대포항개발사업 설계 및 시공 사례

글 김영준 ＼ 대포항개발사업 현장 대리 ＼ **전화** 033-635-8153 ＼ **E-mail** kjy182000@ssyenc.com

1. 서언

[그림 1] 대포항개발사업 전경

[그림 2] 대포항개발사업 조감도

대포항개발사업은 기존 대포항의 낙후된 시설과 협소한 규모로 늘어나는 수산 및 관광 수요에 대처하지 못해 새로운 관광자원으로 개발하고자 1999년 국내 최초로 정부, 지방자치단체, 민간자본이 공동으로 참여하는 대포항개발계획이 확정되어, 2003년 설계시공 일괄입찰방식(턴키)으로 수주한 대포항개발 비관리청 어항시설공사(속초시, 민간투자)의 연관공사로 2006년 8월 대안입찰(농림수산식품부)로 수주한 사업이다. 본고에서는 설계의 주요 특장점 및 당 현장에 시공된 주요 공법에 대해 소개하고자 한다.

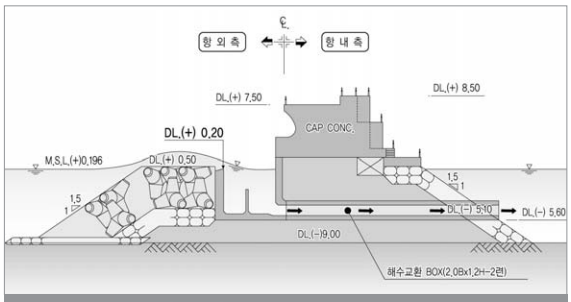
2. 공사 개요

1) 공사명 : 대포항개발사업
2) 발주처 : 농림수산식품부
3) 사업위치 : 강원도 속초시 대포동 대포항 일원
4) 사업규모 : 동방파제 430m, 남방파제 190m, 등대 2기, 조경공 1식, 부대공 1식
5) 공사비 : 318억 원
6) 공사기간 : 2006년 8월 4일 ~2011년 6월 23일(59개월)

3. 설계 특징

3-1. 항내 정화기능

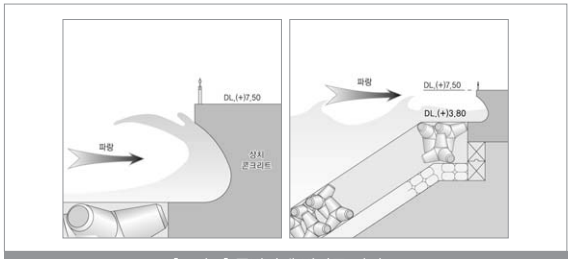
해수정체에 의한 항내 오염을 방지하기 위해 동방파제 하부에 해수교환시설을 설치해 연간 8,100만 톤, 주 2회 항내의 해수를 교환하는 효과로 대포항 내 항시 청정수가 순환할 수 있도록 설계에 반영하였다.



[그림 3] 해수교환시설 표준단면도

3-2. 항내 정온을 확보한 비월파형 방파제

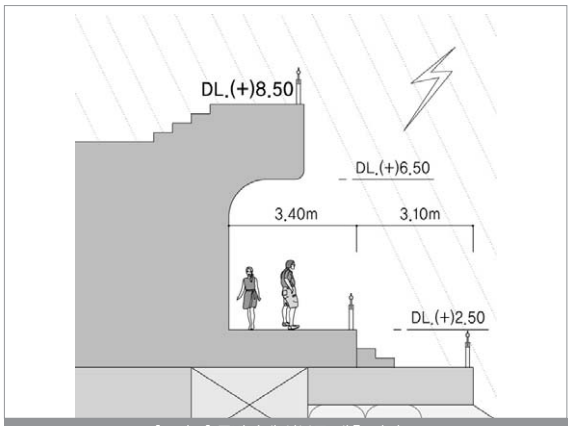
동방파제 해측 상부공 단면을 월파방지 능력이 우수하고, 파압이 작은 형식인 비월파형 반파공 단면 형식을 적용하여 항내 정온을 확보하였으며, 비관리청공사의 동방파호안 월파방지 반파공과의 연속성을 확보하였다.



[그림 4] 동방파제 반파공 단면도

3-3. 파압저감 등 안전성을 증대시킨 방파제

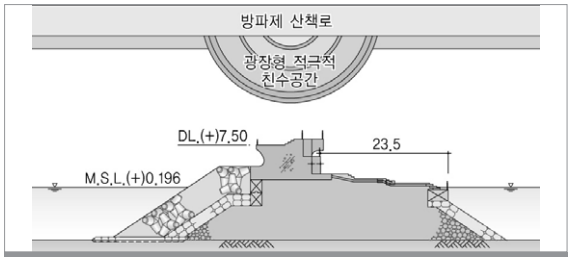
동방파제 상부공 천단고 증고(DL(+)8.5m)를 통한 월파 저감 및 방파제 상부공 내측 공간 확보를 통해 기상이변 시 대피공간을 확보하였다.



[그림 5] 동방파제 상부공 내측 단면도

3-4. 친수기능

동방파제 상부공에 중앙광장구간과 친수구간을 설치하여 수변접근성을 높이고, 다양한 레벨구성을 통한 조망 공간 확보 등 관광어항 기능을 충족할 수 있도록 설계하였다.



[그림 6] 동방파제 광장구간 단면도

4. 주요 공법

4-1. 해수교환시설

1) 개요

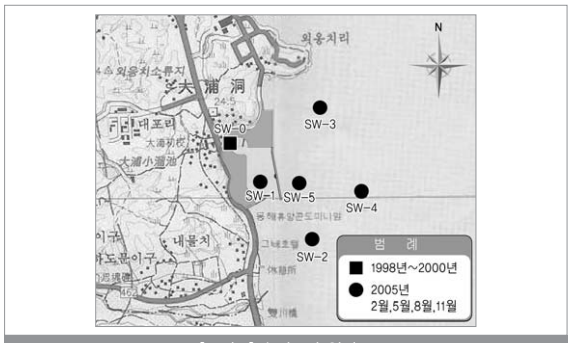
① 해수교환 방파제의 선정기준

- 항내로 일방향 흐름을 유도할 수 있는 형식
- 평상시의 작은 파력을 효과적으로 이용할 수 있는 형식
- 유입수를 항내 깊숙한 수역까지 유도할 수 있는 형식
- 유입수로 인한 항내의 전달파가 크게 발생하지 않는 구조 형식

② 현황분석

기존 조사자료 및 인근 항만공사에서 시행한 사후환경영향조사를 근거로 대포항 인근지역 수질현황을 파악하여 대포항개발 후 폐쇄된 항만형태에 따른 기설계된 해수유통시설의 문제점 파악 후 개선방안을 수립하였다.

- 대포항 내외 수질조사 위치도

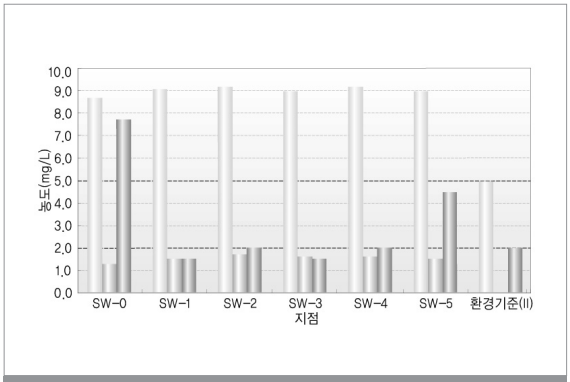


[그림 7] 수질조사 위치도

• 수질조사 결과

– DO : 해역수질 기준 1등급

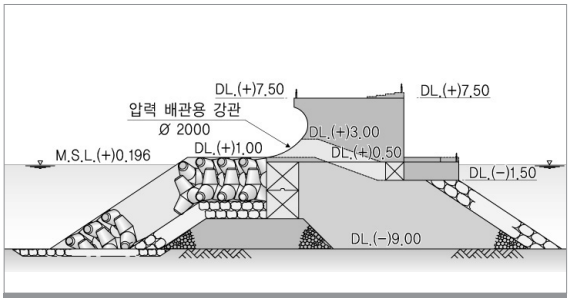
– COD : 해역수질 기준 2등급



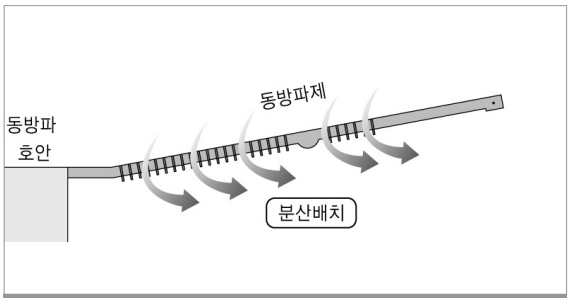
[그림 8] 수질조사 결과표

• 원안 해수교환시설 효과 검토

기존 원안설계는 압력배관용 강관(Φ2,000)을 10m 간격으로 26개 분산 설치하여, 해수유입 한계파고가 $H_{1/3}$=1.5m, 파랑 발생빈도는 약 11.8%(연간 약 43일)로 연간 해수교환율이 약 73%에 불과해 해수교환 효과저조에 따른 항내 해수정화 불량을 초래하는 단점이 있다.



[그림 9] 원안 해수교환시설 단면도



[그림 10] 원안 해수교환시설 평면도

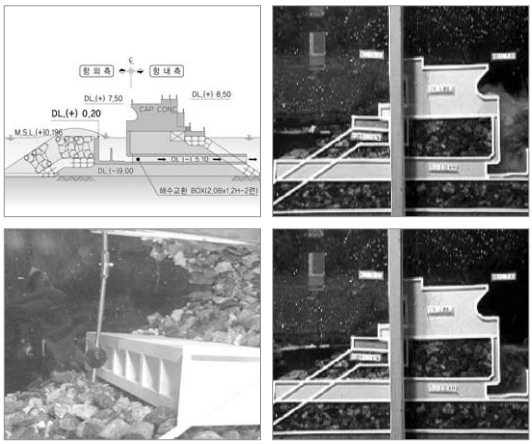
③ **특화사항**

해수교환시설을 분산설치가 아닌 기부측 집중배치를 통해 항내 해수교환 효과를 극대화하고, 월류형 해수교환시설 형태로 월류판 마루높이를 평균해수면과 동일한 수준으로 적용하여 평상시 낮은 파랑에도 항내 해수유입이 이루어질 수 있도록 하였다.

2) 해수교환시설 계획 시 고려사항

수리모형실험을 통한 도수관내 유속을 측정하고 파고 계급별 연중 발생빈도를 이용하여 총 연간 유입량을 산정하였으며, 이를 근거로 항내 해수교환주기와 교환율을 산정하여 시설물의 적정 규모를 검토하였다.

① **수리모형실험에 의한 해수유입량 예측**



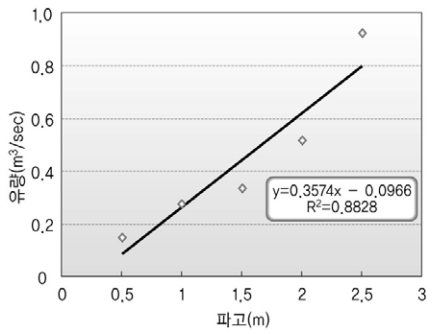
[그림 11] 수리모형실험

② **유입유속 측정결과 및 유입유량 산정**

• 유입유속 측정

표 1 유입유속 산정표

조위	파고(m)	주기(sec)	유속(cm/sec)
M.S.L (+)0.196	0.5	13	0.90
	1.0	13	1.68
	1.5	13	2.03
	2.0	13	3.12
	2.5	13	5.60



[그림 12] 유입유속 결과표

• 유입유량 산정

표 2 유입유량 산정표

조위	파고(m)	주기(sec)	해수유입량(m^3/sec)	
			모형	원형
M.S.L (+)0.196	0.5	13	0.883×10^{-5}	0.148×10^{-5}
	1.0	13	1.648×10^{-5}	0.277×10^{-5}
	1.5	13	1.991×10^{-5}	0.335×10^{-5}
	2.0	13	3.060×10^{-5}	0.514×10^{-5}
	2.5	13	5.492×10^{-5}	0.923×10^{-5}

③ 유입유속 추정

연간 해수유입량을 산정하기 위한 파랑자료는 2005년 10월 1일~2006년 3월 31일까지 대포항 전면에서 실측한 파랑자료를 사용하였다.

• 해수유입 도수 Box 1개당 파고별 적용유량

표 3 파고별 적용유량

구분 / 파고(m)	단위유량	출현율에 따른 적용유량	관측 기간 동안 평균유량
0.0~0.5	0.148	0.066	0.257
0.5~1.0	0.277	0.094	
1.0~1.5	0.335	0.050	
1.5~2.0	0.514	0.020	
2.0~2.5	0.923	0.011	
2.5~3.0	0.976	0.006	
3.0~3.5	1.154	0.005	
3.5~	1.333	0.004	

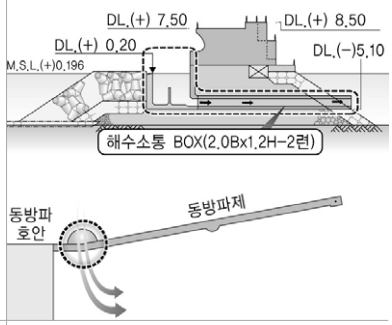
• 해수유입량 산정

표 4 해수유입량 산정표

파고(m)	출현율(%)	단위유량 실험치 (m^3/sec)	총유입량 (m^3/year)
0.0~0.5	44.63	0.148	20,882,110
0.5~1.0	33.97	0.277	29,665,370
1.0~1.5	14.87	0.335	15,688,570
1.5~2.0	3.97	0.514	6,433,700
2.0~2.5	1.20	0.923	3,493,360
2.5~3.0	0.62	0.976	1,897,270
3.0~3.5	0.43	1.154	1,577,420
3.5~	0.32	1.333	1,331,190
계	100.0	–	80,968,980

3) 해수교환시설 최적단면 선정

표 5 해수교환시설 최적단면 선정

구분		내용
단면 형식 및 평면		– 월류형 해수교환 BOX 
유출구 규격		집중식(L=24.5m), 2.0B×1.2H 2련박스 5개소 설치
유입구 하단고/ 유출구 하단고		DL(+)0.20 / DL(−)5.60
해수소통 한계파고		1.5m보다 낮은 파랑도 유입
단위길이 당 개구율		0.776(m^2/m)
단위길이 당 해수유입량		3,304,856(m^3/년)
연간 총유입량		80,968,979(m^3/년)
연해수입량		1,552,521(m^3/1회/1주)
특성 비교	해수교환 가능	– 월파판 마루높이가 DL(+)0.2m로 낮은 파랑에도 해수유입 가능
		– 평상시에도 해수교환 가능
		– 연중 내내 항내정화 가능
	유지관리	주기적인 청소 필요
	시공성	구조물 육상제작, Box 수중연결로 품질확보
	경제성	월류형 박스 도입, 소통구와 일체식으로 제작 거치하여 경제성 확보

VE/LCC 평가	설계기능 (F)		88
	생애주기 (C)		0.92
	설계기능 (F)		96

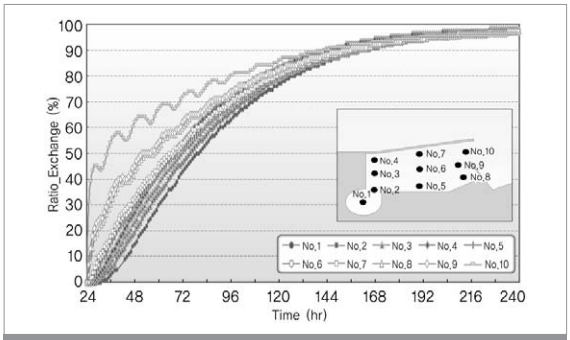
4) 해수교환시설 효과검토

해수교환시설 설치 후 대포항 내 해수순환 양상을 파악하여 그 효과를 검증하고, 해수유동실험결과(조위 및 조류속) 자료 인용을 통한 해수교환율을 평가하여 해수교환시설의 효율성을 검토하였다.

① 해수수질시험

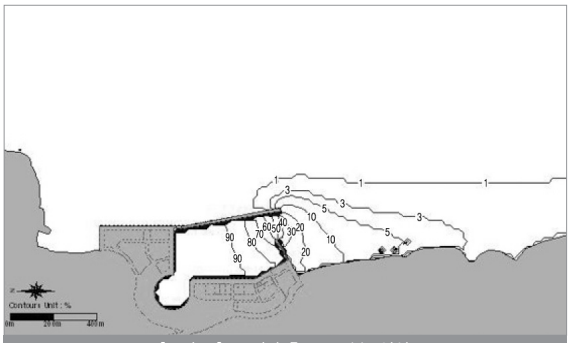
해수교환시설의 효율성을 검토하기 위하여 수질환경지표로 환경의 변화를 판단할 수 있는 COD를 이용하였으며, 대포항 내부에 COD농도 100을 주어 시간변화에 따른 대포항의 해수교환율을 검토하였다(실험은 대포항 계획안에 대해 240시간 동안 해수교환율을 검토 수행).

• 해수교환율 실험결과

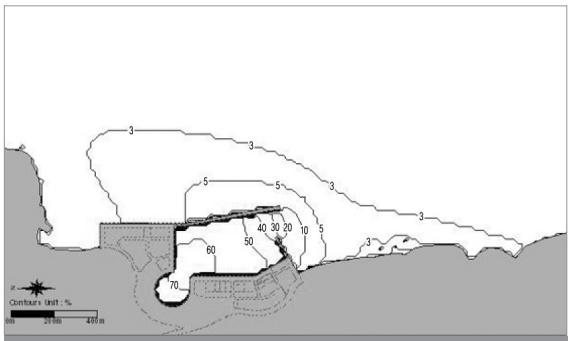


[그림 13] 정점별 시간경과에 따른 해수교환율 그래프

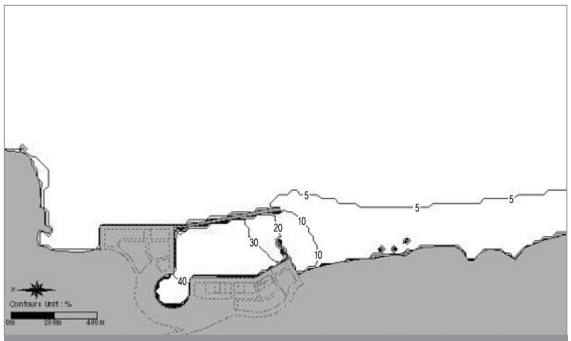
• 시간경과에 따른 COD 분포양상



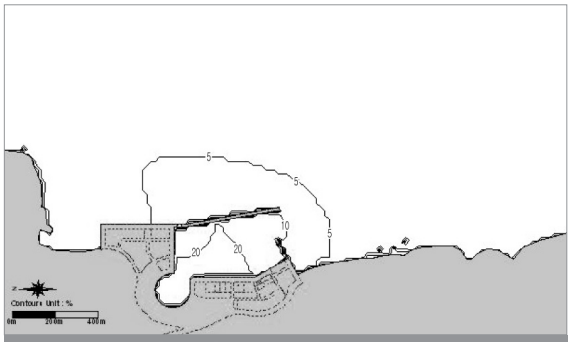
[그림 14] 30시간 후 COD 분포양상



[그림 15] 60시간 후 COD 분포양상



[그림 16] 90시간 후 COD 분포양상



[그림 17] 120시간 후 COD 분포양상

② 결과분석

대포항 내측(No.1~No.10)보다 항입구에서 초기 해수교환율이 높게 나타났으며, 정점 No.1인 친수호안 부근 72시간 후 42%, 120시간 후 약 76% 정도의 해수교환율이 나타났다. 정점별 해수교환율은 전반적으로 150시간(5일) 이후부터 약 90%의 해수교환율을 보였다. 따라서 해수유통구를 통한 해수유입량 기준으로 약 5일에 1회 주기로 항내 해수가 교환되어 개발 후 현 상태의 1등급인 해수수질을 충분히 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

5) 해수교환시설 시공순서

[그림 18] 해수교환시설 시공사진

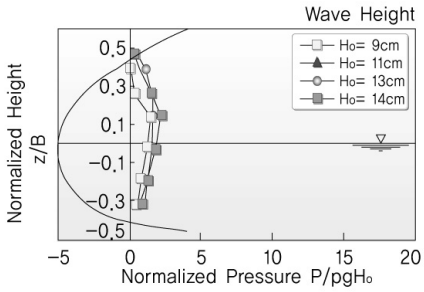
4-2. 동방파제 비월파 반파공

1) 개요

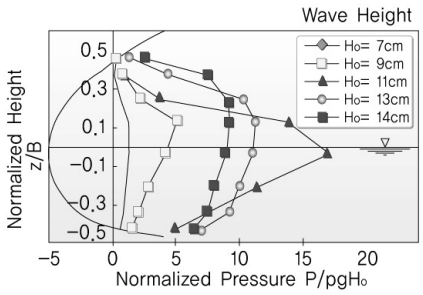
설계의 기본방향은 월파방지 능력이 우수하고, 파압이 작은 형식으로 기존 연구사례 검토 후 효과가 가장 우수한 형식을 적용하였다. 또한, 비관리청 동방파호안 비월파 반파공과의 연속성을 고려하여 설계하였다.

2) 파압저감 대책

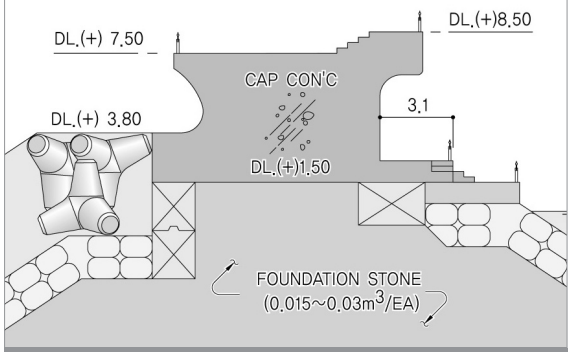
구조물에 미치는 파압의 영향을 감소시키기 위해 소파블록의 피복고를 DL(+)1.0m에서 DL(+)3.80m로 2.8m 증고 설계하였으며, 제체전면에 T.T.P 2열 거치로 설계하였다.



[그림 19] 소파공 설치 전 파압분포



[그림 20] 소파공 설치 후 파압분포

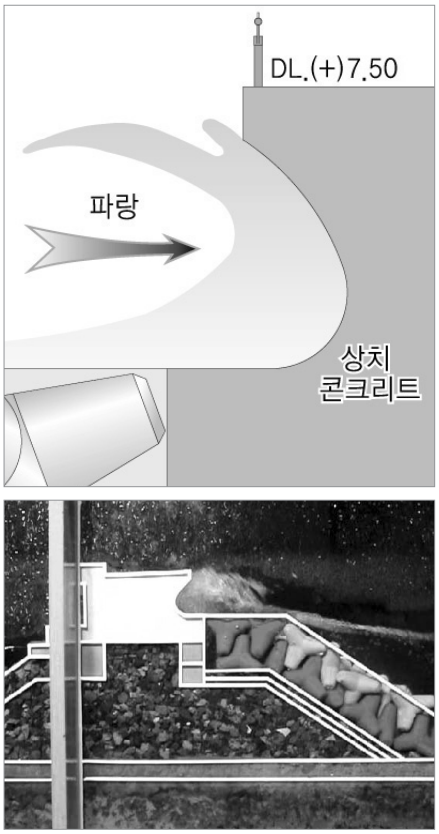


[그림 21] 설계적용

3) 개선사항

반파공 수리모형 실험결과, 전파랑에 대하여 상치콘크리트 및 T.T.P(32TON)가 안정하였으며, 반사율은 0.712~0.870, 전달률은 0.139~0.177을 보임으로써 설계파(파고 6.2m, 주기 13sec) 조건

에서 월파는 미발생하였다. 이는 설계단면이 월파방지 능력이 우수하여 완공 후 파랑의 영향에 대해 안전하다고 할 수 있다.



[그림 22] 수리모형실험

[그림 23] 동방파제 상부공 해측 반파공 전경

4. 맺음말

대포항개발사업은 서두에서 언급했듯이 국내 최초로 국가어항을 중앙정부와 지방자치단체, 민간자본이 공동으로 참여하는 사업으로, 준공 후 설악지역 관광권을 명실공히 국내 최대 관광지로 발전시키고, 지역경제에 크게 이바지할 것으로 기대되며, 국내에 낙후된 국가어항 개발사업의 롤 모델로서 역할을 할 것으로 생각된다. 또한, 항내오염을 방지하기 위한 해수교환시설, 광장 및 친수구간 등의 경관조경, 월파방지를 위한 반파공 등의 특화사항과 국내어항에서는 볼 수없는 방파제 상부 마감 조경 등 우수한 품질시공으로 발주처의 품질점검, 유관기관들의 현장방문 시 찬사를 아끼지 않았으며, 이로 인해 당사의 위상을 높일 수 있었다.

사업 추진 중 빈번한 이상파랑과 태풍 등의 열악한 자연조건 속에서도 직원들의 철저한 공정관리와 헌신으로 당초공기보다 1개월여 앞당겨 우수한 품질로 조기 준공하였으며, 이는 항만, 어항 분야의 쌍용의 기술력을 다시 한 번 높일 수 있는 계기가 되었다고 생각한다.

[그림 24] 동방파제 전경