탁방지막, 다중필터 시스템과 해양생태계 보존을 위한 산란기 공사조절, 부상토 유출차단, 보호중(잘피, 상괭이) 보호 및 유류유출 방제시스템, 2,190m 무상치 호안, 해상 BP선을 이용한 해양폐기물 처리, Ø1,600 DCM, 멀티 GNSS RTK, 유해곤충 방제 등을 계획함. 해양생태계 보전을 위한 계획에 우수함.

② 남광토건 컨소시엄은 부유사 저감을 위한 정밀시공, Auto 버켓, 다중오탁방지막, 모니터링, 3중 매트와 해양생태계 보존을 위한 ECO-Garden, 해양보호생물 정밀조사, 주변정화활동 모니터링 및 유류유출 신속대응, 선박폐기물 위탁처리, BP선 폐수처리 등을 통한 해양폐기물 처리, 공사선박 감시시스템, 오탁방지막 야간점멸등, 스마트 등부표 등을 계획함.


- (주변 항만 및 어항이용 등의 영향을 고려한 계획 수립)

① 동부건설 컨소시엄은 이동로 확보, 조망등대(2개소), 구조물 표시등, IoT 공사용 등부표, AIS 어선충돌방지시스템, 스마트 음향경보장치를 이용한 어항 피해 방지와 어업자원 활성화를 위해 인공어초 67기 이설, 유광대 바다숲, 적조 방제체계를 계획함. 해양생태계 보전을 위한 계획에 우수함.

② 남광토건 컨소시엄은 자립+수하식 오탁방지막, 어장환경 모니터링, 어류 산란기 공사강도조절, 실시간 선박충돌방지, 선박통항로 확보를 통한 어업권 보호와 유형별 해상사고 대응, 안전지도선, 안전교육 등을 통한 해상사고 및 민원처리를 계획함. 항만 및 어항을 이용하는 선박에 대한 안전계획이 우수함.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 임 관 창 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 해양

평가 사유

○ 평가항목 : 해양환경 보전을 위한 조사 및 설계기준의 적정성

< 동부건설 컨소시엄 >

[해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성]

- 수리현상 사전조사를 위해 공동조사 및 개별조사, 문헌조사를 실시하였음
 - 서측구간 설계파(S, $H_{1/3}=2.1\text{m}$), 북측구간 설계파(WNW, $H_{1/3}=1.4\text{m}$)
 - 서측구간 대조기 낙조시 표층에서 1단계 완공 후 협수로 구간 유속 28cm/s 증가
 - 개별조사 : 잘피조사 6지역, 바다숲 조사 3정점, 대수심조사 1정점
 - 문헌조사 : 연속조류 2개 정점, 연속부유사 2개 정점
- 해저지형 사전조사를 통해 수심, 연약점토층, 수중 위험물 및 지장물 등을 검토하였음
 - 수심 : 북측방파호안 DL(-)3.5~20.3m, 서측 DL(-)18.2~20.3m
 - 지장물 : 해저가스관, 옹도 인근 인공어초 137개, 수도 인근 64개 존치

[해양생태환경조사 및 해양환경보전·복원]

- 해양수질, 해양생태계, 해양퇴적물 등 해양생태환경조사를 실시하였음
 - 해양수질 II등급, 퇴적물 기준 만족, 수심 5m이내 해조류 서식, 상괭이, 거머리말 출현
- 해양환경보전 및 복원을 위한 방안을 검토하였음
 - 해양환경보전 : 다단계 부유사 확산방지(해양생태계 및 주변어업권 보호), 공사 단계별 오타막 방지막 설치(공정별 최적 부유사 확산방지 수립), 수심조절형 Fall Pipe(사석투하시 부유사 발생량 저감), 해상폐기물 관리(해양투기 방지 및 자원 재활용), 육상기원 오염원 유입장지(작업 선박 재료원 유출방지시설), 부상토 유출방지공(해양환경 및 저서생물 서식처 보호)
 - 해양생태계복원 : 어폐류 서식지(어초블록 이설·설치, 생물다양성 증대), 유광대 바다숲(생태복원 및 내만 수질개선 기여), 수달 쉼터 조성(2개소, 주변서식 수달의 생태이동로 고려)

[해저지형 및 퇴적물의 변동성 조사]

- 현재 투기장 서측 연간 5cm 이상 침식, 준설토 투기장 공사 후 투기장 서남측 2~10cm 이상 침식, 현재~1단계 완공 후 투기장 북측 침식량 증가 추세 등 변동성 조사를 수행하였음
- 옹도~서측 수로 유속변화 대비 협수로 구간 소파블록 설치(유속 저감), 국부세굴 등 지형 변동 발생, 해안선 등 지형변동 실시간 모니터링 실시 등 변동성 최소화 방안을 제시하였음

평가 사유

< 남광토전 권소사업 >

[해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성]

- 수리현상 사전조사를 위해 공동조사 및 개별조사, 문헌조사를 실시하였음
 - 서측(SW, $H_{1/3}=1.9\text{m}$), 북측(WNW, $H_{1/3}=1.4\text{m}$)
 - 개별조사 : 투기장1구역 4공조사, 기존 결과와 비교하여 지층변화 분석
 - 문헌조사 : 해수유동·연속부유사 2개정점, 해양퇴적물 21개 정점
- 해저지형 사전조사를 통해 수심, 연약점토층, 수중 위험물 및 지장물 등을 검토하였음
 - 수심 (-)4.5~22.9m, 연약점토층 0.0~29.5m
 - 수중 위험물 및 지장물 : 가스관로, 인공어초, 해상짚라인, 해저송전선

[해양생태환경조사 및 해양환경보전·복원]

- 식물 플랑크톤, 동물 플랑크톤, 어류, 해양보호생물, 해양수질, 해양퇴적물 등 해양생태환경 조사를 실시하였음
 - 해양수질(클로로필-a, Cu), 해양퇴적물(Cu) 관리기준 초과
- 해양환경보전 및 복원을 위한 방안을 검토하였음
 - 해양환경보전 : 공사시 9단계 부유사 관리방안(오탉방지막 설치 및 어업피해 최소화), 5단계 준설토 유출방지공, 운영시 13단계 부유사 관리방안(오탉방지막, 스마트 여수토 등을 통한 해양영향 최소화), 해상선박관제시스템(유류유출 방지), 적조·유해해양생물 모니터링 등
 - 해양생태계복원 : ECO-Garden(해양생태계 산란서식처 조성), 고립어류 방생, 수중음향발생기, 해양보호생물 정밀조사 등

[해저지형 및 퇴적물의 변동성 조사]

- 현 상태 투기장 남서측 최강유속 72cm/s 대비 축조 후 투기장 남서측 홍수시 최강유속 96cm/s 발생, 현 상태 투기장 배후 퇴적율 3~5cm/yr 대비 축조 후 투기장 배후 퇴적율 1~3cm/yr로 감소 등 변동성 조사를 수행하였음
- GNSS 기반 DCM 시공(지형변화 최소화), SONAR 수중 스캐닝(부상토 발생 범위 확인 및 제거), DIKE(부상토 확산 최소화), 수중드론(모니터링) 등 변동성 최소화 방안을 제시하였음

< 종합평가 의견 >

[해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성]

- 해역특성을 고려한 수리현상 및 해저지형 사전조사 계획의 적정성과 관련하여 각 컨소시엄은 공동조사, 개별조사, 문헌조사 등 수리현상 사전조사와 수심 및 지장물 등 해저지형 사전조사를 실시하고 주변해역 특성을 적절히 분석하였음. 동부건설 컨소시엄은 잘피조사 6지역, 바다숲 조사 3정점, 대수심조사 1정점 등 개별조사, 연속조류 2개 정점, 연속부유사 2개 정점 등 문헌조사, 해저가스관, 인공어초 137개 등 지장물 조사를 실시하였음. 남광토건 컨소시엄은 투기장1구역 4공조사 등 개별조사, 해수유동·연속부유사 2개정점, 해양퇴적물 21개 정점 등 문헌조사, 가스관로, 인공어초, 해상짚라인, 해저송전선 등 지장물 조사를 실시하였음. 해역특성 분석을 위해 수행한 개별, 지장물 등 사전조사는 동부건설 컨소시엄이 남광토건 컨소시엄 보다 좀 더 타당하게 이루어진 것으로 판단되어 비교우위로 평가함.

[해양생태환경조사 및 해양환경보전·복원]

- 해양생태환경조사 및 해양환경보전·복원과 관련하여 각 컨소시엄은 적절히 해양생태환경을 조사분석하고, 그 결과를 고려한 해양환경보전·복원 방안을 제시하였음. 동부건설 컨소시엄은 해양수질 II등급, 퇴적물 주의기준 만족, 수심 5m 이내 해조류 서식, 주변해역 상괘이, 거머리말 출현 등 해양생태환경을 조사·분석하고, 부유사 발생량 저감 및 확산방지 대책 수립, 대규모 바다숲과 어·패류 서식처 조성 등 해양환경보전·복원 방안을 제시함. 남광토건 컨소시엄은 해양수질(클로로필-a, Cu)은 해양생태계 보호기준을 초과하고, 해양퇴적물(Cu)은 해양환경기준을 초과하는 것으로 해양생태환경을 조사분석하고, 부유사 관리, 준설토 유출 방지, 해양생물 모니터링 등 해양환경보전·복원 방안을 제시함. 특히, 동부건설 컨소시엄은 최근 2년간 조사자료를 통해 해양수질 및 해양퇴적물이 관리기준을 만족하는 것으로 분석한 반면, 남광토건 컨소시엄은 최근 조사자료는 해양수질 및 해양퇴적물 관리기준을 만족하고 있으나 과거 조사자료까지 포함할 경우에는 관리기준을 초과하는 것으로 분석하였음. 각 컨소시엄이 제시한 해양환경보전 및 복원 대책은 비슷한 수준이나, 동부건설 컨소시엄 대비 좀 더 보수적으로 해양생태환경을 분석하고 이를 반영하기 위해 노력한 남광토건 컨소시엄을 다소 우수하게 평가함

[해저지형 및 퇴적물의 변동성 조사]

- 해저지형 및 퇴적물 변동성 조사와 관련하여 각 컨소시엄은 공사 전·후에 대한 변동성을 예측·분석하고 그 변동성을 최소화하기 위한 방안을 제안하였음. 동부건설 컨소시엄은 공사 전·후 투기장 서측구간 대조기 낙조시 표층에서 협수로 구간 유속 증가 등 투기장 서남측 침식과 투기장 북측 침식이 증가될 것으로 분석하고, 이러한 변동성을 최소화하기 위한 방안으로 협수로 구간 소파소류블록 설치와 국부세굴 등 지형변동 실시간 모니터링 방안을 제안함. 남광토건 컨소시엄은 공사 전·후 투기장 남서측 최강유속이 증가하고 투기장 배후 퇴적물은 감소하는 것으로 분석하고, 이러한 변동성을 최소화하기 위한 방안으로 GNSS 기반 DCM 시공, SONAR 수중 스캐닝, DIKE, 수중드론 등을 제안함. 동 평가항목의 독창성·차별성 측면에서 일반적인 지형변동 모니터링 방안 이외에 변동성 조사 결과를 반영하여 협수로 구간 유속저감용 소파블록 설치 등 좀 더 구체적인 최소화 방안을 제시한 동부건설 컨소시엄이 다소 우수하다고 평가함

○ 평가항목 : 해양 보전을 고려한 시설계획의 적정성

< 동부건설 컨소시엄 >

[해양환경 보전을 위한 구조물계획 수립]

- 해양환경 보전을 위한 구조물 계획을 수립하였음
 - 해양환경보전 : 무상치 호안(폐기물 미발생, 온실가스 저감), 전구간 다중필터 시스템(준설토 유출방지, 해양환경 보호), 웅도~서측구간 원지형 보존
 - 해저지형보전 : 파랑집중부 침식방지(주변해역 침·퇴적 변동 최소화), 전구간 세굴방지공 보강(착저층 침식방지로 해저지형 보전), 체절구간 바닥보호공(해저 침식방지 및 생물서식처 제공)

[해양환경영향 저감을 위한 계획 수립]

- 해양환경영향 저감 계획을 수립하였음
 - 부유사 저감 : 2중 오탁방지막, 여수토 4중 오탁방지막, 다중필터 시스템
 - 해양생태계 보호 : 청어 산란기(12~2월) 고려 공사조절, 저서생태계 보호(부상토 유출차단, 보호종(잘피, 상괘이) 보호)
 - 해양폐기물 저감 : 유류유출 방제시스템 구축, 2,190m 무상치 호안, 해상 BP선
 - 기타 : Ø1,600 DCM, 멀티 GNSS RTK, 유해곤충 방제

[주변 항만 및 어항 이용 등의 영향을 고려한 계획 수립]

- 가항수역 폭 최대 확보(이동로 확보), 조망등대(2개소), 구조물 표시등, IoT 공사용 등부표, AIS 어선충돌방지시스템, 스마트 음향경보장치 등 주변 항만 및 어항 피해 방지대책을 수립하였음
- 어·패류 서식장 조성(인공어초 67기 이설), 유광대 바다숲 조성, 적조 방제체계 구축 등 어업자원 활성화 계획을 수립하였음

< 남광토건 컨소시엄 >

[해양환경 보전을 위한 구조물계획 수립]

- 해양환경 보전을 위한 구조물 계획을 수립하였음
 - 해양친화적설계 : 자립식·수하식 오탉방지막(표층·저층 부유사 확산 차단), 여수토 6중 오탉방지막, 스마트 여수토(부유사 농도 조절), ECO-Garden(해양생태계 산란·서식장 조성), 파랑예보시스템, 수중음향발생기(어류, 상괘이, 수달 등 유입회피)
 - 해양영향최소화 공법 : 머신가이던스 정밀시공(BIM 및 GPS), 준설토 유출방지 공법, Auto버켓(정위치투하로 부유사 최소화), 스카트환경관리기술 도입(환경변화 즉시감지 및 신속조치), 스마트 등부표(선박사고 방지), GNSS기반 DCM시공관리(해양오염 방지)

[해양환경영향 저감을 위한 계획 수립]

- 해양환경영향 저감 계획을 수립하였음
 - 부유사 저감 : 정밀시공, Auto 버켓, 다중오탉방지막, 모니터링, 3중매트
 - 해양생태계 보호 : ECO-Garden, 해양보호생물 정밀조사, 주변정화활동, 모니터링
 - 해양폐기물 저감 : 유류유출 신속대응, 선박폐기물 위탁처리, BP선 폐수처리
 - 기타 : 공사선박 감시시스템, 오탉방지막 야간점멸등, 스마트 등부표 등

[주변 항만 및 어항 이용 등의 영향을 고려한 계획 수립]

- 자립·수하식 오탉방지막, 어장환경 모니터링, 어류산란기 공사강도조절, 실시간 선박충돌 방지, 선박통항로 확보 등 어업권 피해 최소화 방안을 수립하였음
- 유형별 해상사고 대응, 안전지도선, 안전교육 등 해상안전확보 방안을 수립하였음

< 종합평가 의견 >

[해양환경 보전을 위한 구조물계획 수립]

- 해양환경 보전을 위한 구조물 계획 수립과 관련하여 동부건설 컨소시엄은 EFDC 모형을 사용하여 해수순환 및 침·퇴적 변동성을 예측하고, 3차원 유동모델(Flow-3D)을 사용하여 국부유속 및 세굴실험을 수행하였으며, 그 결과를 토대로 해양환경보전 측면에서는 무상치 호안, 전구간 다중필터 시스템, 웅도~서측구간 원지형 보존과 해저지형보전 측면에서는 파랑집중부 침식방지공, 전구간 세굴방지공 보강, 체절구간 바닥보호공을 고려하는 방안을 제안함. 남광토건 컨소시엄은 Delft3D 모형을 사용하여 침·퇴적 변동성을 예측한 결과를 토대로 해양친화적설계 측면에서 자립식·수하식 오탉방지막, 여수토 6중 오탉방지막, 스마트 여수토, ECO-Garden, 수중음향발생기를 제안하고, 해양영향최소화 공법 측면에서 머신가이던스 정밀시공, 준설토 유출방지 공법, Auto버켓, 스카트환경관리기술 도입, 스마트 등부표, GNSS기반 DCM시공관리 방안을 제안함. 각 컨소시엄은 공통으로 준설토·부유사 유출 등을 최소화하기 위한 구조물 설치계획을 제안하고 있으나, 남광토건 컨소시엄에 비해 동부건설 컨소시엄이 침식방지, 세굴방지 등 구체적인 구조물 설치 계획을 수립하여 제시한 점을 비교우위로 평가함

[해양환경영향 저감을 위한 계획 수립]

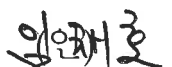
- 해양환경영향 저감을 위한 계획 수립과 관련하여 각 컨소시엄은 부유사, 해양생태계, 해양 폐기물 등의 영향을 최소화하기 위한 저감 계획을 검토하였음. 동부건설 컨소시엄은 2중 오탐방지막 설치, 여수토 4중 오탐방지막 설치 등을 통한 부유사 저감방안, 산란기 공사 조절, 생태계 보호중 보호 등을 통한 해양생태계 보호방안, 유류유출 방제시스템, 해상 BP 등을 통한 해양폐기물 저감방안을 제안함. 남광토건 컨소시엄은 정밀시공, Auto 버켓, 다중오탐방지막, 3중매트 등을 통한 부유사 저감방안, ECO-Garden, 해양보호생물 정밀 조사, 주변정화활동 등을 통한 해양생태계 보호방안, 유류유출 신속대응, BP선 폐수처리 등을 통한 해양폐기물 저감방안을 제안함. 각 컨소시엄이 제시하고 있는 해양환경영향 요인별 저감대책에는 큰 차이점은 없으나, 해양환경영향 모니터링 방안 및 그 결과를 활용하는 조치계획 등에 대해서는 동부건설 컨소시엄이 남광토건 컨소시엄 보다 좀 더 타당하다고 판단되어 비교우위로 평가함

[주변 항만 및 어항 이용 등의 영향을 고려한 계획 수립]

- 주변 항만 및 어항 이용 등의 영향을 고려한 계획 수립과 관련하여 동부건설 컨소시엄은 가항수역 폭 최대 확보(이동로 확보), 조망등대(2개소), 구조물 표시등, IoT 공사용 등부표, AIS 어선충돌방지시스템, 스마트 음향경보장치 등 주변 항만 및 어항 피해 방지대책과 어패류 서식장 조성(인공어초 67기 이설), 유광대 바다숲 조성, 적조 방제체계 구축 등 어업자원 활성화 계획을 수립하였음. 남광토건 컨소시엄은 자립수하식 오탐방지막, 어장 환경 모니터링, 어류산란기 공사강도조절, 실시간 선박충돌방지, 선박통항로 확보 등 어업권 피해 최소화 방안과 유형별 해상사고 대응, 안전지도선, 안전교육 등 해상안전확보 방안을 수립하였음. 두 컨소시엄 모두 주변 항만 및 어항 이용 등을 위한 다양한 계획을 제시하고 있으나, 인공어초 이설, 안전항해를 위해 선박 이동로 폭을 최대로 확보하는 방안 등을 제시한 동부건설 컨소시엄이 남광토건 컨소시엄보다 좀 더 비교우위에 있다고 평가함.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4월 30일

심의위원 : 임 채 호 

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 환경

평가 사유

○ 평가항목 : 환경영향 저감방안 수립의 적정성

- 환경현황조사의 적정성

동부컨소시엄의 환경현황조사는 아래와 같음

대기질: 전 지점 대기환경기준 만족(4지점)

소음·진동: 소음환경기준(주간)및 진동기준 만족(4지점)

해양수질: 수질평가지수 26~28점, 생태기반기준 II (좋음) 등급(12지점)

해양퇴적물: Cu, Zn, As 등 전항목 중금속 해양환경기준만족(12지점)

기존 바다숲: 유광대(수심5m) 미역·모자반 서식, 약광대 서식생물 빈약

오탁방지막 효율: 주변해역 공사중 오탁방지막 저감효율 21.8 ~ 30.3%

육상보호종: 수달(4권역), 삵(1권역), 황조롱이, 매, 물수리, 솔개, 새매 출현

해양보호생물: 상괭이(2지점), 거머리말(5지역) 출현

남광토건 컨소시엄의 환경현황조사는 아래와 같음

대기질: 전 지점 대기환경기준 만족(5지점)

소음·진동: 소음 및 생활진동 규제진동 만족(5지점)

해양수질: 수질평가지수 : II (좋음)(26지점)

해양퇴적물: 전항목 관리기준 만족(Cu 제외)(26지점)

해양보호생물: 5종(상괭이, 잘피, 남방방게, 나팔고둥 등)(8Line)

해충 : 잔물갈따구:4월(춘계), 극동물가파리:7월(하계) 대량 발생

육상동물상: 포유류 20종, 조류 136종(4권역)

법정보호종: 19종(수달, 삵, 매, 솔개, 황조롱이 등)(4권역)

양 컨소시엄 공히 사업대상지에서 다양한 실험과 문헌조사를 수행하였으나, 해양환경 평가에 핵심사항인 부유사 문제에 대하여 상대적으로 적은 양의 준설을 실시하고, 오탁방지막의 효율성 평가실험 및 오탁방지막 설치/교체 기준 설정, 기존 해양생태계 및 해저 환경에 대한 자세한 조사를 수행하여 깊이 있

는 자료를 제공한 동부건설 컨소시엄이 더 우수하다고 판단됨

- 환경영향평가 협의결과 반영 및 저감방안 수립의 적정성

동부건설 컨소시엄의 협의결과 및 저감방안은 아래와 같다.

해양환경 : 유광대(수심 5m이내) 바다숲, 유류유출 방제시스템 구축 등 10건

대기환경 : IoT 실시간 먼지·소음 모니터링, 작업장비 저감장치 설치 등 16건

해양수질 : 2중 오탉방지막, 부유사 모니터링, 겨울철 공사강도 조절, 3단계 통합 해충방제 등 15건

지형지질 : 무상치 호안, 부상토 유출방지공, 이동식 오탉방지막 등 5건

소음·진동 : 소음기, 가설방음벽, 저소음장비, 장비분산투입 등 5건

폐기물 등 : 태양광 화장실, 오·폐수 위탁처리, 어족자원 보호대책 등 6건

남광토건 컨소시엄의 협의결과 및 저감방안은 아래와 같다.

해양수질 : 준설토 유출방지공, 자립식 오탉방지막 등 총 24건

해양퇴적물 : DCM시공관리, DCM부상토 제거·유용 등 총 4건

대기환경(온실가스 포함) : 스마트 웨더스테이션, 3성분계 시멘트 등 총 30건

자연환경 : ECO-Garden, 수중음향발생기, 안내표지판 등 총 12건

소음·진동 : 야간공사 지양, 장비대형화, 소음모니터링 등 총 9건

해충발생 : PTM공법, 방제여수로, 스마트트랩, 방제약품 등 총 9건

친환경적 자원순환 : 생활폐기물 분리수거, 돌망태블록 등 총 14건

양 컨소시엄 모두 환경영향 평가결과를 충실히 반영하여 다양한 저감방안을 수립하여 제시하였으나, 더 다양한 방안을 기술한 남광토건 컨소시엄이 더 우수하다고 판단됨

- 사후 환경영향조사계획 수립의 적정성

동부건설 컨소시엄의 사후 환경영향 조사계획은 아래와 같다.

대기질: PM-10, PM-2.5, NO₂(2개 지점, 분기1회)

악취 : 복합악취(2개 지점, 분기1회)

해양수질: pH, COD, TOC, DO, SPM 등 32개항목(7개 정점, 분기1회)

해양퇴적물: COD, TOC, As 등 총 24개항목(7개 정점, 분기1회)

소음·진동: 주·야간 소음 및 진동(2개 지점, 분기1회)

해양물리: 수심(연1회), 유속(반기1회)

해양생태: 동식물 플랑크톤, 조하대 저서동물 등 총 7개 항목(분기1회)

수질: 현장사무소 오수처리현황(분기1회)

육상생태: 포유류, 조류 법정보호종 출현여부(2개 권역, 분기1회)

해충: 해충 모니터링(운영중, 2개 권역, 반기1회)

남광토건 컨소시엄의 사후 환경영향 조사계획은 아래와 같다.

대기질: PM-10, PM-2.5, NO2(2개 지점, 분기 1회)

악취: 복합악취(2개 지점, 분기 1회)

육상생태계: 포유류 조류 등 법정보호종 출현여부(2개 권역, 분기 1회)

수질: 현장사무소 오수처리현황(BOS, SS)(오수방류지점, 분기 1회)

해양물리: 수심측량(1구역, 연 1회)

해양생태계: 동식물 플랑크톤, 어란·자치어 등 8개 항목(분기 1회)

해양수질: 수온, 염분, pH, COD, TOC, DO, SPM 등 32개 항목(분기 1회)

해양퇴적물: 입도, 함수율, 강열감량, AVS, COD, TOC 등 24개 항목(분기1회)

해양보호생물: 잘피 잠수 정밀조사(1회)

소음·진동: 주·야간 소음 및 진동(분기 1회)

양 컨소시엄은 다양한 항목에 대한 모니터링을 계획하고 있으며, 내용은 대동
소이함. 다만 추가모니터링 항목중 수질, 해양물리, 해양퇴적물 분석등은 전문
기관의 분석을 요하며, 샘플링 단계부터 주의를 요하는 사항으로, 구체적인 사
항 명시와, 사전 조사에서 제시된 결과를 바탕으로 판단할 때, 동부 컨소시엄
의 자료가 전문성이 더 우수한 것으로 판단됨

- 어업피해 영향 최소화 방안 수립의 적정성

동부건설 컨소시엄의 어업피해 영향 최소화 방안은 아래와 같다.

2단계 오탁방지막, 이동식 오탁방지막, 부상토 유출방지공, 멀티 GNSS RTK,
해상 BP선 폐수관리, 적조 방제체계, 어업피해 최소화 여수토 위치선정
운영 중: 3-1구역 어류포획 후 방생, 어초블록 이설설치, 바다숲 조성, 유해곤
충 퇴치

남광토건 컨소시엄의 사후 환경영향 조사계획은 아래와 같다.

자립식+수하식 오탁방지막 설치, 어장환경 기준 준수, 산란기 공사 강도 조절,
환경 민원 관리 시스템 구축, 발생민원 ONE-STOP 처리
모니터링 계획: 예상민원 상시 모니터링, 환경전담 모니터링(월 1회)

어업피해 영향 최소화 방안의 수립에 있어 양 컨소시엄 모두 부유사 확산방지 및 해저 퇴적물의 부상문제를 중요하게 판단하고, 영향을 최소화 하기 위한 다양한 설계 및 방안을 강구하 였음. 다만, 양사 모두 부유사에 대한 영향을 중요하게 고려하였으나, 부유점토 및 침적유기물에 의한 환경피해가 가장 지 대할 것으로 예상되는 바, 1% 이상에 이르는 TOC의 확산방지 및 모니터링 계 획. 침출액 관리방안을 기술한 동부건설 컨소시엄이 우수함

o 평가항목 : 환경친화적인 항만설계의 적정성

- 친환경 설계 도입의 적정성

동부건설 컨소시엄의 친환경 설계도입 방안은 아래와 같다.

굴착토, 부상토, 고화재의 친환경 검사, 북측호안 콘크리트 사용 배제
초기우수 유출방지, 오폐수 처리, 여수토 4중 오탁방지막, IoT 환경관리
서측구간 원형지 보전, 바다숲 조성, 다중필터 시스템 적용(전구간)

남광토건 컨소시엄의 친환경 설계도입 방안은 아래와 같다.

스마트 웨더스테이션, 태양광 수질센서, 이동식 화장실, 자원순환, 파랑예보
시스템

자립식 · 수하식 오탁방지막, 부유사 확산관리, 통합관제시스템, 지능형 CCTV
ECO-Garden, 스마트여수토, 준설토유출방지공, 방제여수로, 돌망태블록

친환경 시설의 설계 도입은 과거 적용사례 및 적용성공여부를 중심으로 판 단할 때, 고화재에 대한 어류 독성실험, 준설토 투기장에서의 다중필터 시 스템 적용등, 향후 발생할 수 있는 환경문제에 대하여 선제적으로 대응한 동부건설 컨소시엄이 더 우수하다고 판단됨

- 온실가스 저감방안 및 효과

동부건설 컨소시엄의 온실가스 저감방안 및 효과는 친환경 설계도입 방안은 아래와 같다.

온실가스 저감방안은 공사 중 12건 및 인프라 구축 3건으로 총 15건임
온실가스 저감효과는 공사 중 9,030.9tCO₂-eq, 운영중 869.0tCO₂-eq

동부건설 컨소시엄의 온실가스 저감방안 및 효과는 친환경 설계도입 방안은 아래와 같다.

온실가스 저감방안은 공사 중 19건 및 운영중 6건으로 총 25건임
온실가스 저감효과는 공사 중 779,110tCO₂-eq, 운영중 846tCO₂-eq

양 컨소시엄의 온실가스 저감방안은 유사하나, 저감효과는 크게 차이 나는데, 이는 친환경 고화제의 반영 여부 및 계산시 사용한 이산화탄소 발생계수의 차이에 기인한다고 판단됨. 탄소저감효과 계산에서 이산화탄소 계수의 선정은 결과의 신뢰도 및 결과의 우수성을 검증하는데 매우 중요한 자료로, 양사 모두 정확한 근거를 제공하고 있지 않음. 따라서, 상대적으로 다양한 저감방안을 제시한 남광토건 컨소시엄이 더 우수하다고 판단됨

- 신기술, 신공법 도입의 적정성

동부건설 컨소시엄의 신기술, 신공법 도입은 아래와 같다.

탄소저감 : 오락방지막 표시등, Ø1,600mm DCM 선박, 배기가스 저감장치
모니터링 : IoT 먼지 · 소음관리, 태양광 발전 실시간 모니터링
해양생태 : 바다숲(유광대) 조성(개별 수중 정밀조사 실시 결과 반영)
해양환경 : 해충방제 여수로, 태양광 해충 퇴치기

남광토건 컨소시엄의 신기술, 신공법 도입은 아래와 같다.

환경관리 : 파이프쿨링, 상치부 2단계 유출방지, 제체부 3중매트,
통합관제시스템, 머신가이던스, 방제여수로, 친환경 고화재 등 총 19건
해양생태 : ECO-Garden
해양환경 : 소나수중시공검측, 실시간 파랑예보시스템 등 총 20건

양 컨소시엄이 유사한 신기술 및 신공법을 제시하고 있음. 전체 사업에 적용되는 원형지 보전, 다중필터를 이용한 부유사 관리 등, 환경문제를 해결하기 위한 실용적인 공법을 적용하고, 기존자료 및 자체 실험결과를 통해 자료의 근거를 확보한 동부건설 컨소시엄이 더 우수하다고 판단됨

- 탄소 저감 방안 및 시공법 도입의 적정성

동부건설 컨소시엄의 탄소저감 방안 및 시공법은 아래와 같다.

폐유 재활용, 저공해 건설장비, 인공어초 재활용, 무상치 호안, 서측호안 재료원 저감, 블루카본, 신재생에너지 활용 등 7건

남광토건 컨소시엄의 탄소저감 방안 및 시공법은 아래와 같다.

친환경 고화재, 3성분계 시멘트, 파이프쿨링, 부상토 유용, 분리수거, 차량 5부제, 일회용품 사용 최소화, 친환경 현장사무실 운용 등 25건

동부건설 컨소시엄의 경우, 환경친화적 설계가 다양한 변수를 고려하여 적정하게 수립되었고, 남광토건 컨소시엄의 경우에는 다양한 이산화탄소 저감 방안을 제시함. 다양한 친환경 설계는 다른 설계와 함께 반영되어야 하며, 이를 진행하는 환경친화적 공사관리가 매우 중요하다고 할 수 있음.
남광토건 컨소시엄은 폐기물의 재활용기술을 다양하게 고려하는 장점이 있었으나, 설계 및 공사중에 가장 주요한 문제를 일으킬 것으로 예상되는 준설과정의 부유토 및 용존유기물 관련하여 다양한 친환경 기술과 함께, 부상토의 전량개량공법을 채용한 동부건설 컨소시엄이 더 우수하다고 판단됨

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4 월 30일

심의위원 : 강 석 태



해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하

평가 사유서

□ 건명 : 부산항 진해신항 준설토투기장(3구역) 호안(1공구) 축조공사 일괄입찰 설계심의

□ 전문분야 : 환경

평가 사유

1) 환경영향 저감방안 수립의 적정성

o 평가항목 : 환경현황조사의 적정성

■ 동부건설

- 해양생태계, 대기질, 소음진동, 해양수질, 해양퇴적물, 기존바다숲, 오탁방지막 효율, 육상보호종, 해양보호생물에 대한 조사결과를 분석하였음. 또한, 오탁방지막 효율에 대한 저감효율 자료를 수반함. 특히 직접 수중 생태계 정밀조사를 통하여 현재 (2024년 1~2월)의 해양보호생물의 서식현황을 파악하여, 준설토투기장 공사완료 후와 비교 대응하기 위한 최신자료로써 가치가 높음.

■ 남광토건

- 대기질, 소음진동, 해양수질, 해양퇴적물, 해양보호생물, 해충, 육상동물상, 범정보호종에 대한 조사결과를 분석하였음. 조사지점이 상대입찰사 보다 많으나, 중요한 해양수질 및 퇴적물의 조사결과가 조사지점별로 분석되지 않아 공사 후 환경영향평가 비교자료로 활용가능여부가 우려됨. 또한, 해양생태환경조사 자료가 1~2년 전에 문헌자료에 기인하여 현재 해양생태계 상황을 대변하기에는 다소 무리가 있어보임.

o 평가항목 : 환경영향평가 협의결과 반영 및 저감방안 수립의 적정성

■ 동부건설

- 환경영향평가 협의결과를 항목별로 해양환경, 대기환경, 해양수질, 지형지질, 소음진동, 폐기물등으로 구분하여 협의내용과 반영계획으로 구체적으로 기술하였음.
- 분야별 저감방안으로 해양오염 저감방안, 대기오염 저감방안, 소음진동 저감방안, 토양 및 폐기물 저감방안으로 구분하여 각 항목별 저감 기술들을 제시하였음. 특히, 해양환경에서 중요한 해양수질변화에 대한 예측 및 저감대책이 잘 제시되어 있음.

-환경영향평가 협의결과에 명시된 내용 외 추가 저감방안을 수립한 점은 장점이나 향후 주변 어업피해를 받을 어민들을 위한 추가 저감방안을 마련해야함.

■ 남광토건

-환경영향평가 협의의견을 반영하여 해양수질, 해양퇴적물, 대기환경, 자연환경, 소음진동, 해충발생, 친환경적 자원순환등으로 계획하여 기술하였음.

-대기환경 저감방안으로 스마트 웨더스테이션, 비산먼지 발생 저감, 미세먼지 계절 관리제 및 예보제, 자연환경 저감방안으로 ECO-Garden, 수중음향발생기, 소음 진동관리, 해충발생저감방안으로 PTM공법 및 방제여수로, 스마트 트랩, 방제약품 비치 및 살포, 모니터링 계획 수립

-103건의 저감방안 및 추가모니터링 12건을 포함 총 115건의 대책을 수립함.

o 평가항목 : 사후 환경영향조사계획 수립의 적정성

■ 동부건설

-사후 환경영향조사계획이 대기질, 악취, 해양수질, 해양퇴적물, 소음진동, 해양 물리, 해양생태, 수질, 육상생태, 해충 등으로 조사항목과 개소수가 적정하게 수립되어 있으며, 추가 모니터링 조사항목과 조사 지역이 자세하게 기술되어 있음.

- 추가 모니터링계획으로 산란기 모니터링, 해충 모니터링, 바다숲, 환경질 (수온, pH, 탁도), 실시간 먼지 소음도 (2개소), 오타방지막 효율평가 (4정점 추가)를 수립하였고, 각 추가 모니터링 지점도 명확히 제시하였음.

■ 남광토건

-사후 환경영향조사계획이 대기질, 악취, 육상생태계, 수질, 해양물리, 해양생태 계, 해양수질, 해양퇴적물, 해양보호생물, 소음진동 등으로 조사항목과 개소수가 적정하게 수립되어 있으며, 추가 모니터링 항목과 조사주기가 다양하게 기술 되어 있음.

- 추가 모니터링 계획으로 부유사, 비산먼지, 해조류, 적조 모니터링 등 12건을 수립 하였으나, 추가 모니터링 지점이 모호하고, 해조류나 범정보호종 등의 생태계 조사는 상시조사가 아닌 전문가 위탁 조사가 필요하므로 향후 이에 대한 반영이 필요해 보임.

o 평가항목 : 어업피해 영향 최소화 방안 수립의 적정성

■ 동부건설

- 공사 중 어업피해에 관해서는 부유사 확산 영향예측을 반영한 2단계 오타방지막 설치, 어선 통항을 고려한 공사계획, 저서생물을 고려한 부상토관리 및 시공법, 콘크리트 폐수관리 및 적조방제체계 구축이 적정하게 기술됨.
- 운영 중 어업피해 예방을 위한 고립어류방생, 어초블록 설치, 바다숲 조성, 유해 곤충 퇴치등을 제시함.
- 공사관리계획서에 제시된 환경민원관리에 어업피해에 대한 상시 모니터링, 환경전담 모니터링 등 민원 발생시 대처 방안의 기술을 추가제시하는 것을 고려해야함.

■ 남광토건

- 어업피해 저감을 위한 자립식+수하식 오타방지막 설치, 어장환경기준 준수, 어류 산란기 공사강도 조절 및 민원 대처방안 및 모니터링 계획을 적정하게 수립함.
- 공사 중, 공사 후의 방안으로 나누어 구체적으로 제시할 필요가 있고, 대부분 방안이 부유사 대책에 편중된 점은 아쉬움. 보다 다양한 차원에서 해양생물자원 보호나 주변 어업권의 이익을 위한 방안이 추가되어야 함.

◎ 종합의견

- 양사는 모두 환경영향평가서를 바탕으로 준설토투기장 주변의 과거 및 현재 환경현황을 체계적으로 조사하였다고 평가함. 특히, 동부건설은 직접 수중 생태계 정밀조사를 통하여 현재 (2024년 1~2월)의 해양보호생물의 서식현황을 파악하여, 준설토투기장 공사완료 후와 비교 대응하기위한 최신자료로써 가치가 높은 자료를 확보함.
- 환경영향평가 협의결과 반영 및 저감방안 수립은 양사 모두 항목별로 구체적으로 기술하였으며, 이를 바탕으로 해양 수질 및 퇴적물, 대기질과 소음진동, 폐기물 분야에서 추가적인 저감방안을 적절하게 수립하였음. 남광토건은 전체 저감방안에서 상대적으로 다양하고 많은 방안을 제시하였지만, 해양환경에서 중요한 해양생태계나 해양수질/퇴적토 등에 보다 구체적 저감방안을 수립한 동부건설이 더 우수한 것으로 평가됨.
- 사후 환경영향조사계획은 양사 모두 조사항목과 개소수가 적정하게 수립되었음. 추가 모니터링 계획에서 남광토건은 총 12건의 조사항목을 제시하였지만 정확히 어느지점에서 실시하는지에 대한 명확성이 부족함. 동부건설은 추가모니터링에 대한 계획 및 지점을 명확히 제시하고, 특히 산란기 모니터링과 바다숲 모니터링을 통한 어족자원 보호대책을 수립함.
- 양사는 모두 어업피해 영향을 최소화하기 위한 공사 중 부유사 확산 저감방안을 적절히 수립함. 하지만, 어업피해 영향 최소화를 위한 민원대응 및 전담환경모니터링을

종합적으로 제시한 남광토건이 더 우수한 것으로 평가함.

2) 환경 친화적인 항만설계의 적정성

o 평가항목 : 친환경 설계 도입의 적정성

■ 동부건설

- 환경 친화적인 설계를 위해서 굴착토, 부상토, 고화재의 친환경 검사를 통한 어둡 성 없는 친환경 공사재료 사용, 북측호안 콘크리트 사용을 배제하는 무상치 호안 을 도입함.
- 친환경 공사관리로 초기우수 유출방지 관리, 오폐수 적정처리, 여수토 4중 오탁방 지막 확산관리, IoT 환경관리를 도입함.
- 친환경 구조물 계획으로 서측구간 원형지 보전 및 바다숲 조성, 전 구간 다중필 터 시스템 준설토 유출 방지를 도입함.
- 대기질, 온실가스, 수질, 토양 부분에서 적정한 설계를 도입한 점은 장점이나, 친환경 적 폐기물 처리 관련한 자료의 보충이 필요함.

■ 남광토건

- 환경부하 최소화 스마트 웨더스테이션, 신재생에너지 사용, 친환경적 자원순 환, 파랑예보시스템을 도입함.
- 환경친화적 시설물 계획으로 Eco-Garden, 통합관제 시스템, 자립식/수하식 오탁 방지막, 부유사 확산관리, 지능형 CCTV, 스마트 여수토 관리방안을 도입함.
- 환경관리 계획으로 환경관리목표 강화, 달성방안 계획, 환경조직운영을 제시함.
- 친환경 시설로 다양한 방안을 도입한 점은 장점이나, 서측호안에 굴폐각 전량 굴착치환 시 부가적으로 발생할 수 있는 해양환경오염 저감대책을 추가적으로 제 시가 필요함.

o 평가항목 : 온실가스 저감방안 및 효과

■ 동부건설

- 공사 중 12건, 인프라 구축에 3건의 온실가스 저감방안을 제시함. 태양광 등부 표, 오탁방지막 표시등, 태양광 화장실, 태양광 등대, 자원절약, 폐기물 재활용, 저공해 건설장비, 공회전 금지 방안등을 제시함. 또한, 제체제거 시 폐콘크리트 미발생 호안을 제시함.

- 서측 및 북측호안 재료원 사용에 따른 온실가스 효과를 추가적으로 자세히 기술할 필요가 있음.

■ 남광토건

- 공사 중 19건, 운영 중 6건의 온실가스 저감방안을 제시함. 친환경고화재, 3성분계 시멘트, 예선 경유사용 배제, 태양광 이동식 화장실, 저공해 운행, 공회전 금지, 대구경 DCM, 분리수거 방안 등을 제시함.
- 운영 중 바다숲 조성, 친환경 에너지 이용 방안을 제시함.
- 전체 온실가스 저감량의 99%정도가 친환경 고화재를 사용함으로써 달성이 된다고 설계보고서에 제시하였으나, 산정에 쓰인 시멘트와 친환경 고화재 배출계수에 대한 명확한 근거가 제시되어야 함.

o 평가항목 : 신기술, 신공법 도입의 적정성

■ 동부건설

- 오타방지막 표시등, 친환경 바다숲, IoT 먼지소음관리, 태양광발전 모니터링, 대구경 DCM, 배기가스 저감장치, 해충방제 여수로, 유해곤충 방제기술을 제시함.
- 상대적으로 신기술 신공법에 도입이 부족하여, 유지관리 효율성을 개선할 수 있는 신기술, 신공법의 추가 도입 필요함.

■ 남광토건

- 파이프쿨링, 상치부 3단계 유출방지, 제체부 3중매트, 통합관제시스템, 머신가이던스, 대구경 DCM, Auto버킷 사석투하, 소나수중시공검측, 수중드론 현장관리, 회전익드론 관제 등 40건의 많은 신기술, 신공법을 도입함.
- 이처럼 다양한 기술을 도입하였으나, 제시된 방대한 규모의 스마트 환경 신기술들을 통합운영할 수 있는 통합관제 시스템의 실제 운영가능성 및 사례에 대해 추가기술이 요구됨.

o 평가항목 : 탄소 저감 방안 및 시공법 도입의 적정성

■ 동부건설

- 국가 장기 저탄소 발전전략에 건설분야를 접목 시켜 저탄소 녹색 시공, 친환경 교통체제, 지속가능발전 시공, 자원 선 순환형 시공항목으로 분류, 각 항목별 시공법을 도입함. 탄소 저감효과로 9,899t CO₂^{eq}저감 제시함.

-추가적으로 순환골재나 자원의 적극적 재활용이 들어간 시공법을 강화한다면 탄소 저감율을 향상시킬수 있을 것으로 판단됨.

■ 남광토건

-탄소 저감 시공법으로 친환경 고화재, 3성분계 시멘트, 파이프 쿨링, 부상토 유용을 도입함. 현장근로자참여형 탄소 저감으로 분리수거, 차량 5부제, 일회용품 사용 최소화, 친환경 현장사무실 운용을 도입함. 탄소 저감효과로 779,955t CO₂^{-eq}저감 제시함.

-다양하고 많은 시공법을 도입해서 탄소 저감방안을 계획하였지만, 탄소발생 저감을 위해 제시한 시공법 중 전체 온실가스 저감량 중에 친환경 고화재의 사용이 약 99% 저감량으로 산정됨. 계산된 친환경 고화재의 정확한 온실가스 배출계수의 적용 근거와 산출근거를 보다 명확히 제시해야함.

◎ 종합의견

- 친환경 설계 분야는 동부건설이 기초굴착량을 적게하여 부유사 발생을 감소시킨 점, 해양생물 보호를 위해 서측구간 원형지를 보전시킨 점, 북측호안에 대하여 콘크리트를 사용 배제함으로써 온실가스 발생과 장래 폐기물이 발생하지 않도록 한 점이 우수함. 상대적으로 남광토건은 굴폐각 전량 굴착치환 시 발생할 수 있는 2차 해양환경 오염 가능성에 대한 저감대책을 보강제시가 필요해 보임.
- 온실가스 저감방안 및 효과분야는 양사 모두 공사 중, 운영 중 다양한 저감방안을 제시함. 남광토건은 온실가스 저감효과로 약 99%의 저감량이 친환경고화재 사용에서 나온다고 제시하였는데 이에 대한 명확한 탄소저감 산출근거 제시가 보장되어야 함. 동부건설은 시공, 운용, 해체 및 재활용의 세부 산정범위를 선정하고 이에 부합하는 내용으로 온실가스 저감방안을 제시함.
- 신기술, 신공법 도입의 적정성 분야는 파이프쿨링, 상치부 3단계 유출방지, 제체부 3중매트, 통합관제시스템, 머신가이던스, 대구경 DCM, Auto버켓 사석투하, 소나수중시공검측, 수중드론 현장관리, 회전익드론 관제 등 40건의 많은 신기술/신공법을 적용을 시도한 남광토건이 우수한 것으로 판단됨.
- 탄소 저감 방안 및 시공법 도입 분야는 양사 모두 적정한 탄소저감 방안을 도입한 것으로 판단됨. 하지만, '2050 장기 저탄소 발전전략' 목표와 부합하는 항목별로 온실가스 저감량을 계산한 점 그리고 각 항목에 배출량 산정에 사용된 온실가스 배출계수의 적용근거를 명확히 제시한 점에서 현실적인 시공법 및 온실가스 저감량 계산을 제시한 동부건설이 우수한 것으로 판단됨.

해양수산부 기술자문위원회 운영규정에 의하여 평가사유서를 상기와 같이 제출합니다.

2024년 4 월 30 일

심의위원 : 배성준

Handwritten signature of Ba Seong-jun in black ink, with the name '배성준' written in parentheses next to it.

해양수산부 설계심의분과위원회 소위원장 귀하