

유로폼 전용 안전 작업 발판



1 일반사항

1-1 공사 개요

- ① 공사명 : 순화동 오피스텔 신축 현장
- ② 공사위치 : 서울시 중구 순화동 1-94번지
- ③ 공사기간 : 2002. 08. 01 ~ 2005. 07. 31 (36개월)
- ④ 발주자 : 동성개발 주식회사
- ⑤ 용도 : 근린생활시설, 업무시설
- ⑥ 구조 : 철근콘크리트조 (RC조)
- ⑦ 규모 : 지하5층, 지상23층 (지상 89.6M, 지하 22.9M)
- ⑧ 세대수 : 7개TYPE, 18~57평형, 339세대

1-2 배경 및 목적

1) 배경

- 당 현장 뿐 아니라 철근 콘크리트 구조로 시공하는 일반

건축이나 주택 현장의 80%이상이 유로폼을 이용하므로, 유로폼 전용 안전작업 발판의 개발은 활용도가 매우 높을 것으로 기대 된다.

- 유로폼을 이용하는 구조물의 대부분이 유로폼을 3단정도 높이로 시공을 한다. 그러나 대부분의 현장이 작업 공간의 협소함과 이동성의 문제로 B/T비계를 설치 하지 않거나, “빨리 빨리”란 생각과 불편함으로 인하여 따로 작업 발판을 설치 하지 않고 유로폼과 각목 또는 각파이프를 이용하여 발판을 임시 방편적으로 만들고 그 위에서 작업을 하므로써 사고가 많이 발생한다. 그러므로, 사고 예방을 위해서는 유로폼 전용 안전작업 발판의 개발이 필요하게 되었다.
- 전체 재해의 50%이상이 추락/전도의 재해이고 2M 전후의 높이에서 방심 및 기타 불안정한 상태 및 행동에서 비롯된 재해가 많이 발생하고 있는 실정이다. 유로폼 설치

작업시 발생 할 수 있는 실족으로 인한 추락 재해 및 작업 발판 불량으로 인한 전도재해 역시 무시 할 수 없는 재해의 큰 원인임을 누구도 부인 할 수 없는 사실이다. 그리하여 보다 안전하고 설치 해체가 용이한 유로폼 전용 안전작업발판을 근로자 스스로가 손쉽게 설치 하여 안전하게 작업 할 수 있는 방안을 강구 하게 되었다.

2) 목적

- 유로폼 설치 작업시 발생 할 수 있는 불안정한 상태로 인한 추락 및 전도 재해를 안정된 발판 사용으로 단 한건의 사고도 발생하지 않도록 하고, 나아가 당사 및 타회사 전 현장에 보급 하여 사고 예방에 기여 하기 위함이다.
- 설치 해체 시간의 단축 및 설치 인원의 최소화로 생산성 향상에 기여하기 위함이다.

2 세부사항

2.1 기존 방식

- 기존의 시공 방법은 <사진1>에서 보는 바와 같이 유로폼을 연결하여 그 위에 각목이나 각파이프를 3~4개 올려 그 위에 근로자가 올라가서 작업을 하는 방식을 주로 하고 있다. 물론 유로폼 대신의 B/T비계를 체결하여 사용하면 안정성에서 별 문제가 되질 않겠으나 B/T비계의

■ 사진 1. 기존 방식



부피가 크고 중량과 설치·해체의 어려움등 여러가지 이 유로 잘 사용되지 않고 있다.

- 그리하여 근로자들은 설치·해체가 용이한 유로폼을 이용하여 안전 발판이 없는 불안정한 상태와 행동으로 작업을 시행하고 있다.

2-2 개선 방식

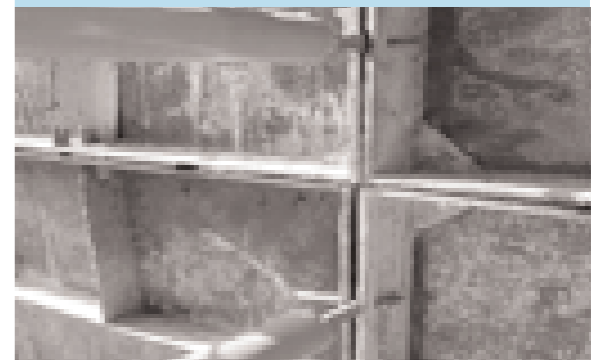
1) 일체형 지지대로 인한 근로자의 안전성 확보

- 발판 지지대의 결합 부위를 용접 처리 하여 관절 연결을 배제 하였으며, 유로폼과의 연결을 기존폼에 유로폼 연결용 전용 철물을 사용하여 바로 설치 할 수 있도록 <사진3> 하여 보다 안전한 구조를 갖는다. 즉 유로폼 규격에 맞게 제작이 되므로 별도의 연결 공구 및 자재가 필요 하지 않는 것이다.

■ 사진 2. 개선 방식



■ 사진 3. 개선 방식



- 지지대와 바닥을 볼트식으로 하여 바닥과의 이격거리가 발생하지 않도록(사진 4)하여 유로폼에 전달되는 하중을 최소화 하여 작업시 작업중간에 의한 유로폼 전도를 방호할 수 있게 하였다. 또한 작업 지지대 상부에 안전 난간대를 설치 하여 근로자의 방심 및 기타 이유로 인한 추락을 방지할 수 있도록 하였다.

■ 사진 4. 개선 방식



■ 사진 5. 개선 방식



2) 작업 지지대와 발판과의 연결 부위 개선

- 작업 지지대와 발판과의 연결을 원형 파이프를 사용하여(사진 5) 지지대와 결속하므로 별도의 철선등으로 고정할 필요가 없고 보다 안정적이고 손쉽게 설치가 가능하고 한쪽이 완전히 고정 되므로 반대편은 별도의 고정이 필요 없음은 물론이고, 작업 여건에 맞게 지지대를

조정하여 작업 반경을 유동적으로 조절 할 수 있는 장점이 있다.

- 전용 발판을 사용하므로 유로 폼이 설치 되어 있는 곳이면 어디에나 규격에 구매 받지 않고 사용 할 수 있다.

3) 손쉬운 설치·해체

- 안전 작업 발판을 설치·해체 시 별도의 공구가 필요하지 않고 하중 또한 많이 나가지 않아 설치·해체 하는데 있어서 간편해 졌고, 발판 지지대 양쪽으로 연결부위 3곳이 승 하강용 사다리 역할을 할 수 있어, 기존 유로폼을 밟고 올라가거나 별도 사다리를 이용하는 불편을 없애고 작업자의 안전성을 확보 할 수 있도록 하였다.

3 적용효과

3-1 사고예방 및 생산성 향상 효과

- 거푸집 설치 시 발생 할 수 있는 각종 추락 및 전도 사고의 예방 효과 뿐만 아니라 근로자 의식 개혁과 관리적 측면 또한 개선효과가 있다.

- 사고로 인하여 발생 할 수 있는 각종 직접비 및 간접비의 발생을 없애고, 나아가 회사 전체적으로 확산이 되었을 때 PQ신인도에도 감점의 요인을 어느정도 줄일 수 있는 효과가 있다.

- 작업 발판을 설치 하는데 B/T비거나 기존 시설물을 설치 하는데 비해 시간이 단축이 되고, 근로자 혼자 설치 및 해체를 할 수 있어 생산성 향상에 기여한다.

- 부피가 크지 않고 무게가 많이 나가지 않기 때문에 협소한 공간에서도 효율적으로 설치 및 이동이 용이하다.

- 실질적으로 본 안전 작업 발판을 사용하던 근로자 들이 안정성을 인지하고, 본 작업 발판이 없으면, 기존의 방법대로 하지 않고 추가 구매를 요구할 정도의 사용 가치가 인정이 되었다.

3-2 보급 효과

- 위 작업 발판을 쌍용건설 전현장 및 타 건설사에도 보급을 시켜 쌍용건설의 대외적 이미지 제고와 더불어, 우리나라 건설안전, 즉 재해예방 분야에 기여 할 수 있을 것으로 기대 된다.

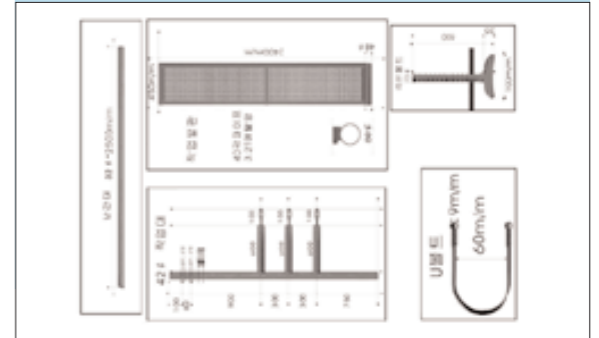
4 결론

- 안전 작업 발판을 사용 함으로써, 근로자들의 각종 사고 예방과 생산성 향상 효과를 기대 할 수 있으므로, 전 현장에 보급하여 재해의 감소로 인한 회사 이미지 및 PQ등의 각종 대외적 효과도 누릴 수 있을 것이다.

- 나아가 쌍용건설 뿐아니라 국내 타 건설사에도 보급을 하여 국가 적으로 재해율을 낮추어 선진 안전문화 형성에 일조 할 것으로 확신한다.

- 회사 차원에서는 재해감소로 인한 각종 직·간접의 효과가 있어 유로폼을 이용하는 전 현장에 전파하여 사용한다면 사고 예방에 많은 효과를 기대 할 수 있을 것이다.

■ 첨부1. 유로폼 안전작업 발판 상세도



■ 첨부2. 비교사진 (기존방식)



■ 비교사진 (개선방식)



기류유인팬을 이용한 실내공기 순환시스템 개선



1 일반사항

1-1 배경 및 목적

일반적으로 경기장 등 층고가 높은 건물에서는 일반 사무소 건물과 달리 겨울철 난방을 하여도 따뜻한 공기가 상승하여 상층부에 정체되어 객석부분인 바닥의 난방효율이 떨어지며, 여름철 냉방시에는 태양열로 가열된 천정부 공기의 복사열로 인해 바닥의 체감온도가 상승하여 냉방효율이 감소되며, 위치에 따라 온도의 불균형 및 정체영역이 발생한다. 특히 올림픽 제2체육관은 준공 후 20여년이 경과된 공조시설이 매우 노후된 시설물로서 냉방방 효율이 지극히 불량한 상태였다. 이러한 문제점을 해결하고 대공간 열환경을 양호하게 유지하기 위해 기존의 냉난방 설비와는 별도로 실내공기 순환시스템의 적용이 필요하였다.

현재 주로 사용되고 있는 실내공기 순환시스템은 스파이럴

덕트와 고속노즐을 이용한 하향식 순환시스템이 주로 이용되고 있으나 설치비, 에너지 절감효과, 천정 미관, 과하중 등의 문제로 당 현장에 적용하기에는 무리가 있어 올림픽 제2체육관에서는 미국, 일본 등에서 적용하여 그 효능이 검증된 기류유인팬을 이용한 실내공기 순환시스템을 채택하였으며, 그 공법에 대한 소개를 하고자 한다.

1-2 공사 개요

- 1) 공 사 명 : 올림픽 제2체육관 보수공사
- 2) 공사기간 : 2003년 12월 30일 ~ 2005년 3월 9일
- 3) 발 주 자 : 서울올림픽기념 국민체육진흥공단
- 4) 공사금액 : 121억원(VAT포함)
- 5) 건물규모 : 지하1층 지상 3층
- 6) 건물구조 : 철근콘크리트조 + 케이블 서스펜션 페브리크 돔구조

- 7) 연 면 적 : 30,548.6 m²
- 8) 최대높이 : 21.58 m
- 9) 지붕면적 : 8,055 m²(직경 101.3 m)

1-3 건물 전경

■ 사진 1. 올림픽 제2체육관 내·외부전경



2 실내공기 순환시스템 공법

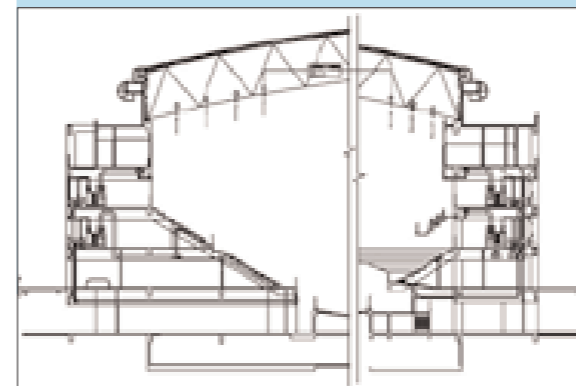
2-1 고속노즐 분사방식

1) 공법 개요

고용량 터보팬과 스파이럴 덕트를 지붕 천정에 설치하여 노즐을 통해 고속으로 바람을 하향 분사하는 방식

2) 현장 적용시 문제점

■ 사진 2. 개선 방식



■ 표 1. 고속노즐분사방식 특징

노즐 구경	풍량 (CMH)	노즐 풍속	설치 중고	도달 거리
90mm	600	27m/s	32m	31m
60mm	280	28m/s	25m	23m
50mm	200	29m/s	19m	17m
40mm	120	26m/s	15m	13m

- ① 제품 중량 과다 : 팬 본체 중량(780kg)이 매우 크므로 케이블 막구조로 되어있는 지붕구조 시스템에 과도한 하중으로 작용하여 구조물 재해석, 케이블 장력 증가 등의 추가 작업이 필요함.
- ② 동력 운전비 과다 : 총사용 동력이 높아 운전비용 과대 발생
- ③ 소음 발생 : 고용량 터보팬의 운전과 고속노즐에서 발생하는 소음이 실내 전체에 영향을 주어 관중석 측정 소음이 65 ~ 70dB(A)정도 발생할 것으로 추정됨.
- ④ 유지관리의 어려움 : 스파이럴 덕트 및 노즐을 캐트워크 이외의 지역에 설치하여야 하므로 점검 및 보수 유지와 노즐의 분사각도, 풍량 조절 등이 어려움.
- ⑤ 시공비 증대 : 천정에 많은 양의 스파이럴 덕트를 설치하여야 하므로 비계설치 비용이 추가되며 설치 기간이 길다.
- ⑥ 천장부 미관 저해 : 많은 양의 스파이럴 덕트(직경 150 ~ 450mm)와 노즐이 천정부에 설치되어 중압감을 유발시키며 미관을 해칠 우려가 있음.

2-2 기류유인팬 방식

1) 공법 개요

천정 또는 벽체에 기류유인팬을 설치하여 내부공기를 선회 또는 교반시켜 냉방시 체감온도 저감 및 난방시 온열감을 증대시키는 방식으로서 이 방식을 경기장 등의 대공간에 적용하면 다음과 같은 장점이 있다.





- ① 상하의 온도편차를 감소시켜 에너지 절약을 할수 있다.
- ② 공간내 감성지수를 향상시켜 재실자의 온열감과 쾌적감을 극대화 할수 있다.
- ③ 사용목적에 적합한 기류패턴 도입으로 대공간의 다목적 활용이 가능하다.

2) 기류유인팬의 종류

멀티트랙형	멀티원형	중용량형
		
풍량: 6,000CMH 최대도달거리: 50m 소음: 62dB(A)	풍량: 6,000CMH 최대도달거리: 60m 소음: 62dB(A)	풍량: 5,000CMH 최대도달거리: 70m 소음: 63dB(A)
대용량형	가변지향형	
		
풍량: 15,000CMH 최대도달거리: 90m 소음: 67dB(A)	풍량: 1,000~5,000CMH 최대도달거리: 50m 소음: 58dB(A) 특징: 상하좌우 가변지향형	

3) 기류패턴 조성 방법

돛형 경기장에서 기류패턴은 크게 선회류(Circle Flow), 교반류(Turn-over Flow), 유도류(Induced Flow) 및 혼합류(Mixing Flow)로 구분할 수 있다.

선회류	교반류
	
상부의 온도 성층화를 제거할 목적으로 1개의 대형 수평기류 형성	온도 성층화 제거 및 쾌적성 향상을 위한 다수의 순환기류 형성
유도류	혼합류
	
선회류 및 교반류의 장점을 살려서 방향지향 회전기류 형성	직하 형태의 개별 혼합형 유도기류 형성

3 기류유인팬의 현장 적용

3-1 시스템 개요 및 사용목적

1) 시스템 개요

기류유인팬은 냉난방 효율 향상을 위한 보조 시스템으로서의 목적을 우선하며 배기유도 등의 부가 기능을 동시에 수행하는 시스템으로 구성되어, 실내공기를 선회(Swirl) 또는 전도(Turnover)시키는 용도로 사용된다.

2) 사용 목적

- 겨울철 층고가 높은 건물에서는 난방을 하여도 따뜻한 공기가 상승하여 상층부에 정체되므로 실제 거주영역인 바닥의 난방이 원활하지 못하고 많은 에너지가 낭비된다. 천장부에 설치된 제트팬의 강력한 기류유도 효과를 이용하여 상층부에 정체된 높은 온도의 공기를 순환(선회 또는 전도)시켜 상하공간의 온도편차를 최소화하여 환기 효율을 극대화시키는 시스템으로서 난방가동 시간을 줄이고 에너지를 절약하는 난방보조 환기설비로 사용된다.
- 춘추계시(난방 간헐 운전기간) 상승된 더운공기와 태양의 복사열로 인하여 가열된 상층부의 공기를 거주영역(바닥)으로 순환시켜 난방 가동을 억제시키고 쾌적한 환경을 유지시키는 목적으로 사용된다.
- 여름철은 태양열로 인하여 천장부근의 공기가 매우 높아져 복사열에 의한 거주영역의 체감온도가 상승하므로 바람을 발생시켜 실내 공기전체를 순환시켜 체감온도를 저감하는 장치로 사용된다.
- 청소작업 등 분진이 많이 발생하는 시간대에는 부유분진을 신속하게 배기구 방향으로 유도 배출시켜 구조물 등의 시설재 분진누적을 방지시키는 목적으로 사용된다.
- 화재발생 등의 비상상황에서는 유독가스의 원활한 배출과 배기구 유도를 목적으로 사용된다.

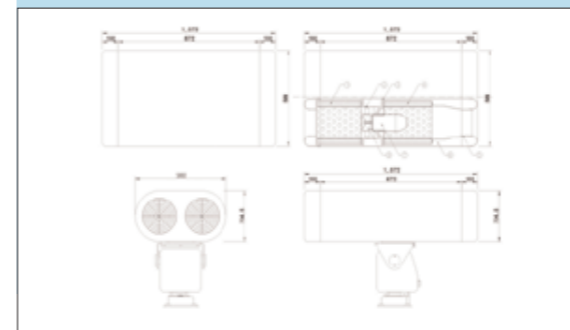
3-2 기류유인팬 사양

올림픽 제2체육관은 경기장과 공연장 등으로 활용되는 다목적 체육문화 공간으로서 그 목적에 따라 기류패턴 조성방법을 달리하여야 하므로 상하좌우로의 풍향 및 풍속을 전자동으로 제어할 수 있는 가변지향형 기류유인팬을 선택하여 설치하였으며 그 사양 및 특징은 다음과 같다.

■ 사진 3. 기류유인팬 사양



■ 사진 4. 기류유인팬 제작도



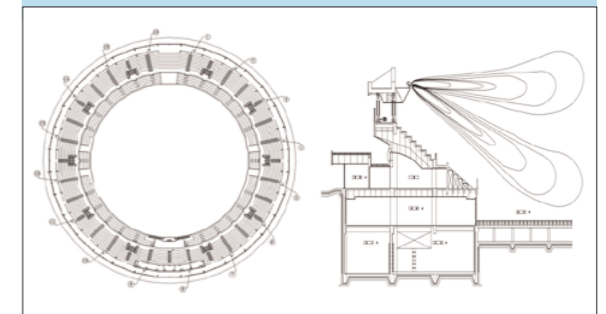
■ 표 2. 기류유인팬 특징

장비명	풍량(CMH)	풍속(m/s)	소음(dB(A))	최대도달거리	회전각도	모드변경
기류유인팬	1,000 ~ 5,000	7 ~ 25	58dB(A) 이하	50m 이상	상 25° 하 70° 좌 165° 우 165°	풍향/풍속 제어 가능

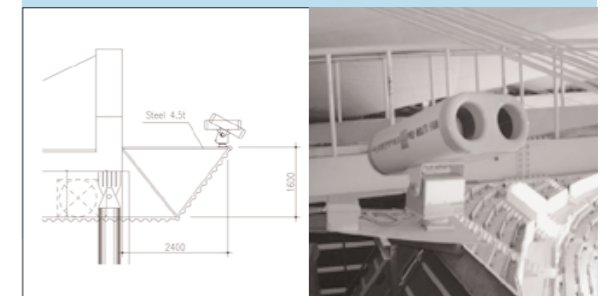
3-3 기류유인팬의 설치

급배기구만에 의한 공조설비는 하절기 천장부 축열로 인한 복사열 증가 혹은 동절기 난방기류의 상승으로 인한 수직방향으로의 온도편차 때문에 재실자에게 열적 불쾌감을 유발시킬 수 있다. 이의 해결을 위하여 기존 급배기 공조설비에 추가하여 16개의 가변지향형 기류유인팬을 체육관 천장 외곽 상단 트러스에 설치하도록 하였으며 그 설치위치 및 설치도 상세는 다음과 같다.

■ 사진 5. 기류유인팬 설치도 평면도



■ 사진 6. 기류유인팬 설치단면상세도와 설치사진



기류유인팬의 설치대수, 배치방법 및 분사각도 등은 계산식 및 시뮬레이션(CFD)을 통하여 결정하였다.

기류유인팬은 하부베이스 플레이트에 의해 지지되며 베이스 플레이트는 기존 트러스에 지지되는 형태를 취하고 있다. 취부금구류의 안전율은 3배로 설계하였다.

3-4 기류유인팬의 운전모드

냉방모드(선회류)	난방모드(교반류)
<p>냉방시에는 객석에 앉아 있는 사람에게 하부의 찬공기를 산들바람 형태의 바람으로 불어주어 시원함을 느끼게 한다. 같은 온도라도 바람이 불면 체감 온도가 떨어져 냉방효율이 증대된다.</p>	<p>상층부의 성층화된 따뜻한 공기를 하부로 내려가게 하여 공기를 교반시킴으로서 하부의 온도를 증가시킨다.</p>
예열 및 이벤트 모드(유도류)	비상 모드(이송류)
<p>행사전 일정시간 경기장 중앙쪽으로 하향지향의 회전모드를 발생시킨다.</p>	<p>청소나, 화재발생 비상시에 경기장 중앙 센터링 환풍구 쪽으로 공기를 이송시킨다.</p>

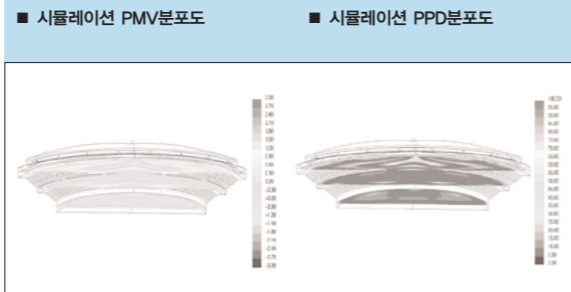
3-5 기류유인팬 설치에 따른 실험

1) 시뮬레이션

기류유인팬 설치시 그 효과를 예측하기 위해 설치전 미리 시뮬레이션을 실시하여 예상온열감(Predicted Mean Vote, 이

하 PMV)과 예상불만족율(Predicted Percentage of Dissatisfied, 이하 PPD)을 평가하여 이에 따른 최적의 각도, 풍향, 풍속 등을 산출하여 적절한 기류형상이 되도록 설계하였다.

- ※ PMV : 인체의 환경에 대한 감각을 정량화 한 것으로 -3 ~ +3의 범위를 갖는다여기서 -3은 추운 경우, +3은 더운 경우를 나타내고 0은 열적으로 쾌적한 상태를 나타낸다. 일반적으로 사람이 열적으로 쾌적함을 느끼는 PMV의 범위는 -1.0 ~ +1.0 이다.
- ※ PPD : 주어진 환경에 만족하지 않는 사람의 비율을 퍼센트로 나타낸 값이다. 일반적으로 PMV -1.0 ~ +1.0 에서 PPD 값은 25%이며, PMV -2.0 ~ +2.0 을 초과할 경우에는 PPD 값이 80%가 넘는다.

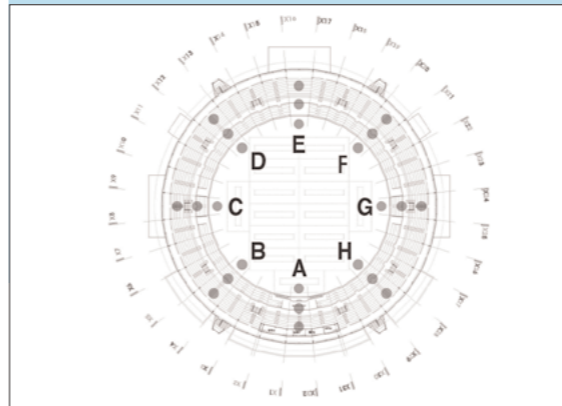


2) 성능 시험

경기장 내 16개소에 가변지향형 기류유인팬을 설치한 후 2005년 1월 18일 소음, 풍속, 온도, PMV 값 등의 성능시험을 기류유인팬 가동전과 가동 후에 대하여 실시한 결과는 다음과 같다.

- 소음 : 51.3 DB(A)
- 풍속 : 가동전 0.19 m/s
가동 후 0.44 m/s 로 증가, 기류의 정체영역해소 됨
- 온도 : 가동전 온도 차이 최대 6.9℃
가동전 온도 차이 최대 3.8℃
- PMV : 가동전 0.16 ~ 1.02 로 상하 편차 0.87
가동후 0.33 ~ 0.82 로 상하 편차 0.49 로 전 영역이 목표치인 -1.0 ~ +1.0 의 기준을 만족함.

■ 사진 7. 성능시험 위치도



■ 기류 분출 전경 ■ 10초 경과



■ 20초 경과:선회류 형성 ■ 30초 경과



■ 기류유인팬 성능시험 전경 ■ 현장시험(PMV)전경



4 결론

4-1 공법 비교

기존 기술인 고속노즐 분사 방식에 의한 실내공기 순환시스템과 신기술인 기류유인팬을 이용한 실내공기 순환시스템을 적용한 경우에 대한 경제성 비교는 다음과 같다.

■ 표 3. 공법 비교

항 목	개선전(고속노즐 분사 방식)	개선후(기류유인팬 방식)
개 요	스파이럴 덕트 말단에 설치된 노즐로 고속의 공기를 수직 분사하여, 하향 순환기류의 유도효과를 이용하여 정체된 공기를 희석시키는 시스템	팬에서 분사되는 제트류를 이용하여 실내공기 전체를노랫형태의 선회류를 발생시켜, 상하 공간의 정체된 공기를 희석시키는 시스템
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ■국내 적용실적이 비교적 많음 ■품질비교 대상업체 다수 ■하향식 순환기류 형성에 의한 환기효과대 ■적용기술이 단순하여 사진 기술검토 용이 ■성능평가에 필요한 제반규정 마련되어 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ■도달거리가 길어 장거리 광역환기 가능 ■기류유도 효과가 높아 환기효율 향상가능 ■운전소음이 낮아 쾌적한 환경조성 ■간편한 방향조절로 계절적 대응 용이함 ■간편한 제어시스템으로 운전조건 대응향상
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ■도달거리가 짧아 소형 순환기류 형성 ■제품종량이 높아 구조물 보강 필요 ■구조물 간섭이 많고 미관개선 불가 ■운전소음이 높아 쾌적도 감소 	<ul style="list-style-type: none"> ■적용기술의 난이도가 높아 대고객 설득난항 ■성능평가에 필요한 제반규정 확충 미비

4-2 시공성 비교

■ 표 4. 시공성 비교

항 목	개선전(고속노즐 분사 방식)	개선후(기류유인팬 방식)
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ■다수의 시공 경험에 의한 기술력확보 ■시공관련 기술인력 확충용이 	<ul style="list-style-type: none"> ■구조물 간섭의 영향이 적음 ■제품 중량이 낮아 구조물 보강 불필요함 ■비계공사 불필요함 ■간편한 시공으로 공기단축 가능(40%이상) ■설치공사 안전문제 비교적 양호
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ■제품종량과대로 구조물 보강 필요함 ■덕트 및 노즐 보수를 위한 통로설치요함 ■천장 전역시공으로 비계공사 소요됨 ■설치시 안전문제 우려됨 ■공기가 과다하게 소요됨 	<ul style="list-style-type: none"> ■설치시 전문인력 소모

4-3 경제성 비교

■ 표 5. 경제성 비교		
항 목	개선전(고속노출 분사 방식)	개선후(기류유인팬 방식)
설치비용 설치비	<ul style="list-style-type: none"> ■ 35,800만원 (규모 비슷한 타현장적용 예임) ■ 시공관련 기술인력 확충용이 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 총 13,000만원 (당 현장 투입 비용임) ⇒ 원가 절감 : 22,000만원
가시설물 합계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 25,100 만원 (규모 비슷한 타현장적용 예임) ■ 60,900만원 ■ 설치공사 안전문제 비교적 양호 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 총 절감액 : 47,900 만원
유지관리 비용 연간 운영비	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사용전력 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 사용 전력 : 111.4kWh - 사용 요금 : 2,500만원 (통로설치요함 (111.4kWh*115.7원*8시간*20일*12개월)) ■ 냉난방가동시간 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 예열시간 : 2시간 - 사용 요금 : 9,600만원 (2시간*20만원*20일*12개월) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설치시 전문인력 소모 ■ 사용전력 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 사용 전력 : 18.2kWh - 사용 요금 : 400만원 (18.2kWh 115.7원 8시간 20일 12개월) ⇒ 원가 절감 : 2,100만원 ■ 냉난방가동시간 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 예열시간 : 1시간 - 사용 요금 : 4,800만원 (1시간 20만원 20일 12개월) ⇒ 원가 절감 : 4,800만원 ■ 연간 6,900만원 절감

4-4 적용 효과

1) 기술적 효과

- 전공간의 온도분포 균질화 및 감성기류(0.3m/s이하) 형성으로 쾌적도 향상
- 냉방 초기운전시 상층부의 정체된 고온다습 공기를 희석시켜 결로 방지
- 체육관의 음악회, 전시회 개최 등 다목적 활용에 따른 환기방식 변경 용이
- 여름철 천장부 구조물의 복사열에 의한 거주영역 체감온도 상승 감소
- 화재발생 등 비상상황 발생시 유해물질의 신속한 배기 유도
- 청소시 부유분진을 배기구 방향으로 신속하게 유인 배출하여 분진누적 방지

2) 경제적 효과

- 성층화된 공기를 거주영역으로 순환시켜 냉난방에너지 절감
- 냉난방 초기 운전시 공기순환율을 향상시켜 냉난방예열

시간 단축

- 기존 시스템 대비 시공비 절감 및 공기단축

3) 향후 활용성

- 체육관, 강당 등 실내 대공간 구조물에서 기존 설비 시스템 외에 추가로 기류유인팬을 적용하면 냉난방 효율을 극대화 할 수 있음.
- 지하주차장, 공장 등 밀폐공간에 설치하여 내부공기 순환 또는 환기시스템으로 활용 가능함.
- 결로로 인한 문제 발생이 예견될 경우 활용이 가능함.

해양관로 PULLING 공법 개선



1 일반사항

1-1 개요

1) 공사개요

- ① 공 사 명 : 녹산하수처리장 방류관거 건설공사
- ② 공사목적 : 녹산국가산업단지 및 명지주거단지, 신호산업단지와 부산신항만 시설등이 연계되어 개발됨에 따라 각 단지의 발생하수를 개별처리 후 해양오염을 최소화하고 주민의 주거환경개선, 연안해역의 오염방지를 위하여 방류수를 통합하여 외해에 방류토록 하는데 그 목적이 있다.
- ③ 공사위치 : 녹산하수처리장~가덕도 아동도앞 공유수면
- ④ 공사금액 : 100,408백만원(VAT포함)
- ⑤ 공사기간 : 1997. 11. 20 ~ 2005. 11. 30
- ⑥ 발 주 자 : 부산광역시 건설본부

2) 공사규모

- 방류관거 L=10,316 Km

■ 표 1. 고속노출분사방식 특징

구 분	내 용	비 고
제 1 관로	육상구간 : D=1,650mm, L=1,611m 해상구간 : D=1,650mm, L=1,698m SHIELD(L=1,588m)	
제1터널	NATM D=2,200mm, L=404m	
제 2관로	D=1,650mm, L=1,561m	
제2터널	TBM D=2,900mm, L=3,796m SHIELD-TBM D=2,950mm, L=693m	
해양관로	육상구간 : D=1,650mm, L=128m 해상구간 : D=1,650mm, L=425m	
부 대 공	적출장 4개소, 상수도 3,588m	

1-2 배경 및 목적

1) 배경

녹산하수처리장 방류관거의 최종방류구는 방류수의 확산이 용이하고 파도 및 파랑의 영향이 적은 아동도 앞 425m지점 수심 12m 공유수면에 부설되며 부설공법은 육상에서 강관

(D1650)을 일련의 대차 위에서 연속적으로 접합하고 해상바지에서 풀링(PULLING)하여 대차가 해상쪽으로 이동하면서 관 전체가 이동하는 해저풀링법(Bottom Pulling Method)으로 설계되어 있었으며, 이에 따른 시공 세부사항 인 육상의 풀링작업장, 풀링시 강관에 미치는 영향, 풀링력등을 검토하게 되었다.

2) 목적

해저풀링법(Bottom Pulling Method)이란 생소한 공법을 대하면서 시공 전에 단계별로 시뮬레이션하여 문제점을 도출해서 우리 현장실정에 맞는 공법으로 최적화 함으로써 원가절감, 공기단축, 품질확보 및 안전시공을 이룩하고자 하였다.

2 기술내용

2-1 기존 시공 방법 및 문제점

해저풀링법(BOTTOM PULLING METHOD)은 육상의 풀링 작업장에서 일련의 대차 위에 강관(D1650)을 접합하고 해상바지에서 풀링하여 대차의 이동으로 관을 침설하고 해상에 다다른 대차는 낙차고를 두어 회수하여 육상작업장에서 재사용하는 공법으로서 해상조건 및 해저조건에 영향을 적게 받으나 육상에 작업부지가 확보 되어야 하는 공법이다.

1) 풀링작업장 문제점

풀링작업장은 육상 및 해상 진입부에 설치되며 현 설계조건에 만족하기 위해서는 연장 100m의 작업장과 가물막이(SHEET PILE)가 필요하나 현장 부지 여건상 불가능 하다.

2) 이동식 대차이용시 문제

풀링시 육상의 강관 하부에 대차를 설치하여 강관이 이동하도록 하였으며 해상에 다다른 대차를 회수하여 재사용하기 위해서는 수중에 낙차고를 두어야 하나 풀링시 매물의 우려로 풀링 자체가 불가능할 수도 있다.

3) 풀링력(PULLING FORCE)의 편중에 따른 문제점

당초 설계는 해상바지의 풀링력에만 의존하므로 시공중 강관의 제어가 힘들며 그에 따른 관로의 설계 선형 유지가 힘들고 낮은 수심에 적합한 대규모 용량의 해상장비의 구득이 어려우

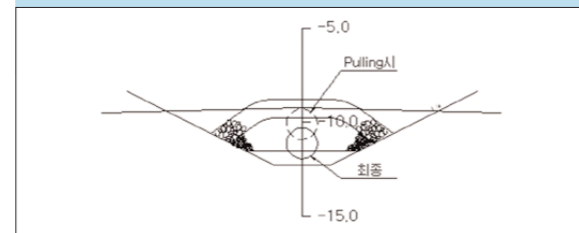
며 풀링 단계별 WIRE 규격변경이 필요하여 WIRE 중량만 25~30ton에 달해 시공관리가 곤란해진다.

2-2 개선 시공 방법

1) 풀링작업장 레벨 조정 및 소규모화

풀링시 구배를 모래를 부설하여 최종 강관 안착시의 구배와 달리 높게 됨으로써 풀링작업장을 해수면 보다 높게 위치하게 하고 가물막이가 필요 없게 하여 그에 따라 현장실정에 맞는 소규모 작업장을 가능하게 하였다.

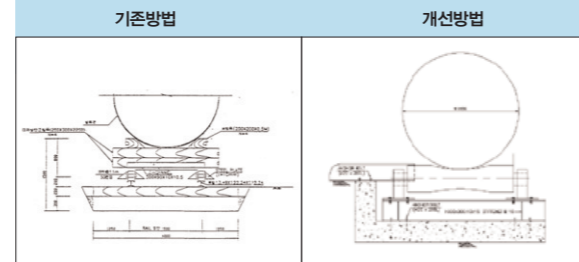
■ 그림 1. PULLING 입시 구배 적용



2) 이동식 대차에서 고정식 롤라(Roller)로 변경

이동식 대차에서 고정식 롤라로 변경함으로써 수중에 대차 회수를 위한 대차 낙차고 설치에 따른 시공의 어려움을 해소하고 시공 중 매물로 인한 작업중단을 방지 했다.

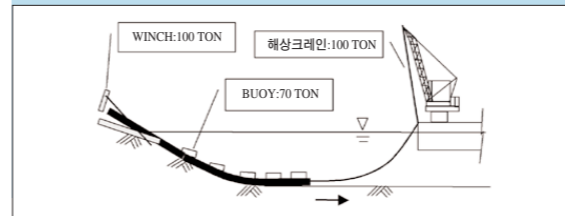
■ 그림 2.



3) 풀링력(PULLING) 분산 운용

425m의 해수만관 상태의 강관 풀링 시 총270ton가량의 풀링력(PULLING FORCE)이 소요 되는데 강관에 접합된BUOY와 해상바지가 각각 70ton, 100ton을 충당하고 육상에 윈치(WINCH)+도르래(SHEAVE)조합으로 100ton의 압출력(PUSHING FORCE)을 계획함으로써 풀링력을 분산시켜 풀링시 제어를 용이하게 하고 해상바지를 소용량화 하였다.

■ 그림 3. PULLING 개요도



■ 그림 4. 육상부 PUSHING 개요도



3 적용효과

3-1 원가 절감

■ 표 2. 원가절감

개선편	기존방법		개선방법	절감효과
	기존방법	개선방법		
작업장 소규모화 및 풀링 형식 변경	<ul style="list-style-type: none"> Pulling 작업장(Lunch way) - 규격 L=100m, B=4m 이동식 대차 - Cor'c: 105m², 침목: 297ea, 레일: 160m, 대차: 34대 공사비 총계: 267백만원 	<ul style="list-style-type: none"> Pulling 작업장(Lunch way) - 규격 L= 55m, B=2.7m 고정식 롤라 - Cor'c: 136m², 롤라: 6ea 공사비 총계: 98백만원 	169백만원	
풀링력 분산운용	<ul style="list-style-type: none"> 해상바지 풀링 - 해상바지: 200ton 공사비 총계: 628백만원 	<ul style="list-style-type: none"> 해상바지+BUOY+WINCH PUSHING - 해상바지 100ton, BUOY 70ton, Winch 100ton 공사비 총계: 655백만원 	-27백만원	
계	895백만원	753백만원	142백만원	

3-2 공기 단축

■ 표 3. 원가절감

개선편	기존방법		개선방법	절감효과
	기존방법	개선방법		
작업장 소규모화 및 풀링 형식 변경	<ul style="list-style-type: none"> 공사기간: 35일 타파기 및 콘크리트타설: 20일 침목 및 레일부설: 15일 	<ul style="list-style-type: none"> 공사기간: 20일 타파기 및 콘크리트타설: 20일 롤라제작(공작제작): 0일 	15일	
풀링력 분산운용	<ul style="list-style-type: none"> Pulling 작업일수 - 425m ÷ 7.2m/일 = 59일 	<ul style="list-style-type: none"> Pulling 작업일수 - 425m × 11.8m/일 = 36일 	23일	
계			38일	

3-3 품질 개선

해양관로 풀링시 육상에서의 발진을 고정식 롤라를 사용하고 풀링력을 분산운영 하여 안정적인 풀링을 유도함으로써 풀링시 도복강관(D1650mm)의 외부에 미치는 손상을 사전에 방지하고 관로 제어를 용이하게 함으로써 관로에 미치는 불필요한 응력을 억제함은 물론 관로의 종단 및 평면선형을 정밀 시공할 수 있다.

4 결론

■ 그림 5. 해양관로 풀링 전경



해저풀링법(BOTTOM PULLING METHOD)에 대한 현장적용을 사전에 검토하고 문제점을 도출하여 우리현장에 맞는 공법으로 최적화 시켜 원가절감, 공기단축을 통한 당사 이익을 최대화함은 물론 발주처에 대해서는 당사의 기술력을 바탕으로 한 기술개발로 품질에 대한 신뢰도를 높여 주었다.

이번 검토과정을 거치면서 해저풀링법에 대한 정형화된 설계 및 시공에 관한 자료구득에 어려움이 있었으며, 향후 동종의 공종에 우리현장의 설계 및 시공 자료가 해저풀링법에 대한 표준을 제시하였다.