

# 신항만 VE 추진사례

김종훈 · 정의균 · 이도형 · 한미건설기술(주)

## 1. 서론

본 프로젝트는 대단위 공사로 장기간 진행되며 규모 또한 방대하다. 그리고 토목공사의 특성 상 공법 하나 하나가 공사 전체에 미치는 영향이 대단히 크며 이것에 대한 가장 경제적이고 가치가 가장 높은 것을 선정한다는 것은 50년 이상 사용하는 기간에 비추어 보면 실로 그 효과는 대단히 크다. VE(가치공학: Value Engineering)이란 비용절감 측면에서 경제적인 설계 및 시공을 지원하는 데에 사용되는 정평 있는 기법으로 본 부산 신항만 터미널 1단계 공사 중 주요 토목 설계 공정 들에 대하여 VE를 적용 하였다. 본란에서는 이 프로젝트에서 적용한 VE내용과 VE절차를 소개함으로써 국내 VE발전에 이바지 하고자 한다.

## 2. 공사 개요



가. 사업시행자 : 부산 신항만(주)

나. 사업시행 방법

- ① 사업 추진 방식 : BTO 방식(Build-Transfer-Operate)
- ② 1단계 사업(3.2Km)의 단계적 시행
  - ㄱ. 1-1 차 : 2.0Km
  - ㄴ. 1-2 차 : 1.2Km

다. 시설 규모

구 분	1단계 사업		
	1-1차	1-2차	계
안벽길이	2.0km	1.2km	3.2km
선석수 (5만DWT)	6선석	3선석	9선석
정박수심	(-)16M	(-)16M	(-)16M
조성부지	42만평	22만평	64만평
안벽 크레인	15대	10대	20대(20열)

라. 총 사업비 :

구 분	비율	단위:억원	
		1-1차(2.0km)	1단계(3.2km)시
자기자본	20%	2,928	4,617
금융외차입	80%	11,711	18,469
총 계	100%	14,639	23,086

마. 건설기간 :

① 1단계 사업(예정) : 2000년 6월 ~ 2007년 12월

② 1-1차 사업 시행 시(예정) : 2000년 6월 ~ 2006년 6월

바. 사용 및 유지 보수 : 2008년 1월 ~ 2056년 6월

사. 프로젝트 범위 : 컨테이너 터미널

## 3. 한미건설기술(주)와 PARSONS사의 역할

한미건설기술(주)와 PARSONS사는 부산 신항만과 1997년 10월부터 1999년 4월 까지 설계검토 및 건설사업관리 용역을 맡아 건설기획 및 설계관리, 기술자문 및 기술 지원, 공정관리 VE추진 등의 업무를 추진하였고, 이 기간동안 CM팀과 한미는 부산 신항만 주식회사의 조직에 합류하여 건설사업관리 조연자의 역할을 수행 하였다. CM팀과 한미는 건설사업관리와 항만 운영에 있어 국내의 전문업체를 선정하는 데에 PARSONS사 본사의 강력한 지원을 받았으며 특히 CM팀 업무에 유연성을 부여하여 예기치 않았던 경제 위기에 적응하고 설계 및 건설착공 일정을 부산 신항만이 조정하는 데에 많은 기여를 하였다. CM팀의 역할은 부산 신항만의 직원과 용역단에 의해

수행되는 다양한 계획과 설계업무를 진행하는 데에 매일 설계과정에 참여하여 사안을 결정하고 분석하고 조언하였다. 이러한 과정은 시공자의 이익보다 부산신항만의 공사비 절감, 공기 준수, 품질확보의 목표를 달성하는 데에 주력하였고 그 중 VE에 대한 상세 내용은 다음과 같다.

#### 4. VE 추진

##### (1) VE목적 및 달성 목표

먼저 부산 신항만 터미널의 1단계 개발 공사 과정에 VE 활동을 실행하기 위하여 방향을 설정하고 실행 방안을 수립하였다.

VE연구 목표는 시공, 운영이 가능한 신뢰할만한 시설을 완성하는 데 있어서 기능상의 요건들을 저해함이 없이 건설비와 운영비를 절감할 수 있는 방법을 찾는 것으로 하였다.

또한 사업 자본의 참여자나 투자자들에게 사업의 확실성을 제공하고 매출 발생에 전혀 영향이 없는 사업의 기능을 유지 하면서 사업의 전체 기간에 소요되는 비용의 최소화를 기할 수 있는 설계 및 공법을 찾는 데에 두었다.

이러한 과정에 VE를 통하여 기존의 프로젝트 개념과 설계안을 프로젝트의 기능상의 요건들에 대비하여 평가해 보고 가장 적합한 안을 선정할 수 있도록 하였다. 그리고 필요한 프로젝트의 기능들을 보다 절감된 비용으로 달성함으로써 프로젝트의 가치를 높일 수 있는 대안들도 개발할 수 있도록 진행하였다.

또한 필수적인 주요 기능들은 온전하게 유지시키는 가운데 불필요한 부차적인 기능들을 달성하기 위해 도입된 설계 요소들을 제거하거나 수정할 수 있는 것도 고려 대상으로 삼았다. 여기서 주의 했던 사항은 도면과 시방서의 설계 기준에 부합되는지에 관한 여부를 평가하는 설계 검토와는 다르다는 것을 각 참여 팀원들에게 인식시키는 것이었다.

##### (2) VE 진행 과정

본 VE 활동은 1998년 10월 26일부터 10월 30일까지 5일간 Parsons사의 본사가 있는 미국 PASADENA에서 약 40시간의 VE 활동을 하였다.

VE연구 범위는 토질 개선을 포함한 부두, 컨테이너 야드에 매립을 포함한 토질 개선, 항만과 관련된 지역의 매립을 포함한 토질 개선, 컨테이너 야드에 포장공사를 VE 대상으로 삼았다.

본 VE연구 초점은 항만의 유지관리, 기능향상 및 품질향상을 위해 필요한 원가를 줄이기 위한 대안을 제시하는 것이다.

전체 진행 과정은 정보수집 단계, 창조단계, 평가단계, 개선안 구체화 단계 및 제안 단계의 순으로 시행했다.

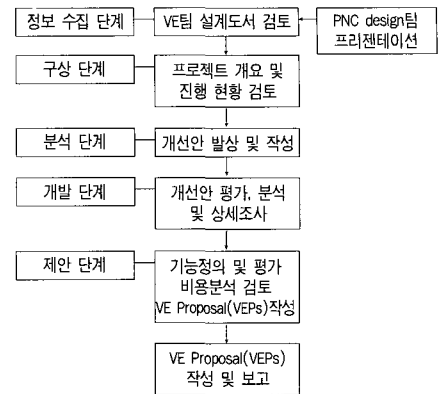
본 프로젝트에서 VE추진팀은 공인 VE전문가, 팀장, 국내 공인 VE 전문가, 항만 행정 전문가, 구조 및 토목 전문가, 항만 분야 구조 전문가, 콘크리트 & 철골, 토질 전문가, 항만 & 수로 매립 전문가, 시공법 전문가, 국내 업체 견적 전문가가 참가하였다.

본 공사의 토목 공사의 주요 초점은 안벽, 제방, 해안, 매립 지역이며 VE활동을 통해 추가로 목표했던 것은 주요 토목 공사 원가 절감, PNC 원가 절감 효과를 확인하는 것도 포함시켰다. 주요 원가 절감안으로는 기본 단면, SOIL 개선 방법, 시공 재료, 시공방법 및 순서, 시공 공정 등을 검토하여 원가절감안을 찾아 내는 것이다.

VE팀 제약 조건은 첫째 기술적 제약 조건으로 정박소, 해안, 컨테이너 야드, 항만과 관련한 지역이며 정치적 제약 조건으로는 정부와 PNC와의 관계, 정부와 배분문제를 협의해야 하며 현재 지주와 사용자 보상 문제를 협의해야 한다. 둘째 환경적 요소로는 시공 중 탁도계 필히 사용하고 수로는 터미널 사이트에 미리 준비시켰다.

##### (3) 추진 단계

VE연구 영역으로는 안벽/부두, 영구호안, 준설, 매립공사, 포장 등이며 다음과 같은 VE추진 단계를 거쳤다.



##### (4) VE 프로젝트 일정

본 프로젝트 VE study 일정은 다음과 같다.

준비기간은 5일로 산정했고, VE팀에 의한 설계 도서검토는 1일을 산정했다. 설계 도서 검토 기간의 1일은 짧은 기간이지만 VE Work Shop 기간 중에 다시 상세히 검토하기 때문에 개략적으로 공사 전체를 이해하는 과정으로 1일 정도면 충분하다고 판단하였다.

그리고 VE각 단계별인 정보입수단계, 구상단계, 분석단계, 개발단계, 제안단계는 각각 1일로 산정했고 VE보고서 작성은 3일로 산정하였다. 최종적으로 발주자인 신항만 주식회사 측에서 검토하고 결정해야 하는 데에는 일반적으로 시간이 필요하므로 12일간으로 산정하였다. 이후 VE검토팀이 발주자의 의견을 다시 기술, 원가, 사회적 측면 등을 고려해야 하므로 발주자의 의견을 재 검토하는 기간을 3일간으로 산정하였다.

##### (5) 단계별 VE 추진 내용

###### ① 정보수집 단계

이 단계에서 PNC가 VE팀 참가자에게 공사전체 개요에 대해 프리젠테이션 실시하였다. 이때 PNC는 설계 기본 개념, 범위, 방법, 대안, 선정된 설계 및 최종 결정된 설계 등의 내용을 전달한다. 이때 설계요건, 도면, 엔지니어링 연구 보고서, 원가 견적 자료 PNC는 준비하였다.

###### ② 구상 단계

이단계에서는 기본 기능과 보조기능을

Pusan Newport Project

VE Study 일정표

ACTIVITY	Oct. 19-25 (Mon-Sun)					Oct. 26-31 (Mon-Sun)					Nov. 2-8 (Mon-Sun)					Nov. 9-15 (Mon-Sun)					Nov. 16-20 (Mon-Fri)			
	T	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	T	T	F	S	S	T	T	F	S	S	T	T	F
설계도서 준비 및 분배	■	■	■	■																				
설계도서 검토 by VE Team					■																			
Workshop Tasks*																								
정보입수 단계						■																		
구상단계							■																	
분석단계								■																
개발단계									■															
제안단계										■														
VE Report 작성											Draft Report	■	■	■	■	■						Final Report	■	■
PNC검토												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
PNC의견 분석 및 수용																						■	■	■

\* Shading highlights Workshop tasks.

Figure 2-VE 일정표

CM Team-VE Plan

10/09/98

8

구상단계의 질문 내용

기 법	질 문 방 식
삭제-결합 Project Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전부 또는 부분적으로 삭제할 수 있을까?</li> <li>• 2개 또는 그 이상의 부분들을 결합할 수 있을까?</li> <li>• 접근방식/설계 수량을 줄일 수 있을까?</li> </ul>
표준화-단순화 Project Design	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표준 설계/파트를 수정해도 지장이 없을까?</li> <li>• 레이아웃이나 접합부분을 단순화시킬 수 있을까?</li> <li>• 설계 상세나 시방이 과다하지 않은가?</li> <li>• 필요이상으로 과다한 파트는 없는가?</li> </ul>
문제제기-파악 Costly Design	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가치 이상으로 비용이 더 많이 소요되지 않는가?</li> <li>• Special feature들은 타당한가?</li> <li>• 허용오차를 완화할 수 있는가?</li> <li>• 도면과 시방서는 코디네이션이 되어 있는가?</li> </ul>
유지보수 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 액세스와 유지에 문제는 없는가?</li> <li>• 얼마나 자주 유지 보수/사용하여야 하는가?</li> <li>• 인건비와 자본 비용의 비율은 적당한가?</li> <li>• 사용자들이 보다 나은 방안을 도입하였는가?</li> </ul>
기능적인 요건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 요건들이 과도하지는 않은가?</li> </ul>

달성하기 위한 다양한 방법의 접근 방식을 구상한다. 이러한 구상 활동은 정보수집 단계동안 프로젝트의 개념정의와 이해를 시키고 난 후 시행 하였다. 본 단계에서는

PIER DECK BEAM & SLAB구조에서 FLAT PLATE 콘크리트 DECK을 사용하는 것으로 하였다. 구상 단계에 필요한 질문인 삭제 - 결합, 표준화 - 단순화 - 문제제기 - 파악, 손쉬운 유지보수 운영 방법들을 사용하였다.

상세 질문내용은 아래표를 사용하였다.

③ 분석 단계

이 단계에서는 도면 및 시방분석, 평가 및 개선단계를 거친다.

기술적 가능성, 시공성, 원가절감 가능성, 기타 제약 요건 등을 고려하여 대안에 대해 상세하게 분석하였다. 상세 질문내용은 아래표를 사용하였다.

분석단계의 활동들

절 차	활 동 내 용
분 석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각각의 대안을 기본 기능에 대비하여 평가하여 (예/아니오), 프로젝트 기본 요건들을 충족시키지 못하는 아이디어들을 추려낸다.</li> <li>• 선정된 아이디어들을 타당성 있는 대안으로 결합시킨다.</li> <li>• 각각의 대안에 대하여 예상 자본 비용 및 운영비를 산출한다.</li> </ul>
평 가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타당성이 없는 대안들을 배제시킨다.</li> <li>• 각각의 대안의 장단점을 검토한다.</li> <li>• 장점과 원가 절감 규모에 따라 대안들에 대한 순위를 매긴다.</li> <li>• 장점이 가장 적거나 원가 절감 효과가 가장 미미한 대안들을 배제시킨다.</li> </ul>
개 선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 남은 대안들을 개선하여 개발 단계로 발전시킨다.</li> </ul>

④ 개발 단계

이 단계에서 VE 제안서들을 작성하였으며 개발단계에서 만들어지는 각각의 VEP는 다음과 같은 정보가 있다.

- (ㄱ) VEP 개요, 변경하고자 하는 기존 접근 방식, 설계, 시방서의 개요
- (ㄴ) 제안된 수정 접근 방식, 설계, 시방서의 개요, 자본 비용 및 운영비를 포함한 생애비용 비교
- (ㄷ) 기존안과 제안된 수정안의 스케치
- (ㄹ) 예상되는 원가 절감액의 실현성 분석
- (ㄹ) 기타 관련 정보

개발단계의 과제 및 실행요소

과제	실행요소
기능적 요건부합	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자의 요구조건이 충족되었는지 검증한다.</li> <li>• 대안들이 기능적 요건을 충족시키고 있는지 검증한다.</li> </ul>
기술적 측면의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대안들을 증빙할 수 있는 스케치와 기술 자료들을 작성한다.</li> <li>• 기준도면, 시방서, 공정표에 필요한 수정 사항을 파악한다.</li> </ul>
원가 견적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각각의 대안에 대하여 자본 비용과 운영비를 포함한 생애비용(LCC) 견적을 낸다.</li> <li>• 설계변경에 필요한 비용을 반영한다.</li> <li>• Monte Carlo 또는 유사한 기법을 활용하여 현실적인 원가 산정을 통하여 실현 가능한 원가 절감 액수를 파악한다.</li> </ul>
대안별 우선순위 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실행이 가장 용이한 것을 우선 순위로 VE제안들의 순위를 매긴다.</li> </ul>

⑤ 제안 내용

제안단계에서는 전체 13개 항목을 제안 요약하면 아래와 같다. 환율은 달러당 하였으며 총 절감 금액은 3,468억원(약 3 1,150원으로 계상하였다.

구조(교각) 대안제시

번호	내역	산출 절감액
PS-6	교각 상판구조를 보와 거더 슬라브 대신 단순 콘크리트 상판으로 변경	\$21.9 million
PS-13	PS-6항과 추가로 수직파일 및 중력식 옹벽대신 사형, 부벽식 옹벽 그리고 전단 키(KEY)식으로 추가 변경	\$20.0 million
PS-28	PS-13과 모래 채움에 설치되는 설비를 갖는 상판 상단에 모래 층을 추가	\$11.1 million
PS-21	파일의 상부 5미터 부분을 테이프로 코팅하는 대신(진흙 층에서 상판까지) 부식방지를 위하여 공장제품 폴리에틸렌 수지 층 시공으로 변경	(\$5.6 million)
소 계		\$47.4 million

( ) : 추가 비용 및 증가 가치

컨테이너 야드 준설 대안제시

번호	내역	산출 절감액
CC-3	모래제방대신 모래채움을 한 지오텍스타일 관을 임시 제방에 사용	\$32.0 million
CC-5	PILE로 지시되는 교각부의 절토 대신 사석제방을 축조	\$19.6 million
CC-15	항만 연관지역대신 사석기초 준설토의 현장 밖으로의 사토	\$68.8 million
CC-16	하중제하를 위하여 모래대신 물로 폰드를 만들고 물로 채운 아쿠아관과 라이너사용	\$13.2 million
CC-39	모든 제방 아래에 지오텍스타일 사용 1) 안전성 증가 2) 진흙 유입의 감소 3) 빠른 제방 축조	(\$1.0 million)
소 계		\$132.6 million

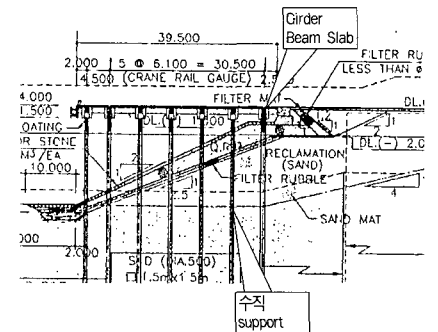
( ) : 추가 비용 및 증가 가치

컨테이너 야드 준설 대안제시

번호	내역	산출 절감액
CP-4	항만연관부지 내부의 2개 제방을 없애고 사토장으로 한 개의 지역이 되도록 고려	\$18.5 million
CP-9	동쪽 끝에서 시작하여 북쪽과 남쪽을 연결하는 항만과 컨테이너 지역을 동시에 건설, 그러므로 포켓트III의 1차적 완료 없이 단일공사로서 일시 제방과 컨테이너 야드의 건설제외	\$37.4 million
CP-14	건설순서를 동쪽에서 서쪽으로 하고 준설사토는 동쪽 포켓트III로 변경할 경우	\$65.7 million
소 계		\$121.6 million

상기 내용 중 PS-13의 내용에 대한 그림은 아래와 같다.

개선 전 구조는 아래의 도면과 같이 잔교의 상부 구조는 피어 뒤에 수직 파일과 중력식벽의 bending에 저항하는 수직 support와 수평 안정을 위한 Girder - Beam Slab 시스템으로 구성되어 있다.



개선전 시공물량은 다음과 같다.

CONCRETE QUANTITIES : ORIGINAL CONCEPT

구분	두께	폭	길이	개수	M3
DECK SLAB	0.40	39.50	1.00	1	15.80
TRANSVERSE BEAMS	1.40	1.00	6.10	5	42.70
LONGIRUDEINAL BEAMS	1.10	1.00	6.00	5	33.00
FRONT CRANE GIRDEERS	2.10	1.60	6.00	1	20.16
BACK CRANE GIRDEERS	0.90	1.60	6.00	1	8.64
PILE CAPS	1.60	1.60	1.10	7	19.71
ONE BENT TOTAL					140.01

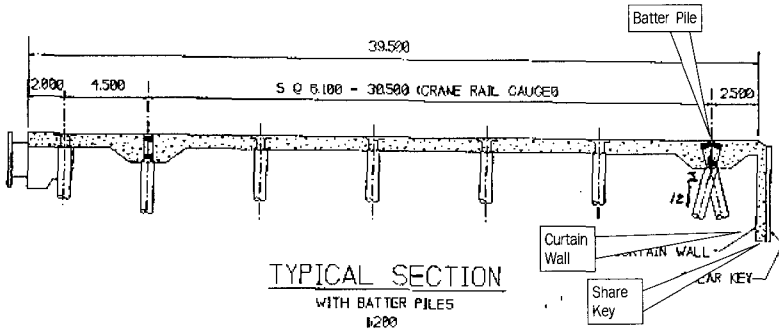
23.31 M<sup>3</sup> PER M OF PIER

PILEING-FOR ONE BENT	NO.	길이	M	MATL \$	DRVN \$	TOTAL \$
DIA 700X12	4	63	252.00	97.4	88	\$46,721
DIA 700X14	2	63	126.00	113.1	88	\$25,339
DIA 900X16	1	63	63.00	166.7	162	\$20,708

\$ 92,768 PER BENT

본 내용 중 중력벽의 물량은 포함되어 있지 않다.

개선 안은 잔교의 옆 방향에 대해서는 수평 support를 위해서 Batter 파일을 사용하였고 중력식벽을 대체하기 위해서는 피어 뒤에 Curtain Wall 보완하여 원가를 절감 하였다. 또한 세로 방향에서 수평 지지



를 위해 피어 뒤에 있는 Curtain Wall 안에 Shear Key를 보완하여 구조적으로 안정을 기하고 원가도 절감하는 것이다.

개선안 관련 물량은 다음과 같다  
콘크리트 물량 :

구 분	두께	폭	면적M <sup>2</sup>
Flat Plate	0.3	39.50	11.85
Extra FRONT crane Girder	0.30	2.00	0.60
Under Back crane Girder	0.30	2.00	0.60
Four degree fillats	0.30	0.30	0.18 13.23

COST/M=\$676.50 \$8,950.10 PER M OF DECK

구 분	두께	폭	면적M <sup>2</sup>
Flat Plate	0.30	5.00	1.50
Shear Key: @6m c/c	폭 0.30	0.30	5.00
Volume	0.45	Per bent	Sun:= 0.075 1.58M <sup>3</sup> /M

\$/M<sup>3</sup>=1,017.30 \$ 1,602 PER M OF CURTAIN WALL

TOTAL PER M:\$10,552.34 PER M OF PIER

Batter Piles	수직	수평	길이
추가 길이	12	3	12.3693169

Equivalent % increase : 3.08% for rear crane rail

9 rows of piles 0.006839 0.0068392 of total piling for deck slab

TOTAL PILING COST FOR ORIGINAL:\$ 92,768 \$ 634.53 PER BENT INCREASE

나. 개선 금액 :

### 5. 결론

현재 정부에서는 2000년 7월 총 공사비 500억원 이상 시설공사로서 1중시설물이 포함된 건설사업과 신공법·특수공법으로 시공되는 사업 등에 대해 설계의 경제성 등을 검토하도록 의무화 하였다.

이것은 그 동안 국내의 설계 단계에서부터 시간부족, 금액부족, 기술력 부족 등 다양한 사유와 잘못된 관행, 새로운 것에 대한 거부감 등에 의해 개선이 어려웠던 부분에 대해 적극적으로 개선해 나가는데 크게 기여할 것으로 생각된다.

이러한 각도에서 볼 때 본 부산 신항만 VE 활동은 국내외 VE 및 항만 전문가들이 참여한 VE활동으로 원가절감 뿐만 아니라 시공성을 동시에 검토하여 개선안을 제시하였다. 다만 여러 가지 여건 변화에 의해 본 개선안 중 일부는 실제 적용하지 못하고 개선안 제안에 그친 점은 아쉬움으로 남았다. 그러나 기 확정된 설계에 대한 검증도 함께할 수 있었으며 앞으로도 이러한 VE활동을 적극적으로 추진해 나갈 때 기술의 발전과 건설산업의 효율화 및 원가절감에 크게 기여할 것으로 믿어 의심치 않는다.

금액 단위:1,000USD

항 목	단 가	개선 전		개선 후	
		수량	계	수량	계
Plate+crane Girders	\$676.50			13.23	\$8,950
Curtain Wall	\$1017.30			1.58	\$1,602
Total Per L.M.					\$10,553
Piling Per Bent : \$93,403					
Piling Per L.M. of Deck					\$15,567
Deck Slab		15.80			
Transverse Beams		42.70			
Longitudinal Beams		33.00			
Front crane Girders		20.16			
Back crane Girders		8.64			
Pile Caps		19.71			
Total Per Bent		140.01			
Average Per L.M.	\$676.50	23.34	\$15,790		
Gravity Wall			\$1,126		
Piling Cost per L.M.			\$15,61		
Totals			\$32,377		\$26,120
Totals			\$103,606		\$83,584
Net Savings					\$20,022