

인천국제공항 교통센터의 대공간 공조설비계획

The mechanical design of great hall in Incheon international airport transportation center

심 우 식
W. S. Shim
(주)삼우설계



- 1960년생
- 실내공기환경, 클린룸, 건물 에너지 해석에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

최근의 건축물은 입구부분에 외부의 광장개념을 실내로 유입시켜 이용객에게 개방감을 주면서 휴식 공간을 제공하고자 하는 아트리움 또는 대공간의 형태가 자주 계획되어 지고 있다.

인천국제공항의 첫 관문이자 교통시설의 중심역할을 하게 될 교통센터에서도 바닥면적 28,000m², 높이 약 45m 규모의 대공간이 계획되었으며, 그의 외부형태는 그림 1과 같이 항공기와 새의 모습을 형상화하고 있다. 인천국제공항 단지내에 위치하고 있는 교통센터는 연면적 9만5천평의 규모로서 앞서 설명한 대공간의 홀과 각종 판매시설, 주차장, 철도역사시설 등을 갖추고 있다.

현상설계시부터 약 3년간에 걸쳐 설계가 진행된 교통센터는 설계과정에서 여러 가지측면에서의 심도있는 검토가 진행되었으나, 본고에서는 대공간을 중심으로 에너지절약적인 측면에서 검토되고 계획되어진 외피구조와 공조설비에 대하여 정리하였다.

2. 설계개요

- 1) 공 사 명 : 인천국제공항 교통센터 신축공사
- 2) 위 치 : 인천광역시 중구 운서동 일원

3) 규 모 : 지하3층 지상2층

4) 건축면적 : 35,884m²

5) 연 면 적 : 314,586m²

6) 구 조 : 철근 콘크리트조(지하), 철골조(지상)

7) 면적개요 : 표 1 참조

8) 설 계 사 : (주)삼우종합건축사사무소(건축 및 엔지니어링)

Terry Farrell & Partners(영국, 건축)

Daniel, Mann, Johnson & Mendenhall(미국, 엔지니어링)

3. 설계조건

대공간은 사용 시간대에 따라 이용자의 변동이 심하고 많은 에너지를 소비하는 부분이라 할 수 있다. 또한 적용된 부하계산방법이 최대부하계산으로 진행되었으므로 에너지절약적인 측면을 고려하여 설계조건을 표 2와 같이 다소 완화하여 적용하고 있다.

4. 외피면 계획

4.1 형태 계획

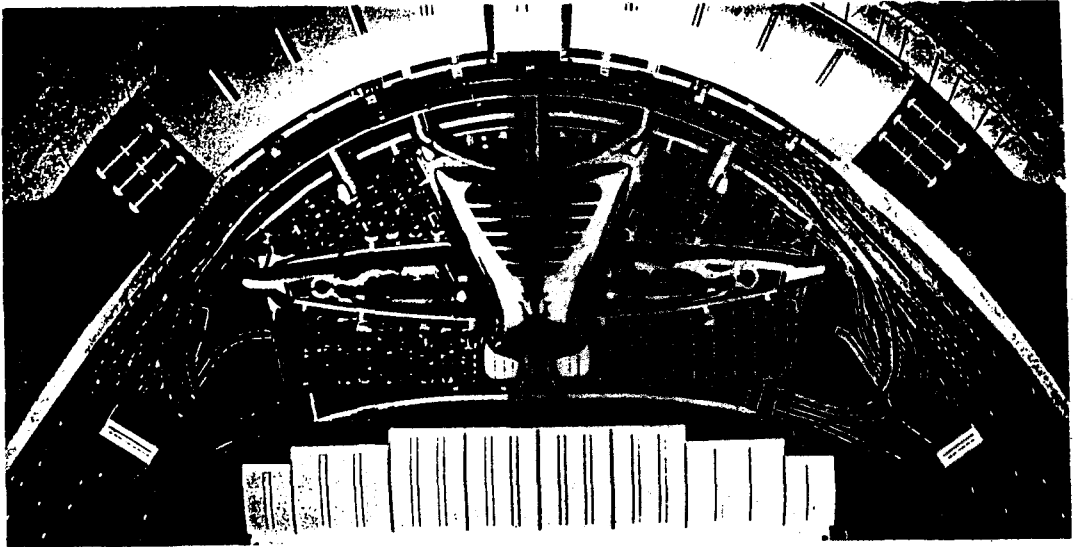


그림 1 건물 외형도

표 1 면적개요

구 분	면적[m ²]	용 도	
지상2층 (EL+11,100)	10,625	<ul style="list-style-type: none"> • PMS(people moving system)역사 및 트랙 • 지상연결통로(여객터미널과의 통로) 	
지상1층 (EL+6,900)	10,594	<ul style="list-style-type: none"> • 지상주차장 • 분수시설 	
지하1층 (EL+1,500)	94,771	<ul style="list-style-type: none"> • 대공간, 쉼션, 철도역무시설 • 지하주차장, 섀든 가든(sunken garden) • 지하연결통로, 기계실 	
지하2층 (EL-2,200)	60,633	<ul style="list-style-type: none"> • 지하주차장, 기계실 	
지하 3층	(EL-5,800)	68,722	<ul style="list-style-type: none"> • 지하주차장 • 기계실, 쓰레기수집소(쓰레기 관로 수집시스템)
	(EL-7,500)	42,510	<ul style="list-style-type: none"> • 철도역사 및 관련시설 • 공동구, 주차장 배기 플래넘
	(EL-15,000)	26,731	<ul style="list-style-type: none"> • IAT(intra airport transit)터널 • BHS(baggage handling system)터널 • 유틸리티 터널(냉수, 증온수, 시수, 중수, 소화수배관 등)

그림 2의 각 개소에 대하여 에너지절약적인 측면에서 고려한 형태계획의 요점을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 남향에서 동향으로 28° 기울어진 양호한 향의 조건과 1:1에 가까운 장단변비로 외피면적을

최소화하여 계획하고 있다.

(2) 대부분의 시설을 지하층에 위치시킴으로써 부하적인 측면에서 유리함을 지니고 있다.

(3) 지하층에 위치한 대공간의 좌우측에 지하주차장을 위치시킴으로써 열적으로 중간대가 형성되

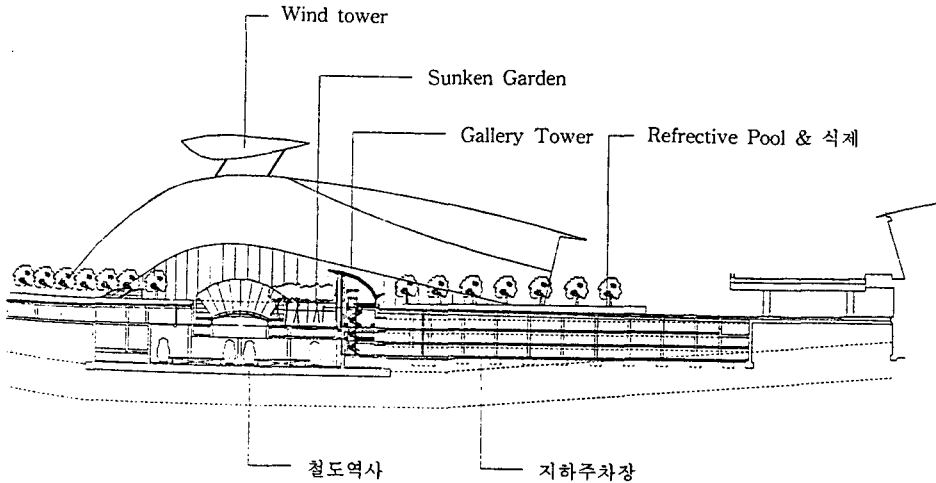


그림 2 건축물의 요소별 형태계획

표 2 대공간의 설계조건

외기조건	<ul style="list-style-type: none"> 겨울철 건구온도 : -11.2[°C], 상대습도 : 73[%] 여름철 건구온도 : 29.7[°C], 상대습도 : 74[%]
실내 온습도	<ul style="list-style-type: none"> 겨울철 건구온도 : 18.0[°C], 상대습도 : - 여름철 건구온도 : 26.0[°C], 상대습도 : 50[%]
재질 밀도	0.6[인/m³]
조명 발열	25[W/m²]
인체 발열	<ul style="list-style-type: none"> 전열 : 102[Kcal/h] 현열 : 49, 잠열 : 53
필요환기량	20[m³/h · 인]

도록 하였다.

(4) 대공간의 정상부위에 개폐가 가능한 윈드 타워(wind tower)를 설치하여 공용부에 자연환기가 가능하도록 하였다.

(5) 대공간의 주변에 녹지공간인 섀든가든(sunken garden)과 풀(pool)을 설치하여 쾌적한 환경을 연출함과 동시에 자연환기시 유입되는 외기의 냉방효과를 증대시키도록 하고 있다.

4.2 외피 구조

대공간의 바닥면은 지하1층 레벨에, 지붕층은 지상층에 노출되어 있으며, 그 형태가 웅장하고 유선형으로 계획되어 있어 외피가 공용공간에 미치는 에너지 부하는 전체부하에 많은 영향을 미치게 된다. 그러므로 외피에 대한 마감재의 선정은 건물내의 쾌적한 환경조성과 에너지절약적인 측면에서 매우 중요하게 작용하게 된다.

(1) 유리면

교통센터에 적용된 외피 유리면에 대한 물성치는 표 3과 같이 열관류율면에서 유리한 복층의 Low-E 유리를 채용하고 있으며, 차폐성능을 향상시키기 위하여 차양 및 ceramic frit(50% dot printing)를 적용하여 외부의 일사에 대한 조절능력을 배양시켜 에너지절약을 도모하고 있다. 특히 직달 일사의 영향을 많이 받는 남측 벽면과 남측 지붕면에는 루버와 전동루버를 각각 설치하여 계절별, 시간별로 일사량을 조절할 수 있도록 고려하고 있다.

(2) 외장벽체

교통센터의 외관은 미래지향적이면서 유선형의 형태를 지니고 있으므로 시공적인 측면을 고려하여 건식공법을 채택하고 있다. 일반적으로 건식공법이 습식공법에 비하여 부하적인 측면에서 불리하므로 재료 및 공법을 선택함에 있어 신중을 기해야 한다.

표 3 대공간의 각 부위별 유리성능

구 분	사 양	열관류율 [Kcal/m ² .h. °C]	차폐 계수	visible light [%]			sun light [%]		
				투과율	반사율	흡수율	투과율	반사율	흡수율
전면창, 측면창 (남측면에 루버 설비)	24.0t Low-E 복 층유리(양면강화)	2.40	0.8	79.2	14.1	6.7	62.6	11.7	25.7
북측지붕, 남측 지붕(전동루버 설치)	30.76t Low-E 복 층접합유리 1면 ceramic frit	1.50	0.4	35.6	18.7	45.7	19.4	16.1	64.5

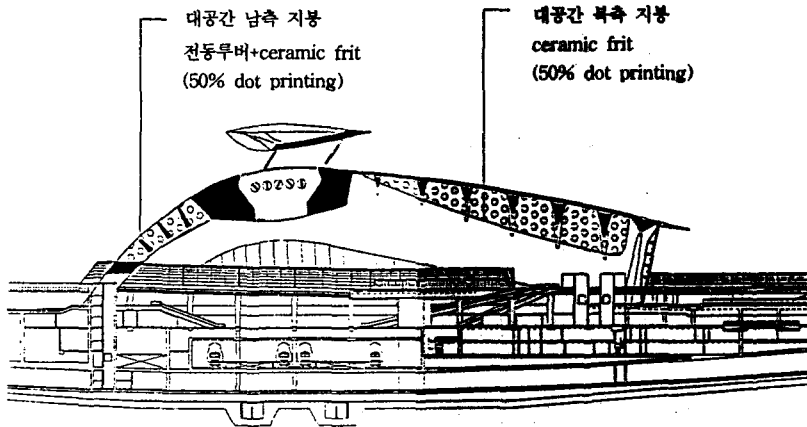


그림 3 대공간의 각 부위별 유리면

건식벽체로서 PC커튼월과 AL커튼월을 상호비교하여 검토한 결과, PC커튼월 방법과 유사하면서 벽체의 기밀화 및 부하적인 측면에서 유리하고 염해부식에 강하고 열반사율이 높은 10t SST 스테인레스 스틸 패널을 적용하고 있다.

5. 공조설비계획

교통센터에서의 공조 및 환기시스템은 초기투자비의 감축과 운영 및 유지관리의 용이성을 기준으로 가급적 단순한 시스템을 채용하고 있으며, 대공간에 포함되어 있는 각종 공간에 대한 공조 및 환기시스템의 개념도는 그림 4와 같다.

- 그레이트 홀 : 정풍량 단일덕트
- 컨세션 : 정풍량 단일덕트(제연겸용)
- 레스토랑 : 정풍량 단일덕트(제연창 설치)

- 1층 발코니공간 : 정풍량 단일덕트+F.C.U.
- PMS 역사 : 정풍량 단일덕트

5.1 대공간(great hall)

교통센터의 대공간을 계획함에 있어 검토된 사항을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 그레이트 홀의 공조방식은 초기에 공조기(A.H.U.)+바닥난방방식으로 검토되었으나 바닥판넬의 설치와 유지관리상의 문제점 등으로 인하여 전공기 방식으로 변경되었다.
- (2) 바닥레벨에서 4m높이의 거주역을 중점적으로 공조할 수 있도록 성층화 공조방식을 채택하여 에너지절약을 도모하고 있다.
- (3) 계절 및 부하특성에 따라 일사부하를 조절하기 위하여 지붕면에 차폐성능이 있는 유리면을 채용하고 있다.(50% dot printing의 차폐유리 및

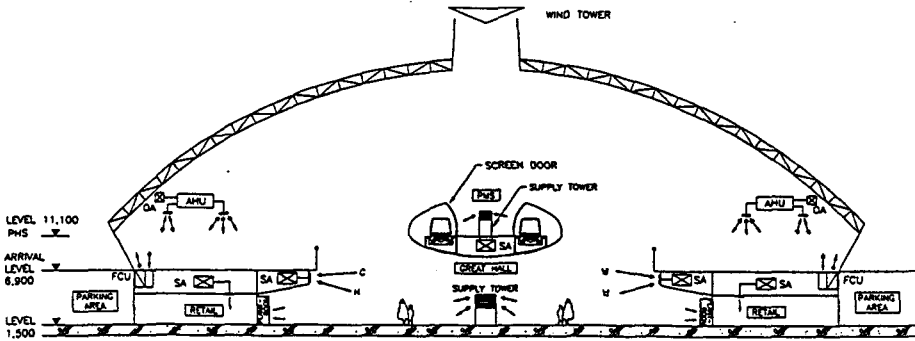
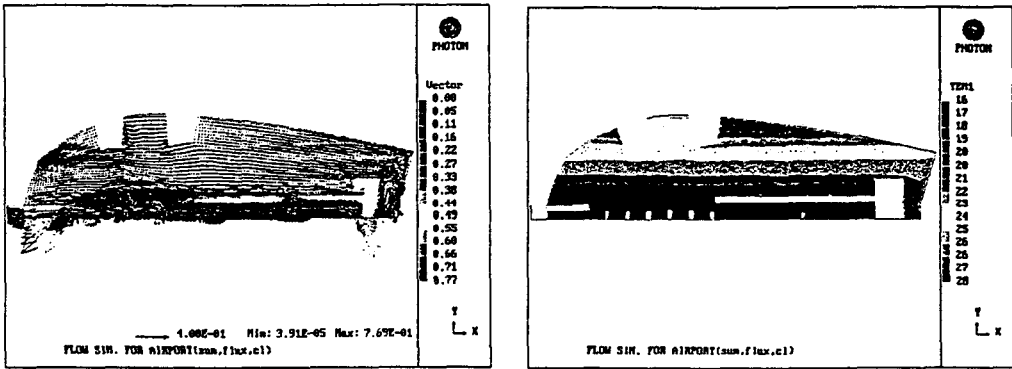


그림 4 대공간내의 공조개념도



(a) 기류장

(b) 온도장

그림 5 공조 시뮬레이션 결과 예(여름철, 윈트 타워 밀폐시)

차양 설치)

(4) 대공간 양측간의 거리가 장거리이므로 발코니 말단에 사각 고속노즐을 설치하고, 난방시 부력 현상을 방지하기 위하여 난방시에는 하향으로, 냉방시에는 상향으로 취출방향을 자동적으로 조절할 수 있는 취출구를 선정하고 있다.

(5) 중앙부분에는 노즐의 공기유속이 미치기 어려우므로 이 부분에 급기타워를 설치하여 실내 전반에 걸쳐 균등한 기류분포가 이루어지도록 하였다.

(6) 중간기 및 여름철에 상부의 고열을 배기하면서 냉방효과를 거두기 위하여 윈드 타워가 개방될 경우에는 1층의 발코니 공간용으로 설치된 공조기의 외기와 배기가 자동제어적으로 상호 연동되어 풍량의 균형이 이루어지도록 하였다.

(7) 난방시 공기부력을 최소화하기 위하여 노즐 및 급기타워를 통하여 급기된 공기가 거주영역을

거쳐 공조를 마친후 재순환되어 성층화 공조가 이루어지도록 흡입구를 분산배치하고 있다.

(8) 공조시 배기의 폐열을 재이용하여 도입되는 외기를 예냉, 예열할 수 있도록 전열교환기를 채용하고 있다. 전열교환기의 막힘현상을 방지하기 위하여 전단에 필터를 설치하고, 또한 전열교환기의 재료인 알루미늄에 에폭시 코팅을 함으로써 염분에 대한 부식방지도 고려하고 있다.

(9) 상기와 같은 대공간의 공조계획은 수치해석의 공조 시뮬레이션을 통하여 검증 및 보완과정을 거쳤다. 공조 시뮬레이션의 일례를 그림 5에 나타내고 있으며, 이때의 CFD(computational fluids dynamics)해석은 영국 CHAM사에서 개발한 phonics 프로그램을 이용하였다. 시뮬레이션의 계산은 계절별로 윈드타워의 개방여부, 일사의 유무에 따라 구분하여 해석하였다.

5.2 컨디션 및 레스토랑

(1) 이 부분은 임대부분으로 향후 인테리어가 진행되나 천장내의 공간을 확보하기 위하여 기본적인 공조 및 제연설비와 공용될 수 있도록 고려하고, 이와 관련된 주덕트 및 주배관류에 대하여 설계를 진행하였다.

(2) 레스토랑의 주방은 옥외로 직접 배기될 수 있도록 별도의 배기덕트를 구성하고 있다.

(3) 레스토랑 부분은 풍량 밸런스를 (-)압으로 유지하여 주위로 냄새가 확산되지 않도록 고려하고 있다.

5.3 지상층의 발코니 공간

(1) 천장 트러스 구조내에 위치하고 있는 내주 부용 공조실은 완전구획하고 부가하중을 주어 소음 및 진동을 극소화하도록 하였다.

(2) 외주부에는 대부분이 유리면으로 구성되므로 외피부하를 담당할 수 있도록 팬코일 유닛를 설치하여 콜드 드래프트를 방지하고, 외부조망을 고려하여 팬코일 유닛는 바다하부 매립형으로 설치하였다.

5.4 PMS 역사

(1) 이 역사는 국제무역단지의 여객을 공항시설과 연계시키는 시설로서 대공간의 중간부에 위치하고 있어 상승기류로 인한 실내온도의 상승을 고려하여 온도조건을 다소 완화하여 설정하고 있다.

(2) 역사 플랫폼의 거주역을 중점적으로 공조할 수 있도록 급기타워를 설치하여 냉난방을 계획하고, PMS의 경전철 출입으로 거주역의 기류분포가 불균형하게 되지 않도록 정착된 경전철과 플랫폼의 경계면에 자동문(Screen Door)의 설치를 계획하고 있다.

6. 대공간내 정상부의 윈드타워(wind tower) 계획

대공간 상부에 윈드타워를 계획하여 중간기 및 여름철에 외기냉방을 고려함과 동시에 대공간 상부의 열고임으로 인한 각 구조체의 축열을 감소하도록 하고 있다.

6.1 윈드 타워와 공조시스템과의 연동

윈드타워를 통한 환기효과는 외부의 바람이 윈드타워를 통과할 때의 풍향과 풍속에 따라 대공간 상부의 유인력이 결정될 것이다. 여름철과 중간기에 윈드타워를 개방하게 될 경우는 1층 발코니 레벨용으로 설치되는 10대의 공조기와 연동되어 다음과 같이 풍량 밸런스를 맞추게 된다.

(1) 중간기 : 외기냉방을 위하여 윈드타워가 개방되면 각 공조기의 환기팬은 정지되고 외기덥퍼는 full open, 혼합 및 배기덥퍼는 full close된다.

(2) 여름철 : 외기냉방시 윈드타워를 개방할 경우, 각 공조기의 환기팬은 정지하고 외기덥퍼는

[Note] WS : Wind Speed Sensor
RT : Room Temperature Sensor

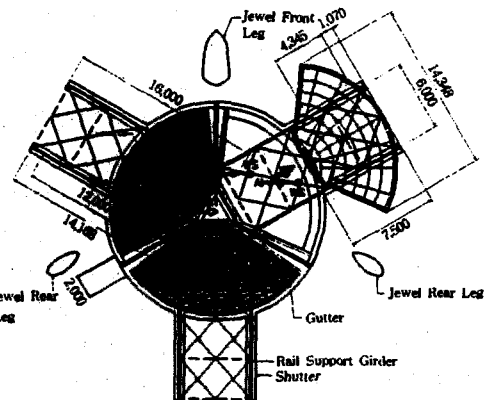
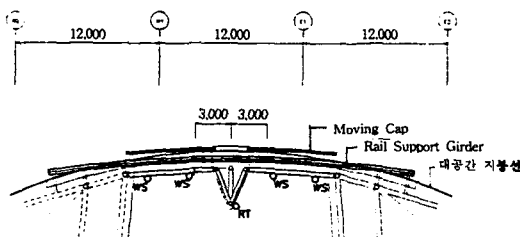


그림 6 윈드타워의 셔터와 각 센서 위치

30% open, 혼합댐퍼는 70% open, 배기댐퍼는 full close한다.

(3) 개구율 : a, b의 조건시 윈드타워로 배기되는 풍량과 각 공조기의 배기풍량 합을 비교하여 윈드타워로 배기되는 풍속이 일정하게 유지되도록 윈드타워에 3분할된 셔터를 설치하여 스텝제어(6단계)로 개구율을 조절할 수 있도록 하였다.

(4) FMS : 윈드타워로 배기되는 풍량을 산출하기 위하여 윈드타워의 하부에 6개의 FMS(flow measuring system)용 풍속센서를 균등하게 설치하여 풍량을 산출하고 이를 각 공조기와 연동되도록 한다.(그림 6 참조)

6.2 윈드 타워의 개폐시점의 설정

4계절중 여름철, 중간기에는 천창을 통한 일사와 실내발생열의 상승으로 대공간의 최상부에는 거주역보다 높은 열고임이 발생하게 되며, 이는 다시 거주역의 냉방부하를 증가시키게 되므로 윈드타워를 개방하여 상부의 열고임을 배기시킬 필요가 있다. 그러나 윈드타워의 개폐시점을 결정함에 있어 정량적인 수치를 제시하기는 어려우나 윈드타워의 내외부에 온도센서를 설치하여 이를 상호 비교하여 개폐여부를 결정한다던지 건물이 준공되어 정상적으로 운전하면서 적정점을 찾을 수 있도록 설비적인 배려를 하고 있다.

7. 맺음말

교통센터의 프로젝트를 현상설계부터 실시설계에 이르기까지 약 3년동안 진행해 오면서 좀더 완벽한 설계를 위하여 본 건물에서 제일 중요하다고 볼 수 있는 대공간에 대하여 각종 시뮬레이션(풍동, 공조, 조명, 음향 등)을 산학공동 연구로 수행하였다.

이러한 대공간의 공조설계에 있어서는 설계자가 여러 가지 측면에서 검토가 이루어져야 하겠지만, 특히 다음과 같은 항목에 대하여 충분한 검토가 있어야 할 것으로 생각한다.

- 1) 대공간에 대한 쾌적조건의 재설정
- 2) 대공간에 적합한 부하계산 방법의 모색
- 3) 에너지절약을 위한 성층공조의 실현
- 4) 공조 시뮬레이션의 Micro적인 방법과 Macro적인 방법을 병행한 공조설계(설계단계별로 적합한 프로그램의 선정)
- 5) 대공간의 상층부에 대한 적절한 환기방식의 결정
- 6) 대공간을 구성하는 유리면과 각종 마감부분에 대한 결로 평가

끝으로 교통센터의 프로젝트를 무사히 마칠 수 있도록 아낌없는 성원을 보내주신 신공항건설공단의 교통센터 관계자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.