



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

해안에 인접한 고층 오피스텔의
연돌효과 영향에 관한 연구

The Study on Stack Effect in Tall Officetel Building
near the Shore

지 도 교 수 박 동 천



2010년 02월

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원

해 양 건 축 공 학 과

권 순 택

공 학 석 사 학 위 논 문

해안에 인접한 고층 오피스텔의 연돌효과 영향에 관한 연구

The Study on Stack Effect in Tall Officetel Building
near the Shore

지 도 교 수 박 동 천



이 논문을 공학 석사학위논문으로 제출함

2010년 02월

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원

해 양 건 축 공 학 과

권 순 택

본 논문을
권순택의 공학 석사학위논문으로 인준함

위원장 송 화 철 印

위원  박 수 용 印

위원 박 동 천 印

2010년 02월

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원

The Study on Stack Effect in tall Officetel Building near the Shore

Soon Taeg Kwon

**Department of Ocean Architecture Engineering
Graduate School of
Korea Maritime University**



The objective of this study is to analyze and evaluate the impact of the stack effect in tall officetel building near the shore for solving the various problems resulting from it. For the evaluation of the impacts on the stack effect, computer program simulations(CONTAMW PROGRAM) based on the network model were performed for a typical high-rise office building. The results of the simulations show that the impact caused by the stack effect is mainly dependent on building envelope air-tightness and internal air flow resistance. Therefore the problems due to the stack effect may be solved to some extent by installing vestibules around entrance doors and doors serving elevators, and by zoning the elevators.

Key words : Stack effect, Pressure difference, Natural pressure level, Airflow analysis, Tall officetel building

해안에 인접한 고층 오피스텔의 연돌효과 영향에 관한 연구

권 순 택

한국해양대학교 대학원 해양건축공학과

요 약

건축 프로젝트의 초고층화, 대형화, 비정형화가 전 세계의 추세가 되면서 주거 건물은 판상형에서 탑상형, 초고층화로 향에 관계없이 건축됨에 따라 주거의 질적 향상을 위한 주거환경의 물리적, 사회적 측면의 중요성을 충족하도록 요구하고 있고, 거주자의 만족도에 기여하기 위하여 다양한 분야의 연구자들이 이러한 연구에 참여하고 있다. 1980년대 초반부터는 거주자 중심의 주관적, 객관적 환경요소를 통합하여 종합적으로 주거환경을 평가하려는 경향이 나타나기 시작했으며, 설계과정에서의 평가단계 및 사용자 연구의 중요성이 널리 인식되면서 연돌효과에 따른 문제점이 겨울철 하자발생 빈도 중 가장 많은 부분을 차지함에 따라 설계초기부터 검토되고 있는 실정이다. 겨울철 고층건물에 주로 발생하는 연돌효과는 건물 내·외부 공기 기둥의 중량 차이로 발생하는 압력차로 이 압력차는 크게 건물 하부와 상부 두 부분으로 구분되며, 건물상부에서 빠져나가는 공기는 하부에서 들어오는 공기에 의해 채워진다. 이와 같이 공기의 온도 차로 인해 단면상에 발생하는 건물 내·외부의 압력차는 높이에 따라 달라지며 건물 하부에서는 침기가 생기고 건물 상부에서는 누기가 생긴다.

이러한 연돌효과는 각종 출입문과 엘리베이터문에서 개폐의 어려움 및 오동작이 생기고, 운행시 기류 흐름에 대한 저항으로 흔들림의 문제, 침기, 누기로 인해 상부층 공간은 가열될 수 있는 반면 하부 층의 재실자는 난방불량

으로 인한 불쾌감 호소, 누기에 따른 결로의 발생과 소음, 냉·난방 에너지 손실을 발생시키고 있다. 또한 건물에 화재가 발생할 경우 유독성 연기와 화염이 각종 수직 개구부인 계단, 엘리베이터, 설비샤프트, 공조 덕트 등을 통하여 급속하게 상층부로 이동 확대함으로 큰 재난이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 유발하는 연돌효과를 사전에 차단하기 위한 해결책으로 연돌 효과로 발생할 수 있는 모든 기류를 사전에 차단하는 등 여러 가지 방법이 연구되고 있다.

연돌효과에 대한 선행연구가 도심지의 초고층 빌딩건물 위주로 연구되어 왔다. 겨울철 바람의 영향을 많이 받는 해안에 위치한 주거용 오피스텔을 연구대상으로 연돌효과에 대한 영향을 연구하고자 국·내외 기 연구한 자료를 바탕으로 연구대상 건물의 각종 문의 압력차 측정 데이터 값을 도출한 후 CONTAMW PROGRAM을 통하여 시뮬레이션 실시, 연돌효과로 예상되는 문제점을 파악하고, 이에 대비한 건축적 및 건축 설비적 보완 방안을 강구코자 한다.

1) 연구대상 건물의 건축 및 건축설비도면을 분석, 국내·외 문헌조사를 통하여 계단실 문은 50Pa 압력차, 엘리베이터문은 25Pa 압력차 범위를 기준으로 시뮬레이션을 실시. 그 결과 S동 1층 엘리베이터문, 4층, 31층, 옥탑1, 2층의 계단실문과 31층~38층의 세대 현관문에서 문제가 발생하였다.

2) 건축 평면적 1차보완 안에 대하여 시뮬레이션한 결과 엘리베이터문, 계단실문, 세대현관문에서 상기의 기준 값 범위 내에 있어 문제부분을 해결할 수가 있었다.

해안에 인접한 고층 오피스텔에서의 연돌효과에 대한 문제점을 시뮬레이션을 통하여 도출 건축 평면적으로 보완한 후 시뮬레이션 결과 기준값 이내로 문제가 해결될 수 있었으며, 이러한 건축적 평면적 보완안을 도서화하여 현장 시공가능성 여부를 타진, 실제 현장에 적용하여 보다 나은 주거 공간을 확보 거주자의 주거 만족도를 높이코자 한다.

키워드 : 연돌효과, 압력차, 중성대, 공기유동, 외피의 기밀화, 누기, 침기

목 차

1. 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구동향	2
1.3 연구의 범위 및 내용	3
2. 연돌효과의 이론적 고찰	5
2.1 연돌효과	5
2.2 빌딩의 내, 외부 압력차	6
2.3 빌딩의 압력분포	8
2.3.1 연돌효과에 의한 압력차	8
2.3.2 건물에서의 층별 압력분포	11
2.4 연돌효과의 문제점	17
2.4.1 각 층 출입문과 엘리베이터문에서의 문제점	17
2.4.2 침기, 누기에 따른 문제점	17
2.4.3 건물에 화재가 발생할 경우 문제점	18
2.5 연돌효과 문제점 해결을 위한 방법	19
2.5.1 외피(R)의 기밀화	20
2.5.2 공기 유입부(R1)의 공기유동 제한	23
2.5.3 공기 상승부(R2)의 공기유동 제한	24
2.5.4 공기 유출부(R3)의 공기유동 제한	25
3. 빌딩 내부 공기 압력차에 따른 기밀성 측정	26
3.1 측정개요	26
3.1.1 기밀성 측정방법 원리	26
3.1.2 건물 내의 기밀성 측정방법	27
3.2 측정대상	28

3.3 측정장비 개요	30
3.4 측정방법	31
3.5 국내건물의 측정결과	33
3.5.1 D건설 사옥 주출입문(자동문)	33
3.5.2 D건설 사옥 엘리베이터문	34
3.5.3 D건설 사옥 계단실문	36
3.5.4 K아파트 세대 현관문	37
3.6 소 결	39
4. 해안에 인접한 고층 오피스텔의 연돌효과 문제점 분석	40
4.1 연구대상 건물개요	40
4.1.1 건물의 구성	41
4.1.2 엘리베이터 및 계단실 계획	42
4.2 건축계획도면 분석	44
4.2.1 건물의 구성 및 층별 평면도 분석	44
4.2.2 건물 내부의 예상 공기 흐름도	49
4.3 연돌효과로 인한 영향 시뮬레이션	51
4.3.1 S동 엘리베이터문	52
4.3.2 S동 비상용 엘리베이터문	53
4.3.3 S동 계단실문	54
4.3.4 S동 각 세대 현관문	55
5. 해안에 인접한 고층 오피스텔의 연돌효과 문제점 보완	56
5.1 보완 제안	56
5.2 초기 보완에 대한 검토	57
5.2.1 S동 엘리베이터문	59
5.2.2 S동 비상용 엘리베이터문	60
5.2.3 S동 계단실문	61
5.2.4 S동 각 세대 현관문	62

5.3 소 결	63
6. 결 론	64
참고문헌	66
Abstract	69
감사의 글	70



표 목 차

[표 3-1] 연돌효과 저감을 위한 기준	29
[표 3-2] D건설 사옥 자동문 누기량 및 등가 누기 면적	33
[표 3-3] D건설 사옥 엘리베이터 누기량 및 등가 누기 면적	35
[표 3-4] D건설 사옥 계단실 문 누기량 및 등가 누기 면적	36
[표 3-5] K아파트 세대 현관문 누기량 및 등가 누기 면적	38
[표 4-1] 연구대상 초고층 오피스텔 건물의 건축개요	40
[표 5-1] 연구대상건물의 각종문의 보완 전·후 압력차 DATA	58



그림 목 차

[그림 2-1] 겨울철 건물 내·외부 압력분포	6
[그림 2-2] 겨울철 연돌효과로 인한 압력차	7
[그림 2-3] 내부 층간구획이 없고 최하층에 큰 개구부가 있는 건물	11
[그림 2-4] 내부 층간구획이 없고 최상, 하층에 개구부가 있는 건물	12
[그림 2-5] 내부 층간구획이 있고 각층 외벽에 동일한 크기의 개구부가 있는 건물	13
[그림 2-6] 내부 층간구획에 작은 개구부가 있고 수직통로가 있는 건물 ...	14
[그림 2-7] 내부 층간구획에 작은 개구부가 있고 수직통로가 각 층에 복도가 있는 건물	15
[그림 2-8] 내부 층간구획에 작은 개구부가 있고 수직통로와 출입층에 큰 개구부가 있는 건물	16
[그림 2-9] 겨울철 공기 유동의 주경로	20
[그림 2-10.1] 외피의 기밀도가 낮은 경우	22
[그림 2-10.2] 외피의 기밀도가 높은 경우	22
[그림 2-11] 공기 유입부에 건축적 요소 설치 유·무에 따른 압력차	23
[그림 2-12] 건물 상층부의 외피 기밀화	25
[그림 3-1] 기밀 성능 측정 장비	30
[그림 3-2] 기밀 성능 측정 장비 제어판	31
[그림 3-3] D건설 사옥 자동문 압력에 따른 누기량 그래프	34
[그림 3-4] D건설 사옥 엘리베이터문 압력에 따른 누기량 그래프	35
[그림 3-5] D건설 사옥 계단실문 압력에 따른 누기량 그래프	37
[그림 3-6] K아파트 현관문 압력에 따른 누기량 그래프	38
[그림 4-1] 연구대상 건물의 외관	42
[그림 4-2] 연구대상 건물의 엘리베이터 및 계단실 계획	43
[그림 4-3] 연구대상 건물의 E동 옥탑	46
[그림 4-4] 연구대상 건물의 S동 옥탑	46

[그림 4-5] 연구대상 건물의 E, S동 고층부 평면	47
[그림 4-6] 연구대상 건물의 S동 31층 평면도	47
[그림 4-7] 연구대상 건물의 E동 31층 평면도	48
[그림 4-8] 연구대상 건물의 E, S동 4층 평면도	48
[그림 4-9] 연구대상 건물의 E, S동 1층 평면도	49
[그림 4-10] 연구대상 건물의 오피스텔 건물 내의 예상 공기 흐름도	50
[그림 4-11] S동 엘리베이터문의 압력차(지상 1층 엘리베이터문 압력차 문제가 발생하는 것으로 예측됨)	52
[그림 4-12] S동 비상엘리베이터문의 압력차(비상용 엘리베이터문 압력차는 문제없는 것으로 추정됨)	53
[그림4-13] S동 계단실문의 압력차(고층부용 계단실문 : 4층, 31층, 옥탑1층, 옥탑2층 압력차 문제 발생하는 것으로 예상됨)	54
[그림 4-14] S동 현관문의 압력차(고층부용 세대 현관문 : 31층~38층 압력차 문제 발생)	55
[그림 5-1] S동 주거부 엘리베이터문의 압력차 (당초 설계안-초기 보완안)	59
[그림 5-2] S동 비상용 엘리베이터문의 압력차(당초 설계안-초기 보완안)	60
[그림 5-3] S동 계단실문의 압력차(당초 설계안-초기 보완안)-(옥탑1층 계단실문에서 압력차 문제 발생, 옥탑2층 계단실문에서 압력차 문제 발생) ..	61
[그림 5-4] S동 현관문의 압력차(당초 설계안-초기 보완안)-(고층부 세대 현관문 : 31층-38층 압력차 문제 발생)	62

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

연돌효과는 일반적으로 고층건물에서 건물 내, 외부 공기기둥의 중량 차이로 인해 발생하는 압력차와 관련하며, 건물 내,외부의 온도는 건물의 높이, 개구부의 크기 및 상태에 따라 다르게 된다. 연돌효과로 인해 발생한 압력차에 의하여 크게 건물 하부와 상부, 두 부분으로 구분되며, 건물상부에서 빠져나가는 공기는 하부에서 들어오는 공기에 의해 채워진다. 이와 같이 공기의 온도 차로 인해 단면상에 발생하는 건물 내,외부의 압력차는 높이에 따라 달라지며, 건물하부에서는 침기가 생기고, 상부에서는 내부압력이 더 커져 누기가 생긴다. 이러한 압력차에 의해 야기된 공기의 흐름은 굴뚝에서의 공기의 흐름과 비슷하다 하여 이러한 현상을 “연돌효과(stack effect)”라 한다. 실내·외 온도차가 커지는 겨울철에 특히 고층건축물에서 심하게 나타나며 코어부분, 즉 계단실 및 엘리베이터 샤프트에서 여러 문제를 야기하고 있는 실정이며 1층에서는 침기량을 증가시키는 원인이 되기도 한다. 이러한 연돌효과는 겨울철 고층의 대부분의 건축물에서 발생하며, 아래와 같은 중요한 문제를 발생시키고 있다.

- 1) 침기 및 누기에 의한 공기의 유, 출입에 따른 에너지 손실
- 2) 강한 유입 외기에 의한 불쾌감 유발
- 3) 엘리베이터문의 오작동
- 4) 코어 부근에 있는 실내에서의 출입문 개폐의 어려움
- 5) 침기 및 누기에 따른 소음
- 6) 샤프트 내 상승 기류로 인한 냄새와 기타 오염 물질 확산
- 7) 고층부 공기 누출 경로에 결로 발생 가능성 증대
- 8) 화장실 및 주방의 배기성능 불량

9) 건물 전체적으로 상승기류가 존재하며 간단한 난방부하 계산으로는 각 층의 온. 습도를 쾌적하게 유지하기 어려움

본 연구에서는 고층 오피스텔에서 발생하는 연돌효과로 인하여 야기되는 상기와 같은 문제점의 해결방안을 강구하기 위하여, 기초이론 정리 및 실제로 건축되는 도면의 분석, 유체해석 시뮬레이션을 실시하였으며, 도출결과에 근거하여, 이에 대한 대책을 건축적 요소를 중심으로 연구 건물의 설계상의 오류와 시공후의 문제점을 예측하고자 한다.

1.2 연구 동향

연돌효과는 모든 건물에서 발생하는 현상이나 그 정도가 미미하여 최근까지 문제점이 인식되지 못하였으나 1990년대 이후 초고층 건물의 급증에 따라 그 피해가 심각해지면서 비로소 주목을 받기 시작했다. 난방 공기의 유출로 인한 에너지 손실, 출입문 개폐의 어려움, 엘리베이터 작동오류, 불쾌한 소음, 화장실 또는 식당 등의 배기 불량 등의 문제가 발생하고 있으며, 심지어 화재 발생 시 계단실이나 엘리베이터 샤프트를 통해 화염이나 연기가 급속하게 상부 층으로 확대되어 큰 인명피해를 가져오기도 했다.

외국에서는 오래전부터 연돌효과로 인한 문제점을 인식하고 대응책을 마련해왔는데, 독일의 코메르츠크방크 본사, 미국 뉴욕의 메트로폴리탄 타워, 일본의 리터티 타워 등은 연돌효과를 저감하는 기술에서 한발 더 나아가 연돌효과를 능동적으로 이용하여 자연스러운 통풍을 유도하고 에너지 효율을 극대화한 예들이다. 우리나라도 아직 초기 단계이기도 하나 연돌효과를 저감하거나 이용하기 위한 관련 기술 개발이 점차 활발해지고 있는 실정이다.

연돌효과와 관련하여 1990년대에는 이에 관련된 특허가 얼마 되지 않았으나 2000년대 후반 들어 빠른 증가추세를 보이고 있으며, 연돌효과를 저감하

는 기술로는 건물의 기밀성을 높여 건물 내 공기 흐름을 저감시키는 기술, 건물내부 구획을 추가하여 압력을 분산하는 기술, 엘리베이터 샤프트 내부를 냉각시키는 기술, 회전문을 이용하는 기술 등이 있다.

반면 연돌효과를 이용하는 기술은 자연에너지 이용에 대한 관심 증가로 점차 그 비중이 증가하고 있다. 또한 연돌효과를 능동적으로 이용하는 기술로는 이중외피를 이용한 기술을 비롯하여 강제 환기 방식과 병용하는 하이브리드 환기 시스템, 태양열을 이용한 연돌효과 촉진 기술, 심지어 텐트의 배기 성능을 높이는 기술 등에 이르기까지 다양한 기술이 개발되고 있다.

연돌효과는 건물의 구조적인 문제로 건물 준공 후에는 관련 대책 마련에 큰 비용이 소요되며 그 방법 또한 매우 제한적이다. 따라서 선행연구들의 관련 자료에 기초하여 겨울철 바람이 많고 기온차가 심한 해안에 위치한 고층 오피스텔의 연돌에 대한 개선방안을 찾고자 한다.



1.3 연구의 범위 및 내용

고층 오피스텔에서 예상되는 연돌효과로 인한 여러 문제점을 파악하고, 이에 대비한 건축적 및 건축 설비적 개선방안을 도출하기위하여, 아래와 같은 방법과 순서에 따라 진행하고자 한다.

1) 연돌효과 유발 인자 분석

- 압력차 발생 원인을 연구
- 압력차 분포를 분석, 검토
- 예상 문제점들을 조사, 표기

2) 연돌효과에 의한 건축 및 건축설비부분에 대한 도면 분석.

- 건축 설계도면 검토
- 건축설비 설계도면 검토

- 각종 관련 기초자료 조사, 수집 및 현장 답사 조사, 현장의 관련종사자 면담

- 설계 도면상 시공 가능한 보완 방안 검토

3) 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 연돌효과 분석

- 연돌효과에 대비한 보완 방안을 제시하기 위하여 건축계획도면을 바탕으로 해당 건물의 모델을 작성
- 연돌효과로 나타나는 각종 문제점과 영향을 시뮬레이션⁽⁷⁾
 - 외피의 압력분포 계산
 - 엘리베이터문 압력분포 계산
 - 계단실문의 압력분포 계산
 - 세대 현관문의 압력분포 계산
- 시뮬레이션 결과를 토대로 문제 발생부위와 정도를 판단한 후에, 발생 가능한 문제점들을 해결할 수 있는 보완 방안 선정하여 현장에 접목할 수 있도록 조치하여 보다 쾌적한 환경을 갖춘 건물을 구축하고자 함.



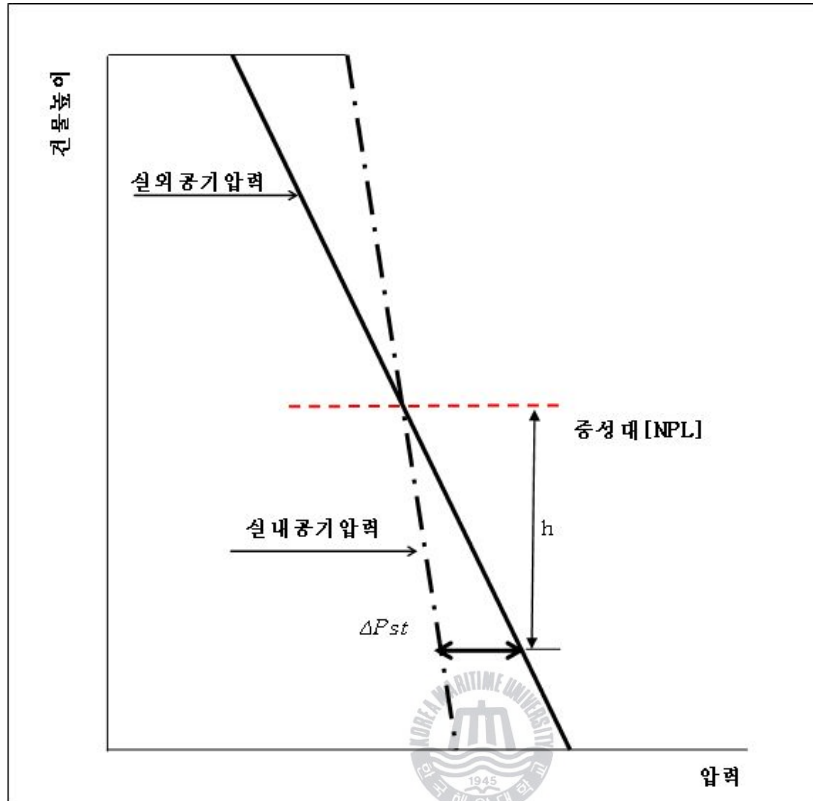
2. 연돌효과의 기초 이론⁽²²⁾

2.1 연돌효과

연돌효과는 건물 내·외부 공기 기둥의 무게 차이로 발생하는 압력차에 기인한다. 여름철에는 건물 내의 공기가 외부 공기에 비하여 상대적으로 더 차갑기 때문에 건물 내부의 공기가 건물 외부로 흐르게 되며, 겨울철에는 반대로 건물 내부가 상대적으로 더 따뜻하고 건물에 외부가 차갑기 때문에 외부와 내부 사이의 밀도차를 유발한다. 이 밀도차로 외부에 생기는 압력차는 건물의 높이에 따라 커지게 되며 지표면 상의 압력은 건물내부가 낮게 된다. 이 압력차로 인하여 지표면 상에서 건물로 들어오는 공기는 건물 내부의 상부로 이동하게 되는데, 이러한 공기의 흐름은 연돌과 관련된 흐름 메카니즘과 유사하다 하여 일반적으로 연돌효과 또는 굴뚝효과라고 정의하여 칭한다.

연돌효과의 영향 하에서는 건물 내부의 압력이 외부의 압력과 일치하는 위치가 생기게 되며, 이 위치를 건물의 중성대(NPL : Natural Pressure Level)라 한다. 이론상으로는 틈새(crack)나 개구부가 수직적으로 균일하게 분포되어 있다고 한다면 중성대는 정확히 건물의 중간높이에 위치하게 될 것이다. 한편 건물의 상부에 큰 개구부가 있다면 중성대의 위치는 올라가게 되며, 건물의 하부에 큰 개구부가 있다면 중성대의 위치는 내려오게 된다.

[그림 2-1]은 겨울철 연돌효과의 원인이 되는 건물 내, 외부의 압력분포를 도식적으로 보여주는 그림이다. 외부 압력이 내부 압력보다 클 경우, 일반 건물의 하부 부분에서 연돌효과에 의한 압력차 P_{st} (외부압력 - 내부압력)는 양(+)의 값을 가지게 되며 따라서 공기는 건물 내부로 흘러들어 오게 된다. 외부 온도가 내부 공기온도 보다 높을 경우에는 반대의 현상이 발생하고 되면 P_{st} 는 건물의 상부 부분에서 음(-)의 값을 가진다.



[그림 2-1] 겨울철 건물 내·외부 압력 분포

2.2 빌딩의 내·외부 압력차

건물 내·외부 압력은 건물 내부와 외부 사이의 공기밀도와 중성대로부터 수직거리의 관계로서 구해지며, [그림 2-2]에서 알 수 있듯이 높이에 따라 압력은 기준면으로부터의 거리에 따라 변해, 식(2.1), (2.2)로서 구할 수 있다.

$$P_o = P_{ref} + \rho_o g H \quad (2.1)$$

$$P_i = P_{ref} + \rho_i g H \quad (2.2)$$

여기서, P_o : 실내압력, P_a

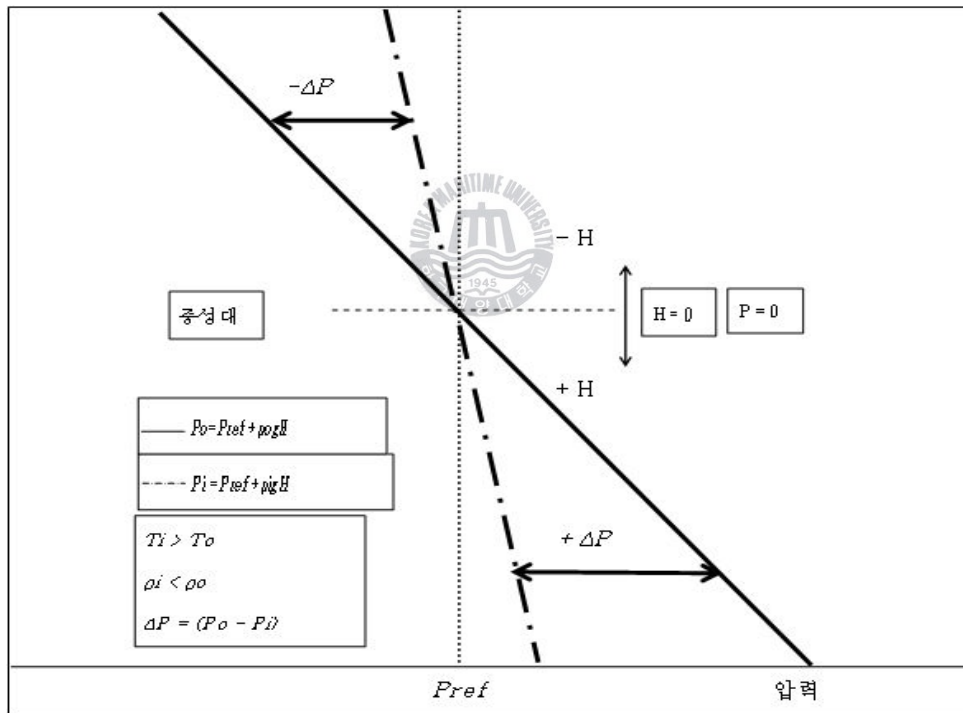
P_i : 실내압력, P_i

P_{ref} : 기준면(reference plane)에서의 압력, P_a

H : 기준면으로부터의 거리, m

g : 중력가속도, m/s^2

ρ : 공기밀도, kg/m^3



[그림 2-2] 겨울철 연돌효과로 인한 압력차

2.3 빌딩의 압력분포

2.3.1 연돌효과에 의한 압력차

건물 내부가 완전히 개방되어 있다면, 연돌효과에 의한 압력차는 전적으로 외벽에 작용하게 되며, 내부가 층별 슬래브로 수직적 구획과 각 층마다 수평적으로 구획되어져 있는 경우라면, 연돌효과에 의한 이러한 압력차는 외벽, 내벽, 그리고 수직 샤프트벽 등에 대해서 연속된 기류에 대한 저항에 따라 분배되게 된다. 일반적인 건물의 층별 슬래브에 의한 수직적 구획은 연돌효과에 의한 공기의 수직적인 흐름에 저항을 일으키게 되며, 따라서 한 층에서 그 다음 층으로 기류의 흐름에 대해 압력강하가 생기게 된다. 문에서의 이러한 저항들이 모두 층에서 동일하다고 가정될 수 있다면, ΔP_{st} 와 실제(외벽에 대한) 압력차 ΔP_a (actual pressure difference)를 연관 지은 식 (2.3)의 C_d (thermal draft coefficient)가 사용되어 질 수 있게 된다.

$$C_d = \Delta P_a / \Delta P_{st} \quad (2.3)$$

C_d 값은 계단실문의 기밀도 등과 같은 공기의 수직적 흐름에 대한 저항에 의존하며, 수직적인 흐름이 많을수록 바닥 간 압력강하는 커지고 C_d 값은 작아진다. 따라서 많은 침기가 발생하여 수직적인 흐름이 많고 기밀도가 낮은 외벽의 C_d 값이 작은 반면에 계단실 바닥과 같은 경우에는 압력강하를 감소시키므로 C_d 값이 크다. 결국, C_d 는 기밀하지 않은 외벽으로 된 건물에 대한 값($C_d = 0$)과 기밀한 외벽으로 된 건물에 대한 값($C_d = 1$)사이의 값을 가진다. 문이 없어 침기가 전혀 없는 계단실의 경우 C_d 값은 1.0이고, 개방형 평면을 가진 사무소 건물에서 실험적으로 측정된 C_d 값은 0.63에서 0.82 정도⁽⁵⁾이며, 이것은 내부를 구획하는 칸막이의 시공이 외벽의 시공의 비례상대적으로 기밀하지 않다는 것을 의미한다. 아파트 건축에서 C_d 값은 엘리베이터 샤프트가 일반적으로 사무소 건물보다 작으므로, 기밀도가 높은 수

직저항, 기밀도가 낮은 외벽, 개방할 수 있는 창문 등으로 인해 사무소 건물보다 더 작은 Cd 값을 가진다.

Cd 값은 중앙식 공조 시스템이 화재 시 정지될 경우 덕트가 모든 층의 공간과 상호 연결되어 내부 구획이 매우 느슨해지기 때문에 1.0에 접근하게 되며, 이때의 Cd 는 내부 칸막이 구획에 대한 외벽의 기밀도를 의미하게 된다. 외부에서부터 수직샤프트 내부까지 수평적으로 연속적인 기류의 흐름을 고려하면, Cd 값은 개방형 평면을 가진 건물에 대해서는 아래 식 (2.4)로 계산할 수 있다.

$$Cd = \frac{1}{1 + (Aw/Ay)^2} \quad (2.4)$$

여기서

Aw : 외벽에서 단위 층면적당의 침기 면적

Ay : 수직 샤프트 벽에서 단위 층면적당의 침기 면적

외벽에 대한 압력차는 다음 식 (2.5)와 같다

$$\Delta P_w = Cd \Delta P_{st} \quad (2.5)$$

그리고 수직 샤프트 벽(ΔP_w)에 대해서는 아래 식 (2.6)과 같다

$$\Delta P_v = (1 - Cd) P_{st} \quad (2.6)$$

엘리베이터 샤프트가 로비와 연결된 경우에는, 연속적인 기류로 인해 엘리베이터 로비 벽에 발생하는 압력차(ΔP_l)은 아래 식 (2.7)과 같다.

$$\Delta P_l = \frac{1}{1 + (Al/Ae)^2} \Delta P_v \quad (2.7)$$

여기서, A_ℓ : 엘리베이터 로비 벽에서 단위 층면적당의 침기면적

A_e : 엘리베이터 샤프트의 로비층 벽에서 단위 층면적당 침기면적

식(2.7)에서 식(2.6)을 대입하면, 식 (2.8)을 유도할 수 있다.

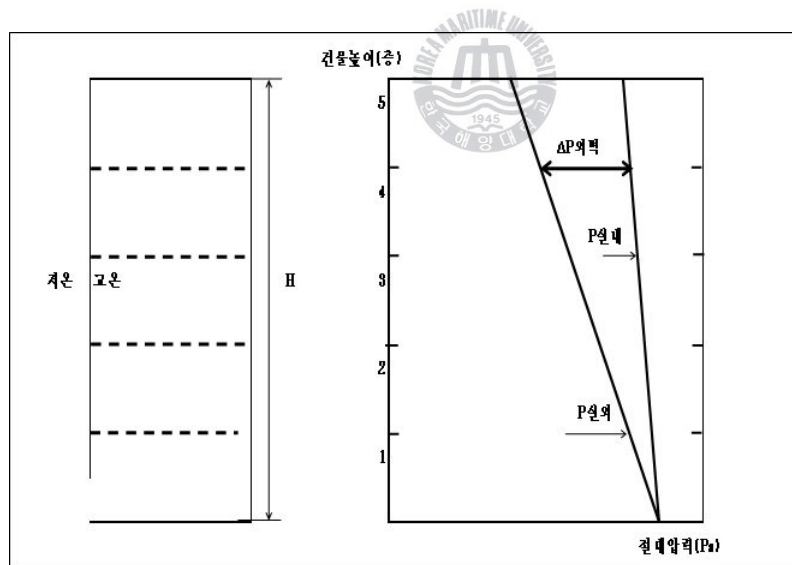
$$\Delta P_l = \frac{(1 - C_d)}{1 + (A_l/A_e)^2} \Delta P_{st} \quad (2.8)$$



2.3.2 건물에서의 층별 압력분포 (6-18)

1) 내부 층간 구획이 없고 최하층에 큰 개구부가 있는 건물

[그림 2-3]은 내부 층간 구획이 없고 최하층에 큰 개구부가 있는 건물의 높이에 따른 절대 압력의 변화를 보여준다. 안정된 온도 조건하에서 최하층 개구부가 있는 높이에서는 내·외부 압력이 동일하게 되며, 공기밀도는 온도가 올라감에 따라 작아지고 습도가 높아짐에 따라 조금씩 감소하게 된다. 건물 내부의 공기 기둥은 실온으로 유지되고, 반면에 바깥 공기 기둥은 동일한 높이의 외기와 같은 온도의 공기로 되며, 이들의 압력차 역시 높이에 따라 줄어들게 된다.

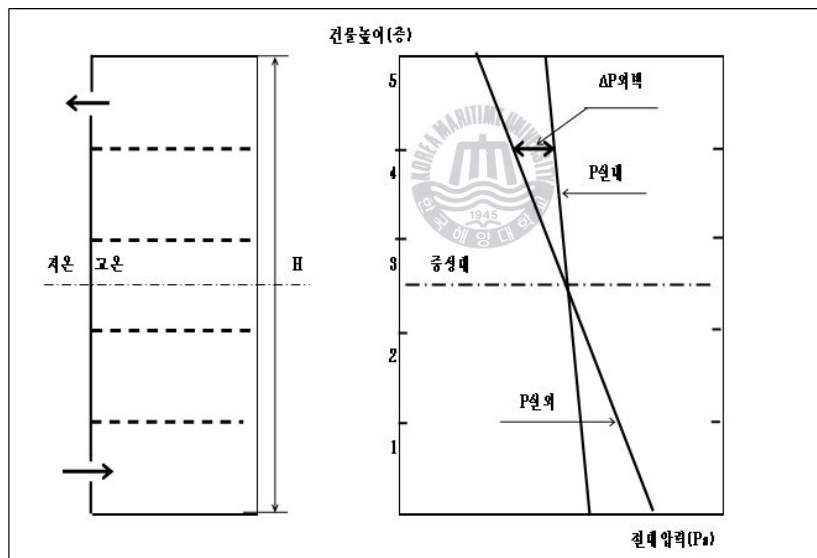


[그림 2-3] 내부 층간 구획이 없고 최하층에 큰 개구부가 있는 건물

2) 내부 층간 구획이 없고 최상층에 개구부가 있는 건물

내부 층간 구획이 없고 최상층과 최하층에 개구부가 있는 건물의 높이에 따른 압력의 변화를 [그림 2-4]에 개념적으로 나타내었다. 기류는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르게 되는데, 최하층에서는 외부 압력이 내부 압력보다 높아서 외부 공기가 유입되고, 건물 내부의 상부에서는 하부의 압력보다 더 낮아서 수직선으로 하부에서 상부로 공기 유동이 일어난다.

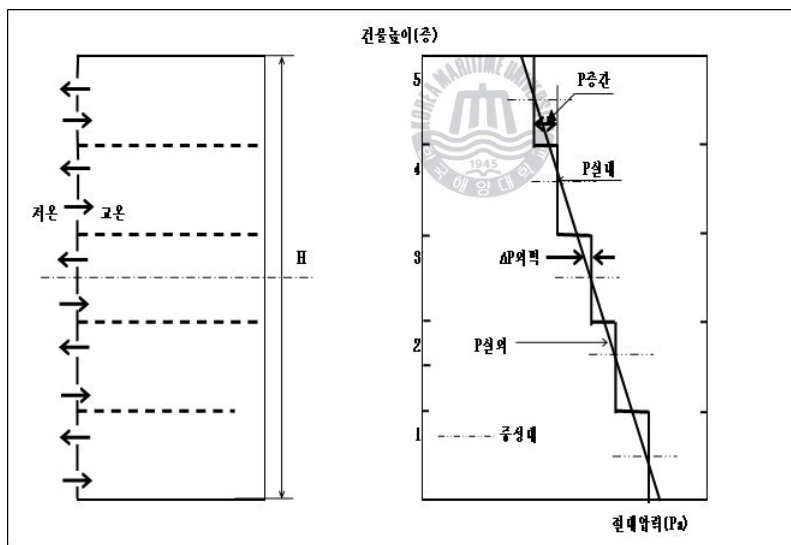
최상층과 최하층에 있는 개구부가 동일한 크기일 경우, 공기 흐름에 대한 저항값이 균등하므로 내·외부 압력차는 같게 된다. 아울러 중성대에서는 외벽을 기준으로 건물 내·외부 압력차가 없다는 것을 의미한다.



[그림 2-4] 내부 층간 구획이 없고 최상·하층에 개구부가 있는 건물

3) 내부 층간 구획이 있고 각 층 외벽에 동일한 크기의 개구부가 있는 건물

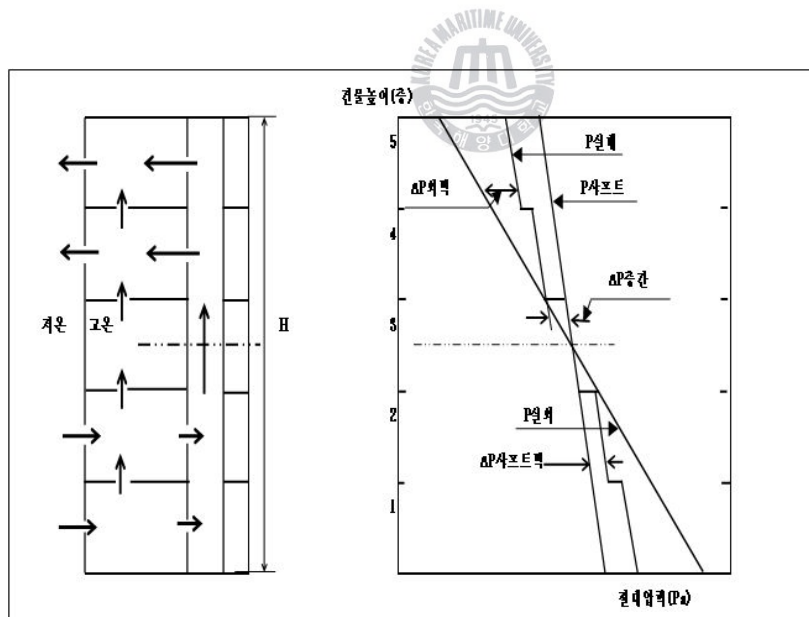
[그림 2-5]는 내부 층간 구획이 있고 각 층 외벽에 동일한 크기의 개구부가 있는 건물의 높이에 따른 압력의 변화를 보여준다. 이 경우 층간의 기류 흐름은 없으며, 내·외부가 연결되어 연돌효과는 다른 층에 의해 영향을 받지 않는다. 각 층의 각각의 중성대를 기준으로 하부에서 안쪽으로, 상부에서는 바깥쪽으로 공기의 흐름이 나타난다. 그러므로 외벽을 기준으로 각 층 외벽의 상부와 하부에서 내·외부 압력차의 합은 그 층의 연돌효과와 동일하다. 전체 건물높이에 대한 연돌효과는 각 층별 압력차의 합과 건물의 최상부와 최하부에서 외벽의 압력차를 더한 값과 같다.



[그림 2-5] 내부 층간 구획이 있고 각 층 외벽에 동일한 크기의 개구부가 있는 건물

4) 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로가 있는 건물

[그림 2-6]는 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로가 있는 개방형 평면을 갖고 있는 건물의 높이에 따른 압력의 변화를 보여준다. 실제 다층 건물에서는 [그림 2-4]에 나타난 것처럼 내부가 완전히 수직적으로 트여있지 않고, [그림 2-5]에서처럼 층간 구획이 완전히 기밀한 것도 아니다. 즉 [그림 2-6]과 같이 각 층에서 여러 공기 유동 경로를 통해서 직접적으로 공기가 흐르는 부분이 있으며, 여러 개 층을 관통하여 공기가 흐를 수 있는 수직 통로인 계단과 엘리베이터, 그리고 다른 설비관련 샤프트가 있다. 이 경우 층간의 압력차와 샤프트 벽 압력차가 각각 다르게 나타나며, 수직 통로에 대한 압력도 전체 연돌효과 측면에서 중요하다. 단, 이 경우 수직 통로 내에 서의 벽면 마찰에 의한 기류 저항은 일반적으로 크지 않다.

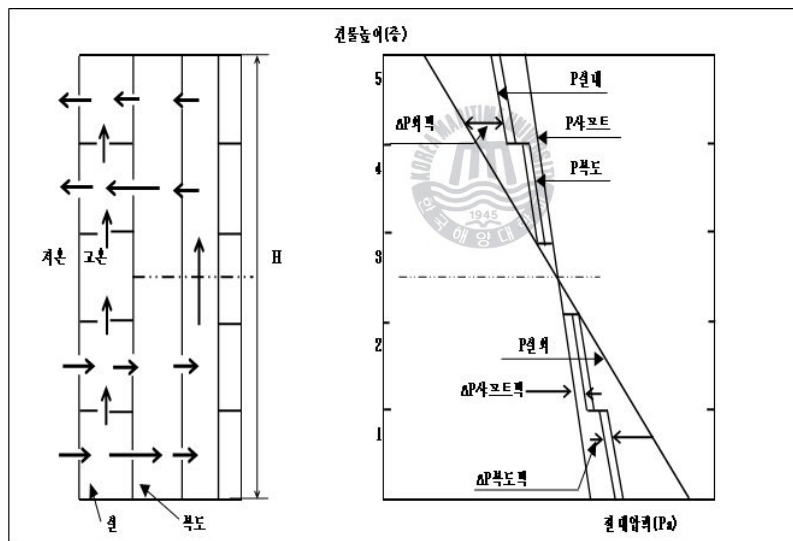


[그림 2-6] 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로가 있는 건물

5) 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로와 각 층에 복도가 있는 건물

[그림 2-7]는 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로와 수직 통로와 주거 건물과 같이 각 층에 복도가 있는 건물의 높이에 따른 절대압력의 변화를 보여준다. 압력과 기류 패턴은 [그림 2-6]의 압력 분포선에 복도에서의 압력값을 더한 형태이다.

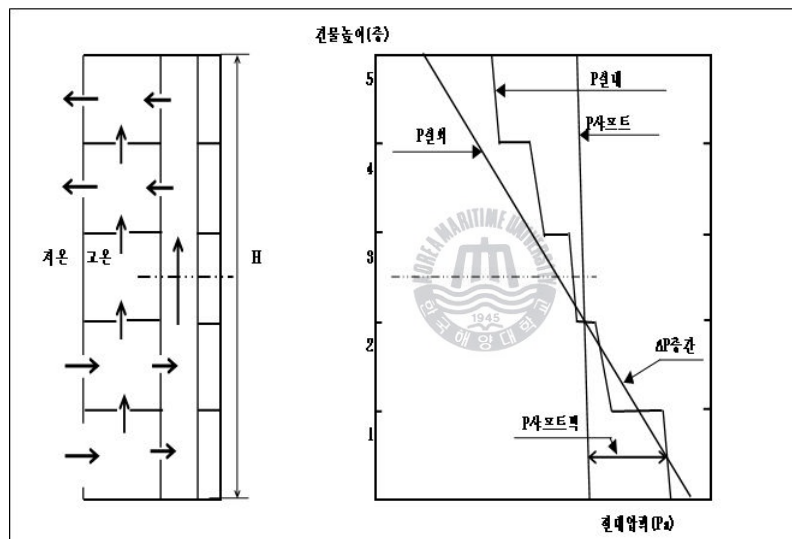
수평적 구획인 복도면에서 마찰에 의한 기류 저항으로 연돌효과로 인한 전체 압력이 수직 통로벽면, 복도벽면, 외벽에 걸리게 되고 각 요소들에 작용하는 압력은 [그림 2-6]의 경우보다 감소되어 나타나게 된다.



[그림 2-7] 내부층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직통로가 각 층에 복도가 있는 건물

6) 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로와 출입 층에 큰 개구부가 있는 건물

[그림 2-8]은 출입 층은 큰 개구부가 있어 중성대의 위치가 아래쪽으로 내려온 것을 알 수 있다. 실내의 압력을 나타내는 분포선이 중성대 아래층에서는 외피의 압력선에 근접하고 있어서 샤프트벽에서의 압력차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그리고 1층과 2층의 바닥에 걸리게 되는 압력차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다.



[그림 2-8] 내부 층간 구획에 작은 개구부가 있고 수직 통로와 출입층에 큰 개구부가 있는 건물

2.4 연돌효과의 문제점

2.4.1 각 층 출입문과 엘리베이터문에서의 문제점

실내로 들어온 공기는 엘리베이터 샤프트를 통하여 상승하게 되며, 이때 각 층 출입문과 엘리베이터문에 압력차가 작용하게 된다. 이로 인해 코어 부근에 있는 실에서 출입문 개폐의 어려움이 생기고 엘리베이터문이 닫히지 않는 등의 오동작을 일으키거나, 운행시 기류 흐름에 대한 저항으로 흔들림 등의 문제가 발생한다. 이러한 문제는 각 실별 출입문 개폐, 피난 계단 출입문 개폐를 어렵게 하여 화재시에 심각한 재해를 일으킬 수 있다.

2.4.2 침기, 누기에 따른 문제점



겨울철 고층건물에 난방을 할 경우 실내외 온도차가 커서 이에 따른 건물 내·외부의 압력차에 의해 저층부 출입구나 개구부에서 외기 침입이 많아지고, 찬바람이 입구에서 계단이나 샤프트를 통하여 건물의 상층부로 이동한다. 한편 상층부에서 틈새바람으로 실내의 공기가 유출되는 기류현상이 발생한다.

이로 인해 상층부 공간은 과열될 수 있는 반면 하층부의 재실자는 난방 불량으로 인한 불편감을 호소할 수 있다. 예로, 상층부 재실자는 난방가동 스위치를 끄는 반면 하층부의 재실자는 그들의 난방기를 거의 배의 시간으로 난방 하는 경우가 있다. 특히 개방용 창문이 설치된 건물에서는, 상층부 재실자가 창문을 개방할 경우 이로 인한 침기와 누기에 따른 불쾌적 문제는 더욱 증가하게 된다.

이러한 문제 외에도 건물에서 누기에 따른 결로의 발생과 소음문제 그리고 막대한 냉·난방 에너지 손실을 일으킬 수 있다

2.4.3 건물에 화재가 발생할 경우 문제점

건물 내부의 공기는 아래층에서부터 수직 통로로 흘러 들어가는 기류와 수직 통로에서 위층으로 빠져나가는 기류로 인하여 일반적으로 위로 상승한다. 이것은 냄새 및 연기와 같은 오염물질들이 퍼지는 것에 영향을 미친다. 특히, 저층부에서 화재가 발생하며, 유독성 연기와 화염이 각종 수직 개구부인 계단, 엘리베이터, 설비샤프트, 공조덕트 등을 통하여 급속하게 상부층으로 확대된다.

그러므로 화재 시 엘리베이터 사용 중지, 비상용 엘리베이터 전실에 제연설비 설치, 수직 샤프트의 층간 구획 등이 중요하다. 위에서 언급한 문제점 이외도 강한 외부기류의 유입으로 외기에 의한 불쾌감 유발 및 지하 주차장 배기가스 및 냄새의 확산으로 인해 실내 쾌적 환경에 나쁜 영향을 미치는 원인이 되기도 한다.



2.5 연돌효과 문제점 해결을 위한 방법

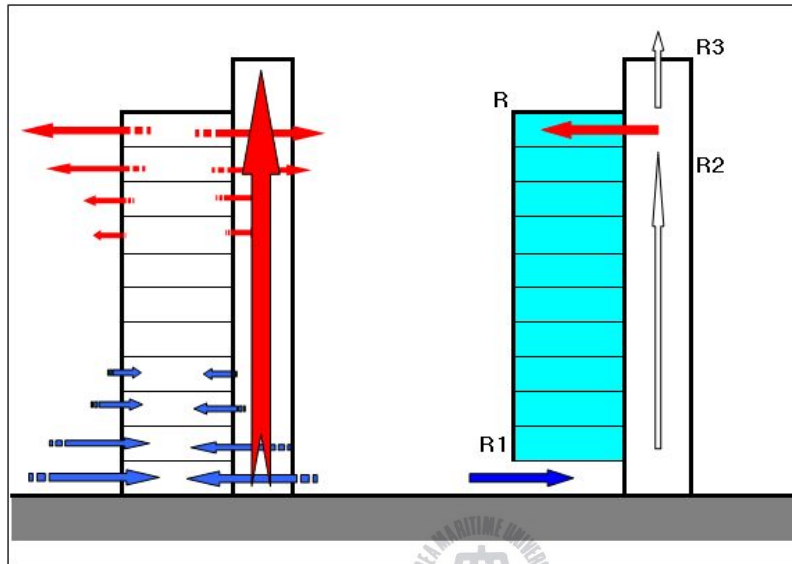
연돌문제에 대한 해결책 중에서 가장 중요한 건축적 요소는 건물에서 외기와 직접 면하고 있는 외피 부분이며, 기존문헌⁽³⁾에서도 외피를 기밀하게 하여 이를 통한 압력차를 줄이는 것이 바람직하다고 하고 있다. 건물 외피 기밀화 계획이 선행된 후에도, 실내에 작용하는 압력차가 문제를 야기하는 경우에는 공기 유동에 저항이 되는 건축적 요소들을 계획함으로써 압력차 문제를 해결할 수 있다. 즉, 이러한 건축적 요소를 통한 구획으로 공기의 유동량을 줄이고, 실내에 작용하는 압력차를 건축적 요소로 분배하여 요소마다의 압력차를 작게 하는 것이다. 문제가 많이 발생하는 겨울철에 건물 내부에서 나타나는 공기 이동의 주경로는 [그림 2-9]과 같이 크게 공기의 유입부(R1), 공기의 상승부(R2), 공기의 유출부(R3) 세가지 영역으로 구분할 수 있으며, 최종적으로 건물 전체를 볼 때, 공기의 유출입이 이루어져 건물의 공기 이동에 영향을 주는 건물외피 부분(R)도 하나의 영역으로 구분할 수 있다. 따라서, 이러한 공기 이동의 주경로에서의 공기 이동을 제한함으로써 연돌효과로 인한 문제를 해결 할 수 있다.

공기 이동을 제한하는 방법으로 공기이동이 일어나는 모든 공기 이동 경로를 기밀하게 계획하는 것이 중요하다. 이는 공기 이동을 차단하는 건축적 요소를 설치하는 방법과 가능하다면 그 경로를 막음으로써 구현 할 수 있다.

위의 기초적인 건축적 계획에 의한 최대한의 방안을 구현한 후에도 연돌효과로 인한 압력차 문제가 해결되지 않는 부분이 있다면, 건축 설비적 공조를 이용하여 특정구역을 가압하여 해결하는 방법이 있으며, 기존연구⁽¹⁾ 결과에서도 연돌 효과에 대한 대책으로는 설비적인 개선방법이 더 바람직하고 효율적이라고 밝히고 있다.

따라서, 연돌효과로 인한 문제점을 해결하기 위해서는 우선적으로 건물에서의 공기 이동의 주경로마다 기밀성을 확보하는 계획이 요구되며, 이는 외

피(R)의 기밀화와 공기 유입부, 상승부, 유출부의 공기이동 제한을 모두 포함한다.



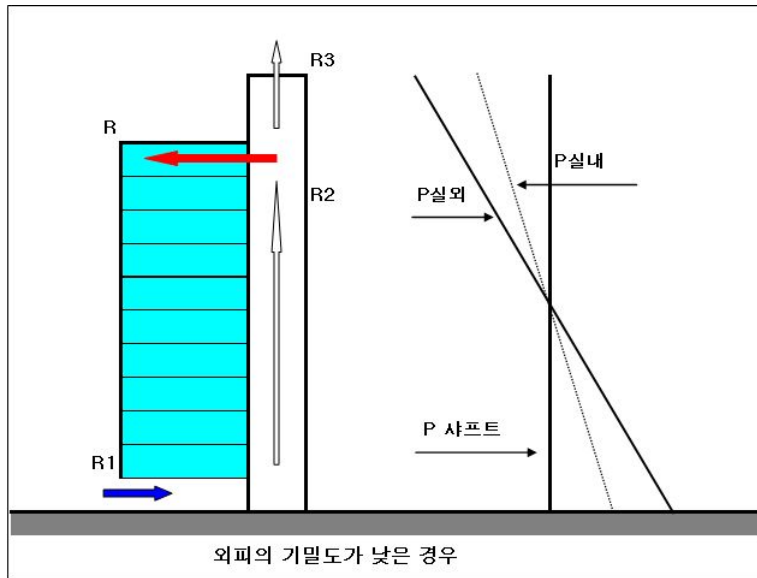
R1 : 공기의 유입부, R2 : 공기의 상승부, R3 : 공기의 유출부, R : 외피
[그림 2-9] 겨울철 공기유동의 주경로

2.5.1 외피(R)의 기밀화

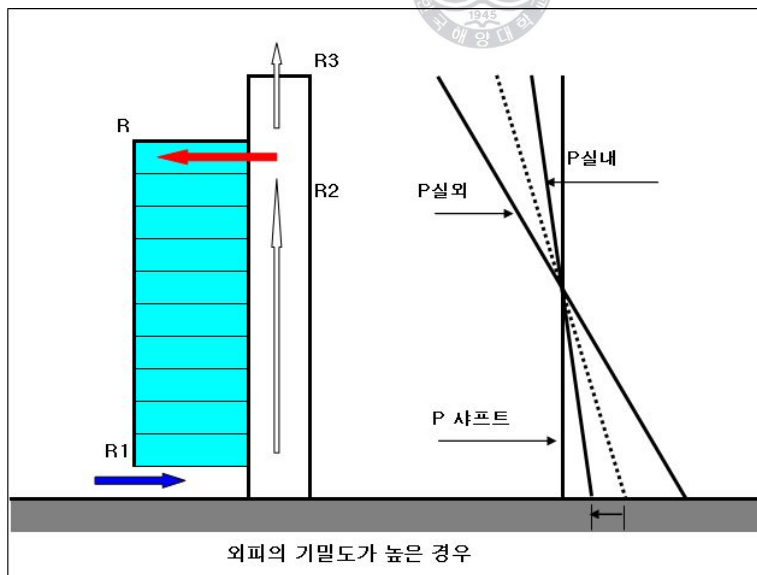
건물 외피가 압력에 잘 견디는 견고한 구조이고 개폐용 창이 없는 경우라면, 문제 해결에 있어 최우선의 방법은 건물 외피를 기밀하게 함으로써 연돌효과로 인한 공기의 흐름을 최소화 시키는 것이다. 이러한 건물 외피의 기밀화를 통하여 유입과 유출되는 공기량을 줄이면, 건물 외피에는 큰 압력이 작용하고 실내에는 상대적으로 작은 압력이 걸리게 되며, [그림 2-10.1,2]은 건물 높이의 변화와 외피의 기밀도에 따라 실외와 실내 그리고 샤프트의

압력차를 비교한 그림이다. 그 결과를 보면, 건물 외피의 기밀도가 높을수록 실내와 외기 간의 압력차는 커지고, 이러한 압력차는 건물 높이가 높아질수록 증가 하는 것으로 나타난다. 즉, 외피가 기밀할수록 외피 부분에 많은 압력차가 걸리게 되고, 실내에 있는 건축적 요소에는 작은 압력차가 나타나게 된다. 따라서, 건물 내·외에 압력차의 큰 부분을 외피가 부담하면 건물 내에서의 공기유동이 감소하여 건물 내에서의 연돌효과로 인한 압력차를 완화시킬 수 있다.





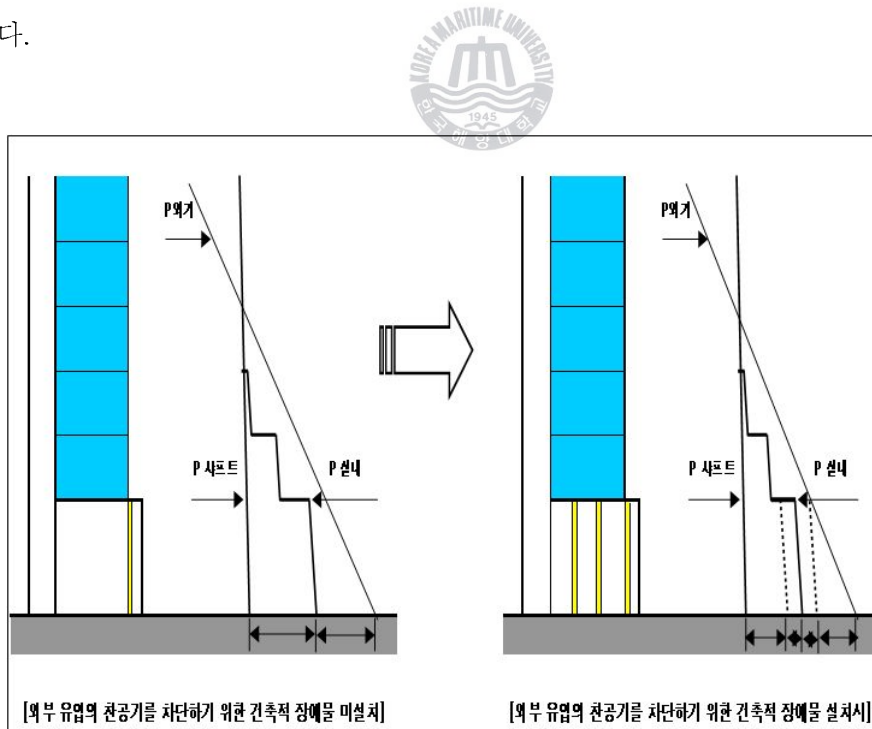
[그림 2-10.1] 외피의 기밀도가 낮은 경우



[그림 2-10.2] 외피의 기밀도가 높은 경우

2.5.2 공기 유입부(R1)의 공기유동 제한

연돌효과는 건물 내의 공기유동에서 기인하는데, 공기유동 경로의 특성상 외부공기는 상대적으로 개구부가 많은 하층부에서 유입되게 되는데 이는 에너지적인 측면과 실내 쾌적 조건 유지측면에서도 불리하고, 들어온 공기는 건물 내부의 연돌효과를 촉진시켜 코어부분의 각 층 출입문에 과압이 걸리게 된다. 건물 유입부에 건축적 요소 설치 유무에 따른 압력차 비교를 [그림 2-11]에 나타내었다. 그 결과를 보면, 건축적 요소를 도입했을 때는 샤프트와 실내의 건축적 요소들과 실외 간의 압력차가 줄어든 것으로 나타난다. 이처럼 건물 내로의 공기 유입이 이루어지지 않으면 공기 유동이 일어날 수 없으므로, 외부 공기가 들어오지 못하도록 하층부 출입문을 기밀하게 하고, 여러 건축적 요소들을 도입하면 연돌효과에 따른 문제점들을 해결할 수 있다.



[그림 2-11] 공기 유입부에 건축적 요소 설치 유무에 따른 압력차

2.5.3 공기 상승부(R2)의 공기유동 제한

외부에서 건물 내부로 들어온 공기는 수직적으로 연결되어있는 샤프트들이 모여 있는 코어부분에서 대부분 상승하게 될 것이다. 이때, 많은 공기가 코어에 있는 각종 개구부와 틈새를 통과하면서 압력차가 발생하게 된다. 마찬가지로 건물의 상층부에서는 상승한 공기가 다시 코어에서 실내 공간으로 나오면서 개구부와 틈새에 압력을 작용하게 할 것이다. 따라서 겨울철 건물에서 공기가 상승할 수 있는 부분에서 공기 유동을 제한하여 연돌효과를 억제하면, 연돌효과로 인한 문제해결에 많은 도움이 될 수 있다. 건물의 엘리베이터 샤프트의 수직적 구획은 수직 통로로의 공기 유동 제한을 할 수 있다. 전실문, 통로문 설치 등의 내부 구획을 통하여 각 층별로 공기 유동이 이루어지는 것을 제한하는 것을 나타내는 좋은 예이다. 이러한 공기 상승부의 공기유동을 제한하는 구체적인 방법으로는 다음의 수직통로의 공기유동 제한, 각 층별 단위의 공기유동 제한, 그리고 각 층간 공기유동 제한으로 구분할 수 있다.



1) 수직 통로의 공기 유동 제한

- 엘리베이터 샤프트의 수직적 구획
- 계단실 샤프트 수직적 구획
- 각종 설비 샤프트 수직적 구획

2) 각 층별 단위의 공기 유동 제한

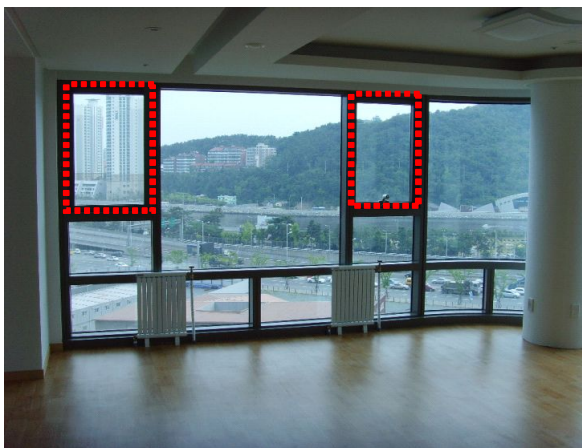
- 벽 등의 내부 구획 기밀화
- 전실문, 통로문을 설치

3) 각 층간 공기 유동 제한

- 바닥(SLAB)과 외피 접합부의 기밀화
- 바닥 자체의 기밀화

2.5.4 공기 유출부(R3)의 공기유동 제한

건물의 하층부에서 들어온 공기는 수직적 샤프트를 따라서 상승하여 중성대 위의 건물 상층부에서 다시 외부로 나가게 된다. 만약 실내 공기가 유출될 수 있는 개구나 틈새가 없다면 연돌효과가 촉진되지 못하지만, 실제 건물의 경우 유입된 공기의 대부분이 건물의 외피와 외기가 접한 공기 유동 경로를 통하여 유출하게 된다. 일반적으로 중성대 높이에서 상층부로 갈수록 외피에는 점점 더 큰 압력차가 작용하게 되는데 이러한 상층부에 개구부가 있다면 많은 실내 공기가 건물 밖으로 빠져나가게 될 것이다. 특히, 상층부의 주요 개구부인 옥상층 출입문과 엘리베이터 기계실에 자연환기를 위한 개구부에 대한 주의가 요구된다. 이처럼 공기가 건물 외부로 나갈 수 없다면 공기는 건물 내부로 들어올 수 없으므로 상층부를 기밀하게 하여 연돌효과에 따른 문제점을 최소화할 수 있으며, 구체적인 방법으로는 건물 상층부에 개구부 설치 지양, 건물 상층부의 외피 기밀화, 건물 상층부의 창호 폐쇄, 상층부 기계실의 기밀화 등을 들 수 있다. [그림 2-12]는 건물 상층부의 외피 기밀화를 통한 연돌효과 최소화 실시한 사진이다.



[그림 2-12] 건물 상층부의 외피 기밀화

3. 빌딩 내부 공기 압력차에 따른 기밀성 측정

3.1 측정개요

국내에 고층건물이 늘어남에 따라 건물 내에서의 강한 공기의 이동 즉, 연돌효과로 인한 문제가 많이 발생되어지고 있다. 이러한 연돌효과는 특히, 실내외의 공기온도차가 큰 고층건물에서 심각하며, 코어 부분 즉, 계단실, 엘리베이터 샤프트에서 주로 발생하여 공기의 유·출입에 따른 에너지 손실, 엘리베이터문의 오동작, 코어 부에 근접한 출입문 개폐의 어려움, 침기 및 누기에 따른 소음, 강한 외기 유입에 의한 불쾌감 유발 등의 문제를 야기하고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 초고층 오피스텔의 연돌효과에 의한 영향분석 및 대책수립에 있으며, 국내 건물 현장 실측을 통하여 얻어 data를 바탕으로 건물 내에서의 연돌효과 문제에 영향을 주는 공기이동 경로의 정량적인 분석을 통하여 연구빌딩의 영향평가 시뮬레이션 시 보다 정확한 자료를 이용하여 보다 정확한 결과를 얻고자 한다.

3.1.1 기밀성 측정방법 원리

이 실험은 주거용 오피스텔 건물의 연돌현상 발생량 측정 및 저감 방안을 위한 전산 해석의 부위별 경계조건 입력자료 산출을 위한 것으로 엘리베이터 샤프트, 비상계단, 외부의 압력(전압)은 기존연구data를 이용한다. 각 실에 걸리는 압력과 누기량(전류)을 알기 위해서는 각 누기요소(저항)별 기밀 성능을 알아야 하는데, 일부는 문헌이나 설계기준치를 적용할 수 있지만, 일부는 측정을 통해 그 값을 정해야 한다.

따라서 이 실험에서는 기존 문헌 자료로는 강화유리문, 현관문, 자동문, 엘리베이터문 등의 기밀성능 데이터 확보를 위해 기존에 실험한 data⁽¹⁾를 참고 하였다.

3.1.2 건물 내의 기밀성 측정방법

압력차 측정법은 압력차를 임의상태로 유지시킨 후, 그에 따른 공기유동 변화량을 측정하여 건물의 부위별 기밀성능을 측정하는 방법으로 지나친 공기유동이 계획 환기시스템의 적용을 어렵게 한다는 점에서 중요하며, 건물의 총 공기유동량(Overall air leakage of building)을 측정하는 가장 일반적인 방법이다. 또한 연돌효과에 따른 모든 문제점들을 공기 유동을 야기시키는 압력차와 관련이 있으므로, 이러한 압력차를 중심으로 문제를 해결해 나가는 방향이 올바른 접근 방법이라고 판단된다. 이 측정법은 블로어 도어(blower door)를 이용하여 단위 실 또는 주거호 전체를 대상으로 기밀성능을 측정하며, 실험조건을 임의로 변화시킬 수 있고, 사계절 주변기후의 영향을 크게 받지 않고 측정할 수 있다는 장점이 있으며, 바닥면적 당 누기면적으로 산출이 가능하다.

1) 적용 대상의 범위

- 단위 실 또는 전체 건물
- 건물 기밀성능 기준의 검증

2) 측정원리 및 방법

팬(fan) 또는 블로어 도어(blower door)를 이용하여 실 내부 압력을 임의 조절한 후 압력계 또는 압력차로 실내외 압력차를 측정하여 공기 유동량을

산정하는 방법을 공기 유동량(Q : m^3/hr)은 아래 [식 3.1]에 의해 구할 수 있다. 단위 실 또는 건물 전체의 기밀성능 측정은 일반적으로 압력차 10Pa 에서부터 약 100Pa 정도에 걸쳐서 5~10Pa 간격을 압력차를 증대시키면서 각 감압법과 가압법에 의한 압력차에서의 공기유동량을 측정한다.

$$Q = C(\Delta P)^n \quad (3.1)$$

여기서, C = 유체계수

ΔP : 실내외 압력차, Pa

n : 유체지수

이 측정법은 국가에 따라 측정장비, 기준압력차, 측정 결과의 평가기준 등 세부적인 적용기법에서 다소 차이가 나고 있으나, 전체적으로 동일한 개념 및 원리를 가지고 있다.



3.2 측정대상

아래와 같은 기준에 의하여 선정하였다.

- 1) 누기 요인 중 기밀성 기준값이 없는 부위(커튼월은 기준값이 있으므로 제외)
- 2) 상당히 기밀하여 측정 결과 값이 예상치 혹은 기존 자료와 큰 차이가 없을 것으로 예상되는 부위(각종 벽체 제외)
- 3) 제조사가 공급하는 기밀성 측정 결과가 없는 부위(발코니 분합문 창호 제외)

상기에 해당하지 않는 부위는 대략적으로 각 종 출입문에 해당(약 6종)하며 측정개요는 아래와 같다.

- 세대 : 세대 현관문, 실외기실문
- 홀 : 계단실문, 엘리베이터문
- 건물출입 : 스윙도어, 자동문

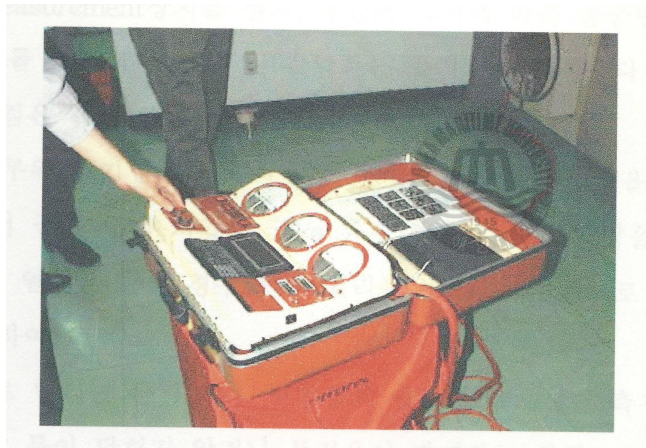
고층 오피스텔 빌딩에서 발생할 수 있는 연돌효과 문제를 효과적으로 저감시키기 위해서, 개선안이 지켜져야 할 기밀도 기준은 아래[표 3-1]와 같다. 각 건축적 요소에서의 기밀도 수준이 다음의 기준값보다 더 기밀하다면 연돌효과의 대비 측면에서 보다 효과적이고, 쾌적한 주거 생활을 할 수 있을 것으로 사료된다.

[표 3-1] 연돌효과 저감을 위한 기밀기준

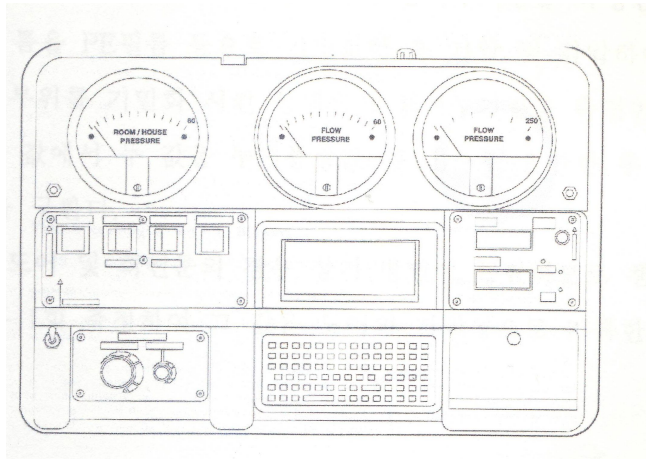
NO	건축적 요소	기밀도	누기면적		감소계수	유체체수	압력차 (Pa)
			단위	값			
1	계단실문	tight	cm ² /m ²	87	0.65	0.65	75
2	엘리베이터문	average	cm ² /m ²	240	0.65	0.65	75
3	세대 현관문	loose	cm ² /ea	53	1	0.65	4
4	세대 발코니문	tight	cm ² /ea	3	1	0.65	4
5	평면구획 여닫이문	average	cm ² /ea	130	0.65	0.65	75
6	실외기실문	average	cm ² /ea	12	1	0.65	4
7	커튼월 외벽	average	cm ² /m ²	2.1	0.65	0.65	75

3.3 측정 장비 개요

본 대상 건물의 실측에는 [그림 3-1,2]에서 보는 바와 같이 미국 RETROTEC사 제조 Air Measurement(970HP)가 사용하였다. ROOM PRESSURE는 제어판의 왼쪽에 있으며 차압 60Pa로부터 측정 가능하며, FLOW PRESSURE는 제어판의 중앙과 오른쪽에 누기압 250Pa로부터 측정 가능하다. RANGE는 다이어그램으로부터 읽은 값을 적용하고, TEMPERATURE는 내외부의 온도차 측정 가능하도록 되어 있다.



[그림 3-1] 기밀성능 측정 장비



[그림 3-2] 기밀성능 측정 장비 제어판

3.4 측정 방법



측정 방법은 다음과 같으며 아래와 같은 순서로 누기량 측정을 진행하였다.

- 1) 측정할 부위의 각 장소별로 공간을 기밀화 시킨다.
- 2) Air Measurement 장치를 설치, 공간의 크기에 따라 송풍량을 조절하기 위해 Range를 조절하며 가압 및 감압하는 공기량을 조절한다.
- 3) 온도 센서와, 차압센서를 설치한다.
- 4) 일단 측정부위를 기밀화 시키지 않은 상태에서 전체 누기량을 측정한다.
(전체 실험에서 공간내에 차압은 50Pa까지 해준 다음 누기량을 측정한다)
 - 1방향으로 열리는 문의 경우 문이 열리는 방향을 정압력으로, 반대방향을 부압력으로 하여 측정
 - 양방향으로 열리는 문의 경우 한방향의 압력에 대해서만 측정

- 관찰사항 : 문이 닫히지 않거나 풍절음이 발생하는 압력

- 5) 다음은 측정부위를 기밀화 시킨 상태에서 챔버 누기량을 측정한다. (측정 대상의 틈을 PE필름 등으로 기밀화한 후 가압 및 감압하여 누기량 측정)
- 6) 다음은 측정부위를 기밀화 시킨 상태에서 챔버 누기량을 측정한다.
- 7) 이렇게 나온 값에서 두 값을 누기풍량값(CFM)으로 화산한 후 두 값의 차에서 도어 누기량을 구한다.
- 8) 엘리베이터 도어의 경우 상기 방법이 곤란하므로 챔버를 최대한 기밀화한 후 1회 측정하여 그 값을 도어의 기밀성으로 기록한다.



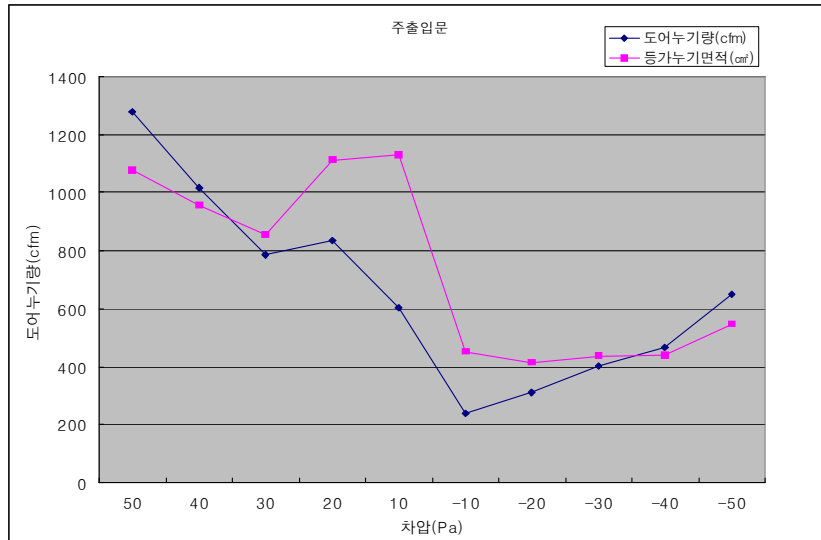
3.5 국내건물의 기 측정 결과

3.5.1 D건설 사옥 주출입 문(자동문)

추운 겨울철에 건물 내부에서의 공기의 유입이 일어나는 일반적으로 사용자의 편리를 위하여 설치되어 있는 자동문의 경우, 열려있는 시간이 길고 그 개폐면적도 넓음으로 많은 공기가 흐르게 된다. 이러한 자동문에 대한 기밀도 측정을 위하여 D건설 사옥 주출입문의 방풍실을 기밀하게 막고 실 내쪽문에 대하여 누기량을 측정하였으며, 그 결과는 아래 [표 3-2]와 같다.

[표 3-2] D건설 사옥 주 출입문(자동) 누기량 및 등가 누기 면적

차압	EP(전체)			FP(챔버)			도어누기량	ELA
	Pa	Range	CFM	Pa	Range	CFM	CFM	㎡
50	125	18R	3723.46	52	18R	2444.06	1279.4	1075.9
40	97	18R	3296.7	45	18R	2280.19	1016.5 1	955.71
30	68	18R	2779.93	34	18R	1993.15	786.78	854.14
20	41	18R	2180.55	15	18R	1345.72	834.83	1110.0 1
10	18	18R	1468.79	6	18R	866.85	601.95	1131.9
-10	19	18R	1239.35	12	18R	999.07	240.28	451.84
-20	42	18R	1797.89	28	18R	1468.54	311.35	413.95
-30	67	18R	2238.14	44	18R	1837.54	400.6	434.88
-40	93	18R	2610.22	61	18R	2141.79	468.42	440.38
-50	130	18R	3054.2	78	18R	2403.54	650.67	547.2



[그림 3-3] D건설 사옥 자동문 압력에 따른 누리량 그래프

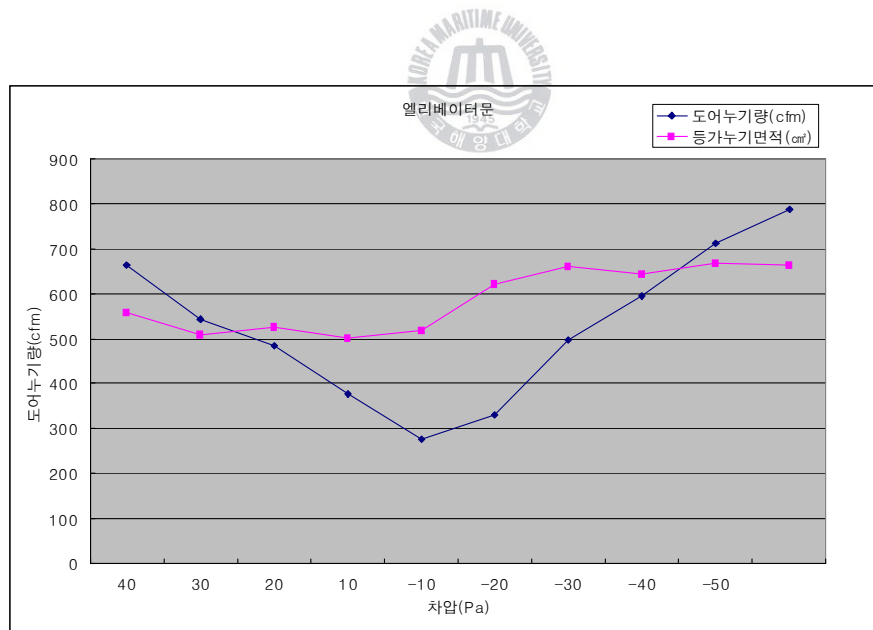
3.5.2 D건설 사옥 엘리베이터문



온도가 낮은 건물 내에서 주된 공기의 수직적 흐름이 생기는 엘리베이터 샤프트로 통하는 엘리베이터문은 계단실문과 마찬가지로 건물 전층을 통하여 설치되어 있으므로 연돌효과로 인한 문제 발생 정도와 밀접한 관련이 있다. 특히, 엘리베이터 코어 주위에 연결되어 있는 공기의 이동경로의 기밀도에 따라 많은 문제가 발생할 수 있는 곳이기도 하다, 측정은 D건설 사옥 엘리베이터문을 대상으로 측정한 결과는 아래 [표 3-3]와 같다.

[표 3-3] D건설 사옥 엘리베이터문 누기량 및 등가 누기 면적

차압	Fp(챔버)		도어누기량	ELA
Pa	Pa	Range	CFM	cuf
50	70	5	661.82	556.54
40	45	5	542.25	509.76
30	35	5	484.15	525.56
20	20	5	376.16	500.16
10	10	5	275.17	517.44
-10	15	5	330.39	621.24
-20	37	5	496.44	660.03
-30	55	5	593.62	644.41
-40	82	5	710.78	668.22
-50	103	5	787.76	662.4



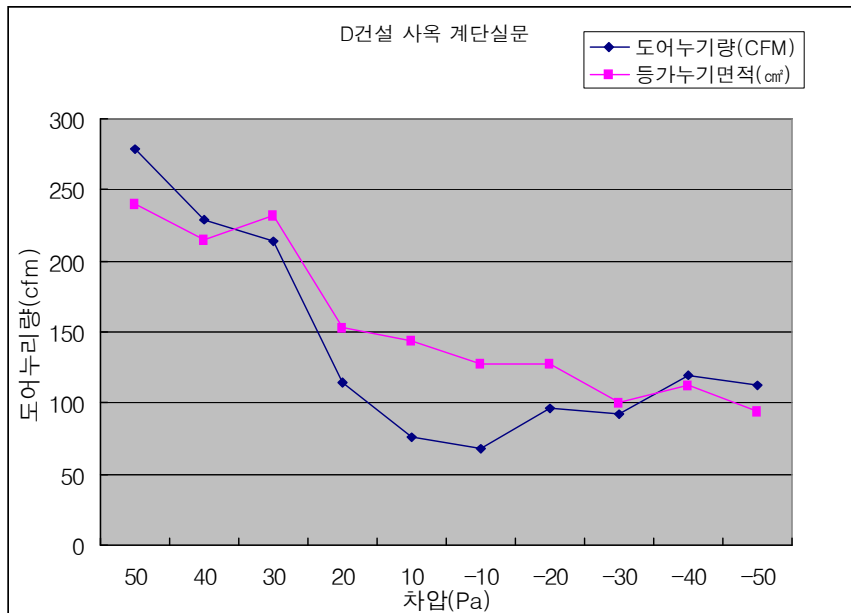
[그림 3-4] D건설 사옥 엘리베이터문 압력에 따른 누기량 그래프

3.5.3 D건설 사옥 계단실 문

겨울철 동안 건물 내에서 공기의 수직적 흐름이 생기는 계단실 샤프트로 통하는 계단실문은 건물 전층을 통하여 설치되어 있으므로 연돌효과로 인한 문제 발생정도와 밀접한 관련이 있다. 또 일반적으로 계단실은 비상시 피난 통로의 역할을 하는 곳이므로 계단실문에 걸리는 압력차는 입주자의 안전 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 측정은 D건설 사옥 계단실문을 이용하여 측정한 결과는 아래 [표3-4]와 같다.

[표3-4] D건설 사옥 계단실 문 누기량 및 등가 누기 면적

차압	EP(전체)			FP(챔버)			도어누기 량	ELA
Pa	Pa	Range	CFM	Pa	Range	CFM	CFM	㎡
50	55	9	1037.83	95	5	759.55	278.28	239.98
40	43	9	919.46	77	5	690.89	228.57	214.91
30	33	9	807.19	55	5	593.62	213.57	231.87
20	18	9	599.05	35	5	484.15	114.9	152.76
10	9	9	425.95	17	5	394.57	76.38	143.61
-10	11	9	470.15	8	5	401.96	68.18	128.19
-20	29	9	757.47	22	5	661.21	96.26	128
-30	50	9	990.29	41	5	898.17	92.12	100.03
-40	72	9	1184.88	58	5	1065.3	119.58	112.44
-50	92	9	1336.75	77	5	1224.68	112.08	94.27



[그림 3-5] D건설 사옥 계단실문 압력에 따른 누기량 그래프

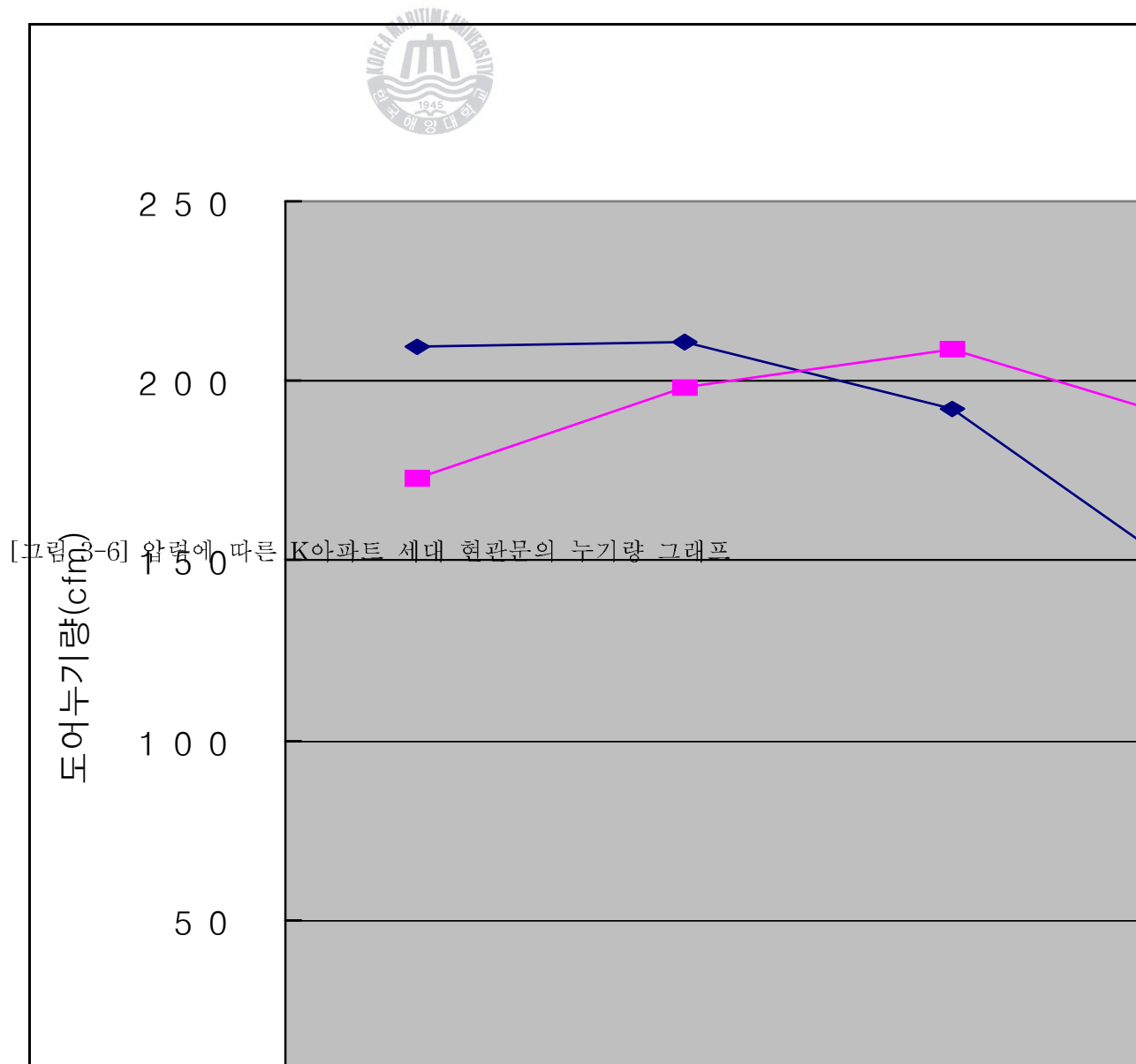


3.5.4 K아파트 세대 현관문

각 세대의 외피나 외부에 면한 창호를 통하여 유·출입된 공기는 주로 세대 현관문을 통하여 엘리베이터 샤프트로 이동하여 건물 내의 연돌효과로 인한 압력차에 영향을 주게 된다. 따라서 각 층마다 엘리베이터 코어로 통하는 복도를 따라 연결되어 있는 현관문의 기밀도는 수직 샤프트로의 공기 유출입을 차단하는 관점에서 매우 중요하며 이러한 현관문에 대한 기밀도를 파악하기 위하여 K아파트의 누기량을 측정한 결과를 아래 [표3-5]와 같다.

[표3-5] K아파트 세대 환관문 누기량 및 등기 누기 면적

차압	EP(전체)			FP(챔버)			도어누기량	ELA
Pa	Pa	Range	CFM	Pa	Range	CFM	CFM	cuf
50	33	5	471.47	33	3	266.28	209.19	172.54
40	27	5	430.67	22	3	22.08	210.6	197.95
30	22	5	392.68	18	3	200.27	192.41	208.83
20	12	5	298.75	11	3	158.89	139.87	185.92
10	6	5	218.55	4	3	98.77	119.78	225.21
-10	12	5	298.75	8	3	248.83	49.93	93.82
-20	34	5	477.86	17	3	349.57	128.29	170.56
-30	60	5	617.38	32	3	464.97	152.4	165.44
-40	88	5	733.78	55	3	593.62	140.16	131.77
-50	121	5	847.11	73	3	674.47	172.64	145.15



3.6 소결

해안에 위치한 연구대상건물의 연돌효과에 따른 공기의 이동이 어떻게 이루어지는가를 분석하기 위하여 국내에서 기 측정된 분석 DATA⁽²⁾를 근거로 연돌효과의 원인을 주는 공기의 유동경로의 정량적인 측정을 통하여 영향평가의 시뮬레이션을 적용하여 분석하고자 하였다. 기밀도의 정도가 거주자의 이동시 개구부의 개, 폐쇄와 닫혀 있을 시를 비교한 결과 국내의 다수 건물에서 측정한 결과와 유사한 것으로 나타났으며, 몇 개의 층에서 현저하게 다른 결과를 얻을 수 있었다.

따라서 계단실문과 엘리베이터문은 기존연구문헌 결과를 참조하였고, 세대현관문과 건물의 외피의 기밀도의 경우 ASHREA의 DATA⁽³⁻¹⁸⁾를 기준하였다.



4. 해안에 인접한 고층오피스텔의 연돌효과 문제점 분석

4.1 연구대상 건물개요

연돌효과 문제점 분석 대상 건물인 고층 오피스텔은 부산 해운대구 우동 센텀시티에 계획 시공된 업무시설의 2개의 타워형 고층으로 이루어져 있다. 해당 건물은 지하 5층 규모에 지상 35층(E동), 지상38층(S동)의 높이를 가지고 있으므로 반드시 연돌효과로 인한 문제점의 검토가 필요한 건물이다. 각 동별 건물의 구조, 계획면에서 주거부 E, S동이 유사함으로 S동을 중심으로 연돌효과의 영향평가를 하고자 한다. 연구 대상 건물의 건축개요는 아래 [표 4-1]와 같다.



[표 4-1] 연구대상 초고층 오피스텔 건물의 건축개요

구 분	내 용
위 치	부산직할시 해운대구 우동 센텀시티
구 조	철근 콘크리트조
층 수	지하 5층, 지상 35층, 38층 2개동
최고 높이	140M
연 면 적	120,051 m ²
건물 용도	주거형 오피스텔, 근린상가

4.1.1 건물의 구성

고층 오피스텔 건물의 전체적인 구성은 [그림 4-1]과 같이 지하층과 두개의 타워형 고층 주거부로 이루어져 있다. 지하층의 구성을 보면 지하 5층은 기계실, 기타 시설이 위치하며, 지하 4층은 기타시설 주차장, 지하 3층은 주차장, 지하 2층은 기타시설, 주차장 지하 1층은 기타시설, 주차장으로 구성되어 있다. 지상층의 구성은 E, S동 동히 1 ~ 3층은 근린생활 시설, E동 4 ~ 35층은 업무시설(주거형 오피스텔), S동 4 ~ 38층은 업무시설(주거형 오피스텔)이며, S동 31층은 커뮤니티 시설인 게스트룸, 사우나, 운동시설 등으로 이루어져 있다. 연구대상 건물인 오피스텔 건물의 전체적인 구성을 요약하면 아래와 같다.

- 1) 지하층 : 기타시설, 주차장
- 2) 지상 1층 ~ 3층 : 근린생활시설
- 3) 지상 4층 : 커뮤니티시설(노인정, 대연회장, 소연회장, 옥외공원)
- 4) 지상 4층 ~ 35층(E동), 38층(S동) : 업무시설(주거형 오피스텔)
- 5) S동 31층 : 커뮤니티시설(게스트룸, 사우나, 운동시설, 스카이라운지)
- 6) E, S동 옥탑 1 ~ 2층 : 엘리베이터 및 설비, 전기기계실



[그림 4-1] 연구대상 건물의 외관

4.1.2 엘리베이터 및 계단실 계획

공기 상승부의 공기 이동 통로가 되는 수직적 샤프트인 엘리베이터와 계단실 계획은 연돌효과의 측면에서 매우 중요하다. 초고층 오피스텔 건물에서는 연돌효과 측면에서 유리한 엘리베이터 샤프트의 수직적 구획계획은 되어 있지 않으며, 고층용과 저층용을 엘리베이터 샤프트가 계획되었고, 저층용 엘리베이터 상부는 창고로 상부와 공기의 이동측면에서는 단절되어 있다.

E동 : 지하 4층 ~ 35층(고층용)

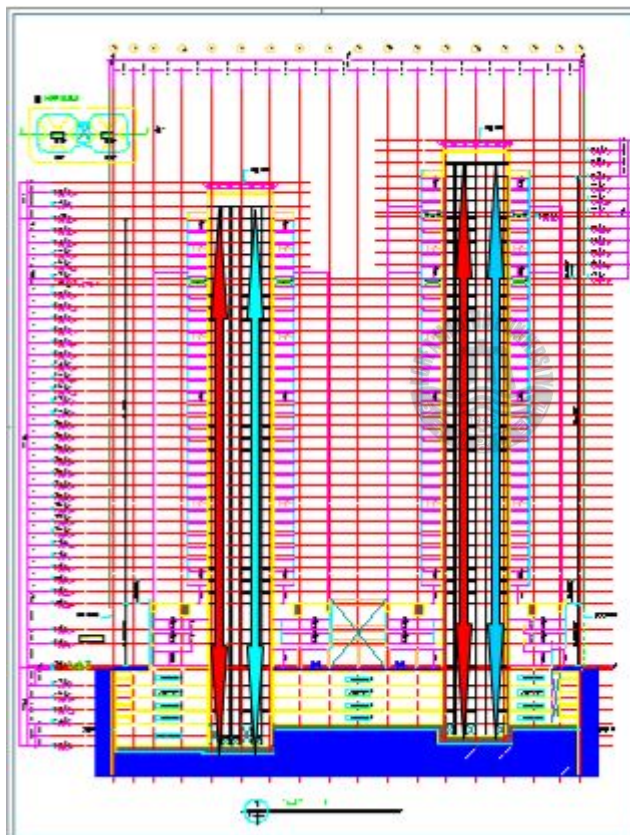
E동 : 지하 4층 ~ 21층(저층용)

S동 : 지하 4층 ~ 38층(고층용)

S동 : 지하 4층 ~ 21층(저층용)

E동 : 지하 5층 ~ 옥탑 2층

S동 : 지하 4층 ~ 옥탑 2층



[그림 4-2] 연구대상 건물의 엘리베이터 및 계단실 계획

4.2 건축 계획도면 분석

기존의 연구⁽¹⁾를 참고 “연돌효과에 대비한 건축계획 지침”을 바탕으로 현재 시공 완료한 초고층 오피스텔 건물을 검토하여 대상 건물에서의 연돌효과로 인한 문제점 발생 가능성을 파악하고 이러한 문제의 원인을 분석하였다. 우선 전체적인 초고층 오피스텔 건물의 구성과 건축계획 도면을 검토하여 층별로 연돌효과 측면에서 건축적 보완이 필요한 부위들을 분석한 다음, 겨울철의 연돌효과로 인한 건물 내의 예상 공기 흐름도를 작성하였다.

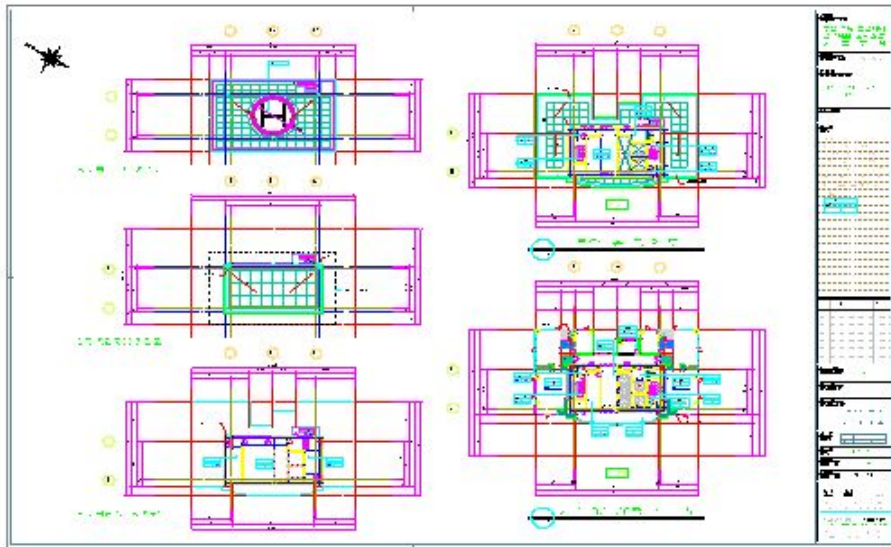
4.2.1 건물의 구성 및 층별 평면도 분석

지하층의 경우, 원칙적으로 외부 공기에 연결될 수 있는 지하층을 두지 않는 것이 바람직하며, 지하층 계획이 있다면 외부와 연결된 통로의 개수를 적게 계획하고 그 크기도 작게 두도록 계획됨. 그리고 지하층에 외부와 연결된 자주 램프 방식의 주차장이 있거나 상업시설이 있는 경우, 지하층을 외부에 면한 1층 부와 같이 취급, 기밀화에 유의하여야 한다. 이러한 경우에는 연돌효과로 인한 공기 유동을 막고 지하 주차장의 오염된 공기가 건물 내로 들어오지 않도록 하는 엘리베이터의 수직적 조닝 계획이 필요하다. 즉, 지하 주차장용 셔틀엘리베이터 샤프트를 통하여 공기가 유입되지 않도록 계획하여야 한다. 초고층 오피스텔 건물에서는 국내 대부분의 건물에서 사용하고 있는 자주 램프식 주차방식으로 계획하고 있는데 이는 겨울철에 주차 램프를 따라서 외부의 차가운 공기가 유입되는 경로가 된다. 그러나 전반적인 지하층 출입부의 계획을 살펴보면 지하 주차장에 있는 엘리베이터 홀에 있는 출입문을 자동도어를 계획하고 있다는 측면에서는 연돌효과에 대한 관점에서 볼 때 매우 효과적이지 못하고 외기의 유입을 차단할 수 없을 것으로 판단되었다.

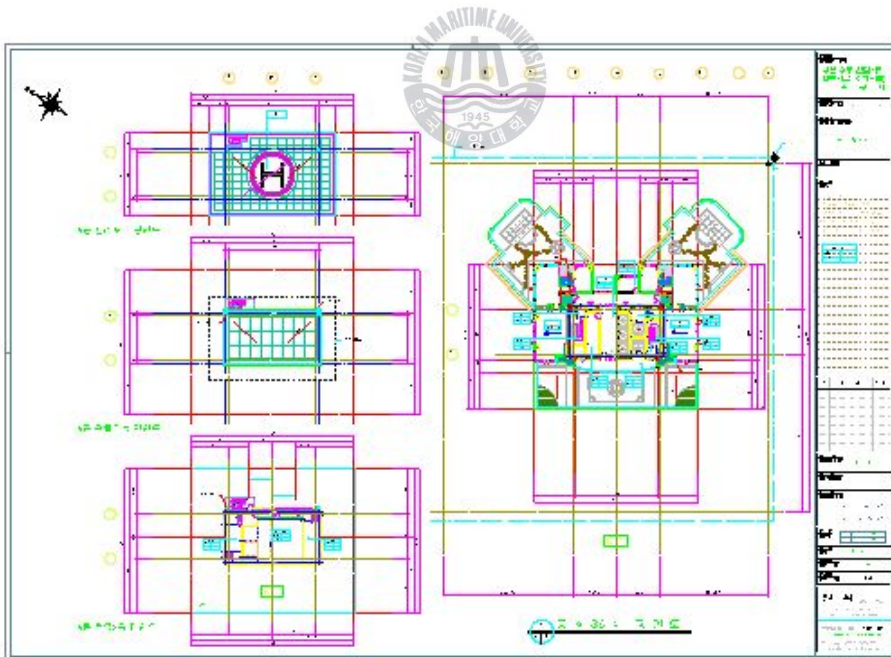
차가운 외기의 주된 유입부가 되는 로비층의 경우, 외부로 통하는 출입문

의 개수를 가능한 한 적게 계획하여야 하고, 출입문의 크기도 작게 설계하여 외피에는 개구부의 면적을 최소화하는 방안이 요구된다, 외부로 직접 연결된 출입문의 종류로는 외부 공기의 유입을 최소화 시킬 수 있는 회전문 또는 터치식 자동문으로 계획하고, 이용자의 편의를 위하여 여닫이문도 설치하도록 계획하는 것이 필요하다. 상기 오피스텔 건물 로비층의 주출입문 계획은 이중 자동문으로 계획되어 있고 이사짐용 출입구와 내부에 별도의 자동문을 두고 있다. 이러한 기존의 계획안은 전반적으로 출입문 기밀화가 계획되어 있지 않은 것으로 연돌효과의 측면에서 나쁜 영향을 미치는 1차적인 원인이 되므로 이에 대한 개선이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 E, S동 각동의 출입문에 방풍실을 설치한 점과 E, S동에서 주거부와 근린생활시설의 출입구를 분리한 점은 연돌효과 측면에서 바람직하다고 할 수 있다. S동 지상 31층 커뮤니티시설의 사우나는 옥외사우나 시설이 있어 외부로 통하는 출입문을 두고 있으며 이 부분을 통한 외기의 유입이 많을 경우에는 S동 31층에 있는 엘리베이터 홀과 주위의 세대 현관문에서 연돌효과로 인한 심각한 문제점을 야기할 수 있다.

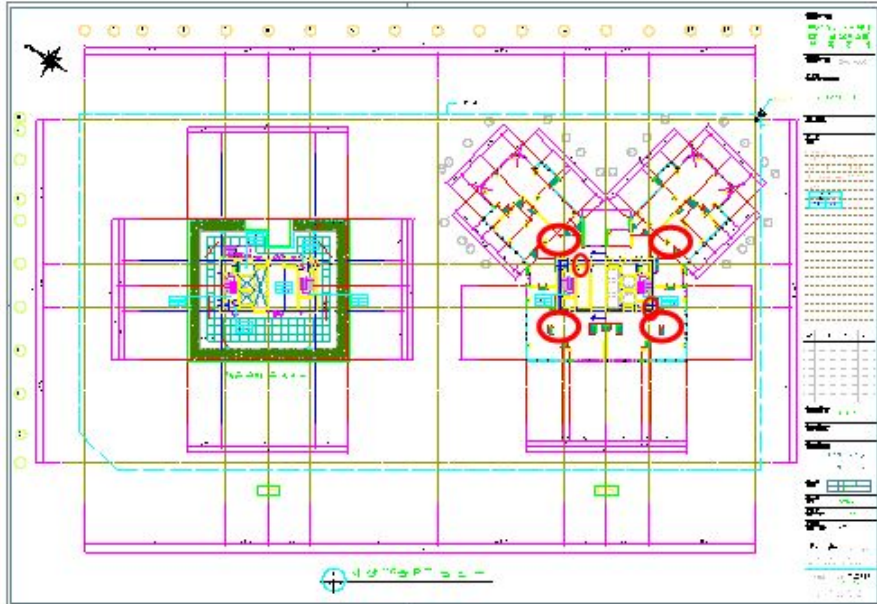
이상의 검토 내용들을 건축계획 평면도에 표시하여 층별로 아래 [그림 4-3] ~ [그림 4-9]에 나타내었다.



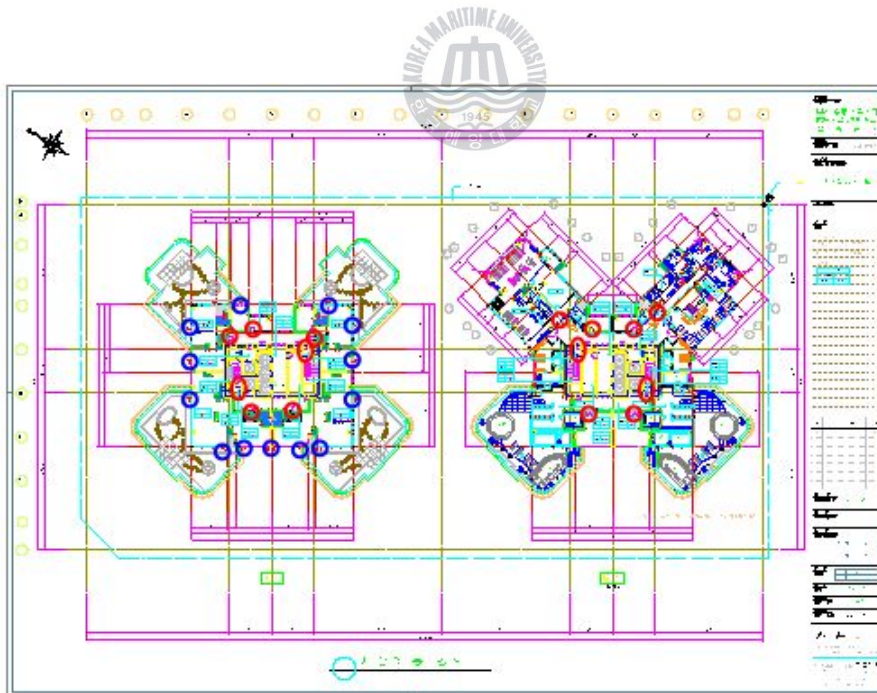
[그림 4-3] 연구대상 건물의 E동 옥탑



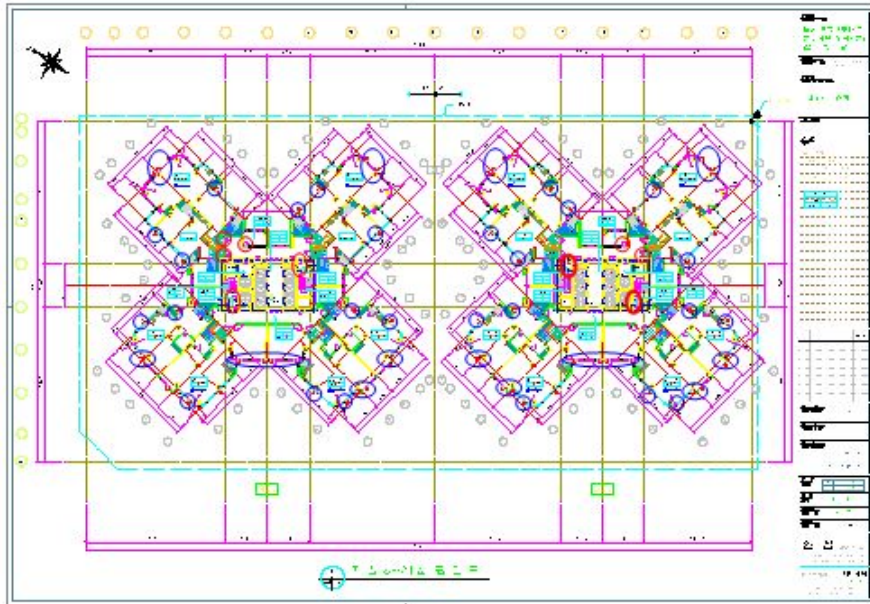
[그림 4-4] 연구대상 건물의 S동 옥탑



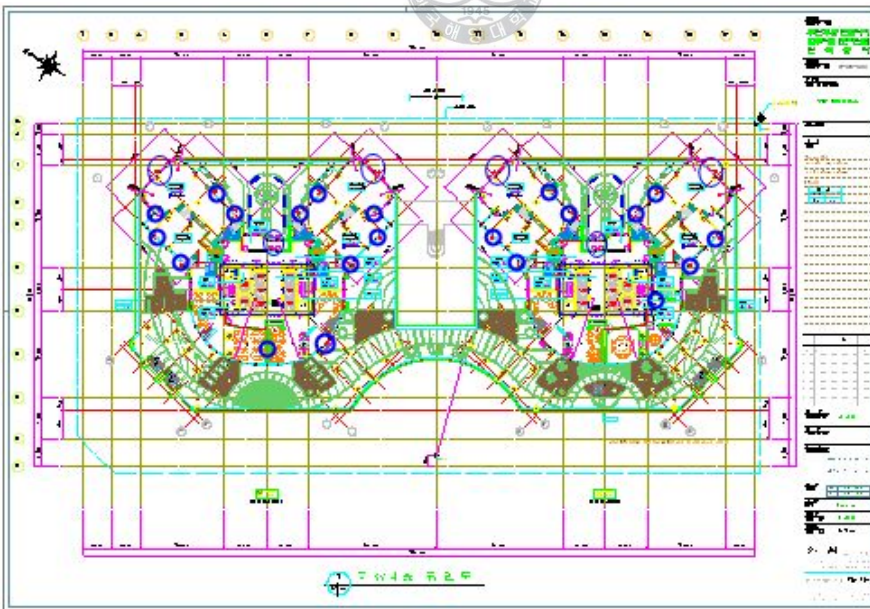
[그림 4-5] 연구대상 건물의 E, S동 고층부 평면



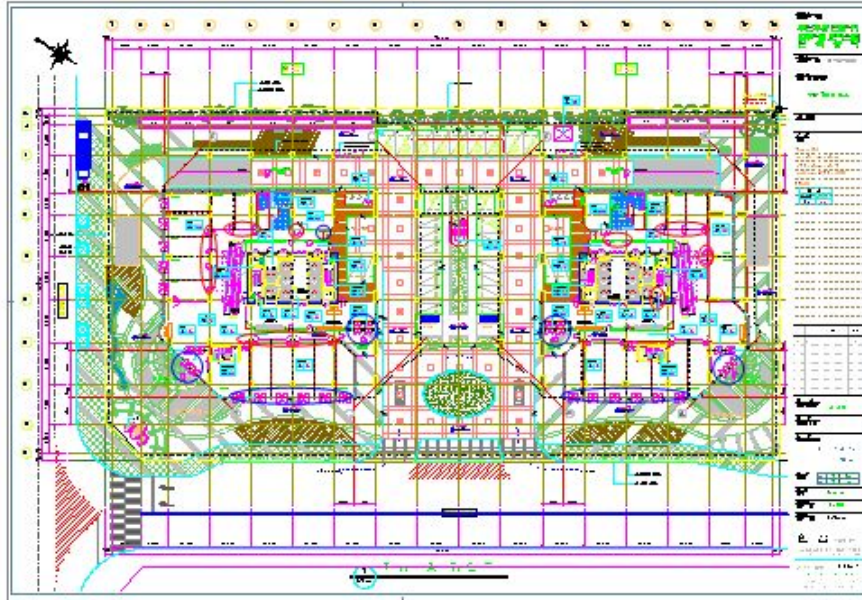
[그림 4-6] 연구대상 건물의 S동 31층 평면도



[그림 4-7] 연구대상 건물의 E동 31층 평면도



[그림 4-8] 연구대상 건물의 E, S동 4층 평면도



[그림 4-9] 연구대상 건물의 E. S동 1층 평면도



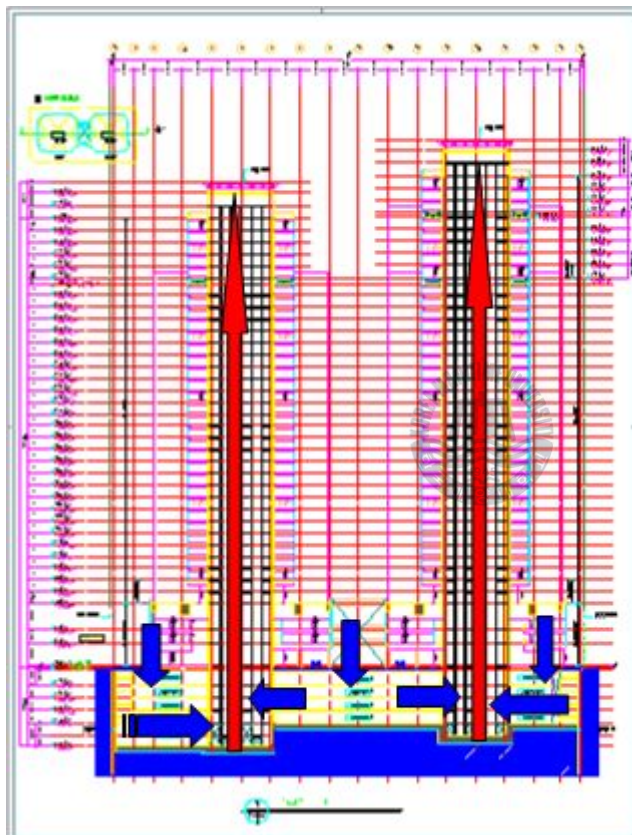
4.2.2 건물 내부의 예상 공기 흐름도

고층 오피스텔 건물의 전체적인 계획 상, 주차램프가 있는 지하층과 1층 부분에서 주된 공기의 유입이 일어날 것으로 예상되며 건물의 수직적 높이의 규모 측면에서 연돌효과로 인한 여러 가지 문제가 발생할 것으로 예상된다. 연구대상 오피스텔 건물 내로의 공기 흐름이 일어나는 부위를 공기 이동의 주경로를 따라 다음과 같이 간단하게 나눌 수 있다.

- 1) 공기 유입부 : 주차장 램프, 지하1층 및 1층 출입문, 4층 옥외공원, 커뮤니티시설, 건물의 하부층 외피
- 2) 공기 상승부 : 각 층 수직적 샤프트(엘리베이터 및 설비 pit)
- 3) 공기 유출부 : 옥탑 계단실, 옥탑 기계실, S동 커뮤니티시설 중 사우나의

외부출입문 건물의 상부층 외피

건축계획 도면 검토를 바탕으로 초고층 오피스텔 건물에서 겨울철 예상되는 공기흐름을 [그림 4-10]에 나타내었다.



[그림 4-10] 고층 오피스텔 건물내의 예상공기 흐름도

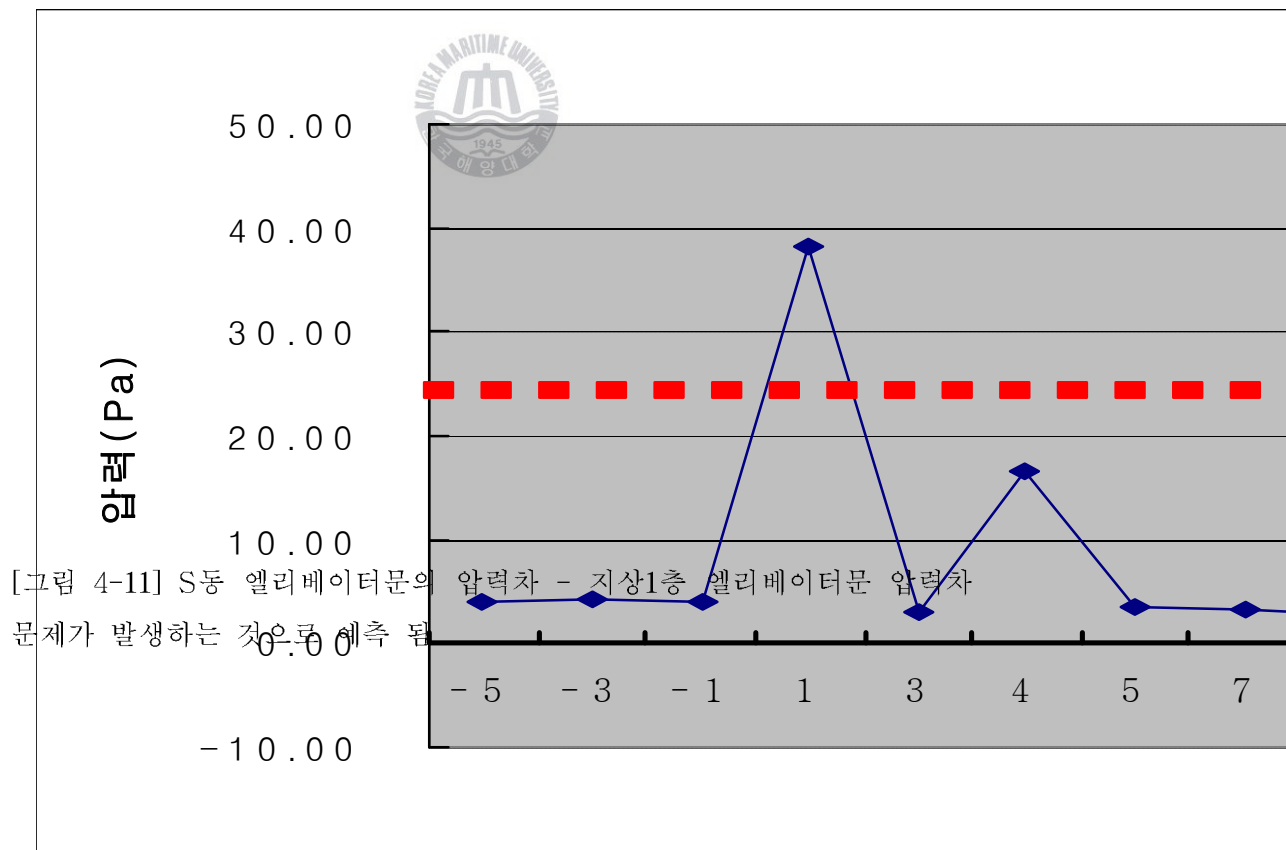
4.3 연돌효과로 인한 영향 시뮬레이션

연돌효과로 인한 문제점들은 코어부분, 즉 계단실과 엘리베이터 샤프트에서 주로 발생하여 공기의 유·출입에 따른 에너지 손실, 엘리베이터문의 오동작, 코어 부근에 있는 실에서 출입문 개폐의 어려움, 침기 및 누기에 따른 소음, 강한 외기 유입에 의한 불쾌감 유발 등의 문제를 야기한다. 이러한 문제들 중에서 각종 문의 동작과 관련된 문제점은 건물의 기능과 밀접한 관계가 있고 비상시에 거주자의 안전과 직결된 문제이므로 이에 대한 대책이 매우 중요하다 할 수 있다. 결국 연돌효과에 따른 모든 문제점들은 공기 유동을 야기시키는 압력차와 관련이 있으므로, 이러한 압력차를 중심으로 문제를 해결해 나가는 방향이 올바른 접근 방법이라고 사료된다. 연돌효과의 영향평가를 위해서, 건물 내의 각종 문에서 문제점을 야기할 수 있는 압력차를 중심으로 시뮬레이션 결과를 평가하였으며, 국내, 외 문헌조사를 통하여 계단실문은 $50\text{Pa}^{(3)}$ 압력차, 엘리베이터문은 $25\text{Pa}^{(4)}$ 압력차를 기준으로 진행하였다. 고층 오피스텔의 건축계획 도면을 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하여 초기 계획안(이하 당초 설계안이라 칭함)에 대하여 연돌효과로 인한 문제점이 발생하는 부위와 그 정도를 검토하였다. 각종 건축적 요소(엘리베이터문, 비상용 엘리베이터문, 계단실문, 세대현관문)에서의 시뮬레이션 결과는 아래와 같다.

4.3.1 S동 엘리베이터 문

공기의 유입이 이루어지는 로비층(지상 1층), 커뮤니티층(지상4층 소연회장, 옥외공원) 고층부용 엘리베이터문에서 압력차 문제가 심각한 것으로 나타났다으므로, 고층부용 엘리베이터에서는 커뮤니티시설(사우나, 소연회장, 옥외공원)이 있는 4층, 31층에서 압력차가 다소 증가하게 나타났다.

지상층으로부터 출입이 이루어지는 로비층에 있는 외부 출입문을 통한 공기의 유입이 주원인이다. 따라서 로비층의 출입문에 대하여 기류를 차단할 수 있는 회전문, 또는 터치식자동문의 설치가 필요하며 연돌효과의 영향이 많이 작용하는 4층, 31층에는 엘리베이터 홀에 기밀한 전실을 설치하는 것도 하나의 대안이라 생각한다.



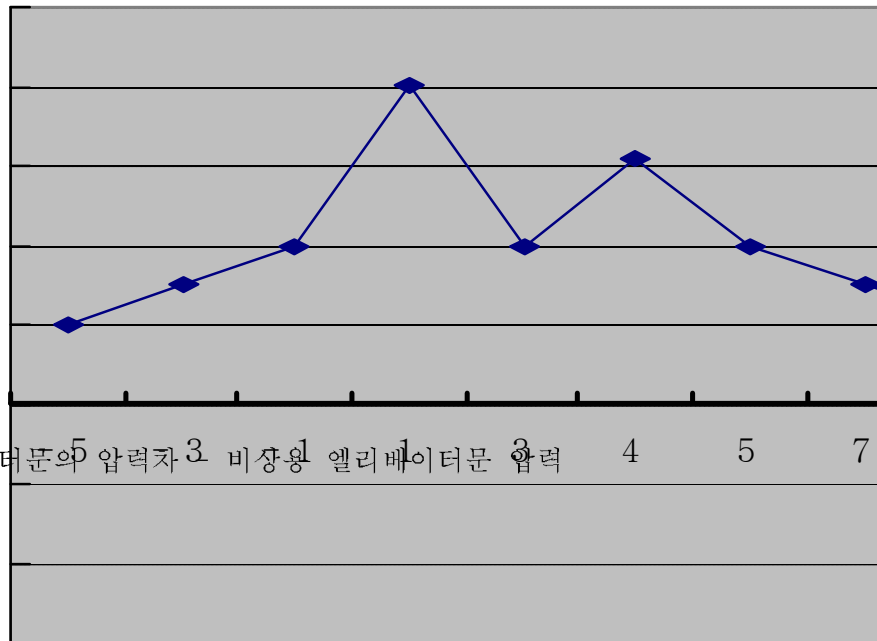
4.3.2 S동 비상용 엘리베이터문

공기의 유입이 이루어지는 로비층, 지상 4층(소연회장, 옥외공원), 지상 31층의 커뮤니티시설이 있는 층에서 압력차가 다수 증가하여 나타나고 있으나, 비상용 엘리베이터 전면에 방화문이 있으므로 S동 비상용 엘리베이터 연돌효과로 인한 큰 문제는 발생하지 않을 것으로 추측된다. 4층, 31층에서 압력차가 크게 나타난 이유는 4층, 31층에 있는 커뮤니티시설에 있는 옥외공원, 소연회장, 사우나 시설에 외부로 연결된 출입문이 있어 하나를 거치면 바로 외부로 연결되는 상황으로, 경로 상에 공기 흐름에 저항을 줄 수 있는 요소가 없기 때문이다. 따라서 이 공간의 출입문이 닫혀 있다면 아무런 문제가 없으나, 옥외공원, 소연회장, 사우나 시설의 외부 출입문이 열려 진다면 압력차가 증가하여 문제를 일으킬 가능성이 있으므로 이에 대한 보완이 필요하다고 생각된다.



압력 (Pa)

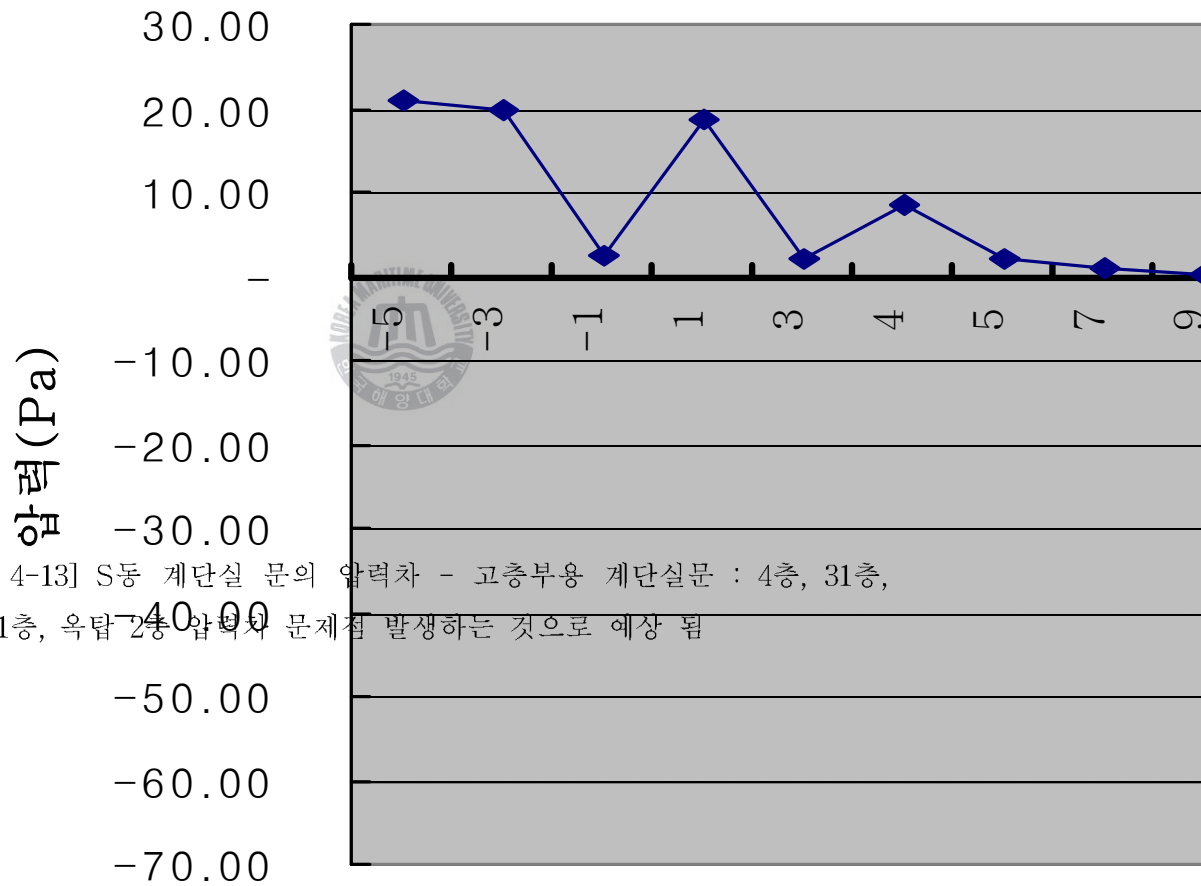
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
-0.30



[그림 4-12] S동 비상엘리베이터문의 압력차 3 비상용 엘리베이터문의 압력 차는 문제없는 것으로 추정 됨

4.3.3 S동 계단실문

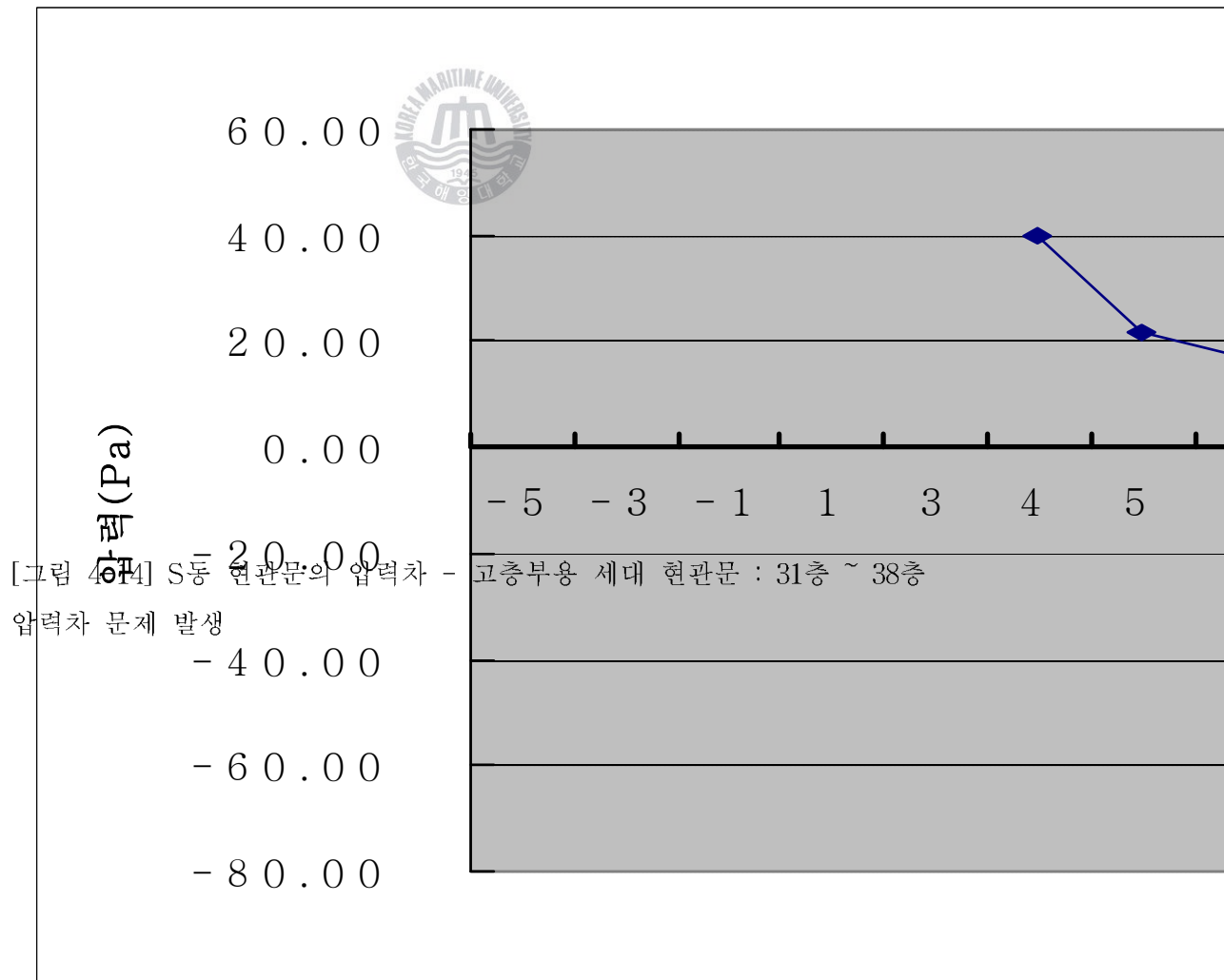
계단실문의 경우, 고층부용 계단실문은 옥탑 1층과 옥탑 2층에서, 저층부용 계단실문은 4층, 31층에서 과도한 압력차가 발생하고 있는 것으로 나타났다.



[그림 4-13] S동 계단실 문의 압력차 - 고층부용 계단실문 : 4층, 31층, 옥탑 1층, 옥탑 2층 압력차 문제점 발생하는 것으로 예상 됨

4.3.4 S동 각 세대 현관문

각 세대 현관문의 경우, [그림 4-14]에서 나타난 바와 같이 고층부 세대에서 31층 이상부터 압력차 문제가 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 저층부 세대에서는 압력차 문제가 없는 것으로 나타났다. 이러한 현관문에서의 압력차 문제는 엘리베이터 홀과 세대 현관문 사이의 공간을 구획하는 문을 설치함으로써 해결할 수 있으며, 만약 이런 계획이 불가능하다면 세대 현관문 안쪽에 설치되어 있는 현관 전실문의 기밀도를 높임으로써 가능하지만 이는 문의 여닫음이 있으므로 현실적으로 효과를 얻기가 어렵다고 사료된다.



5. 해안에 인접한 고층오피스텔의 연돌효과 문제점 보완

앞장에서 해안에 인접한 고층 오피스텔 건물에서의 연돌효과로 인한 문제점을 해결하기 위해서 건축계획 도면 검토 및 시뮬레이션 결과를 바탕으로 한 건축적 보완 안을 작성하였다.

5.1 보완 제안



해안에 위치한 고층 오피스텔 건물에서의 연돌효과로 인한 문제점을 해결하기 위해서는 제 4장에서의 건축계획 도면 검토 및 시뮬레이션 결과를 바탕으로 하여 보완안을 도출하였다.

1) 보완안 구성

건축계획 도면에 건축적 보완이 요구되는 부위를 층별로 표시하였으며, 보완이 필요한 부위에 적용할 수 있는 건축적 보완 방법들을 다이어그램으로 나타내고 구체적인 설명을 명기하였다. 검토 도면에 있는 문제 부위에 대한 보완 방안들 중에서 적용 가능한 항목을 작성하였다.

2) 이용 방법

검토 도면에 있는 각 문제부위에 해당하는 개선 방법들을 검토하여 적용할 수 있는 항목을 의견란에 기입하여 초기 보완 안에 대한 보완 안을 작성한다.

5.2 초기 보완에 대한 검토

초기 보완 안에 대한 문제점을 검토, 초기 보완안에 대한 보완 안을 다시 검토, 그 보완안의 내용은 외부로의 출입 층인 지상 1층, 4층에서의 출입문에 대한 보완과 1층 엘리베이터 홀에 진실설치, 4층 옥외공간으로 나가는 곳의 방풍실 설치와 B동 지상31층에 있는 사우나 출입문을 보완하였으며, 당초 설계 안에 비하여 1차 보완안에 대한 보완 안에서 크게 보완된 요소를 아래와 같이 요약할 수 있다.



1) S동 지상 1층

- 주거용 로비 층의 주출입문의 여닫이문에서 터치식 자동문으로 변경
- 상가에서 주거용 로비로의 출입문은 터치식 자동문으로 변경
- 이삿짐을 위한 문은 항상 닫혀있는 기밀 구조로 변경(필요시만 개방)
- 근린상가와 주거용 오피스텔의 출입구를 별도로 구획

이러한 보완을 통하여 연돌효과의 문제점들을 해결하는 측면에서 당초 설계 안에 비하여 많은 효과를 볼 수 있으리라 예상되며, 연돌효과로 인한 문제점의 보완정도와 아직 남아 있는 문제점들을 파악하기 위하여, 위의 보완안들을 중심으로 하는 1차 보완 안에 대한 보완 안을 당초 설계안에 반영하여 시뮬레이션을 실시, 기존안과 1차 보완안의 수정안을 비교한 시뮬레이션

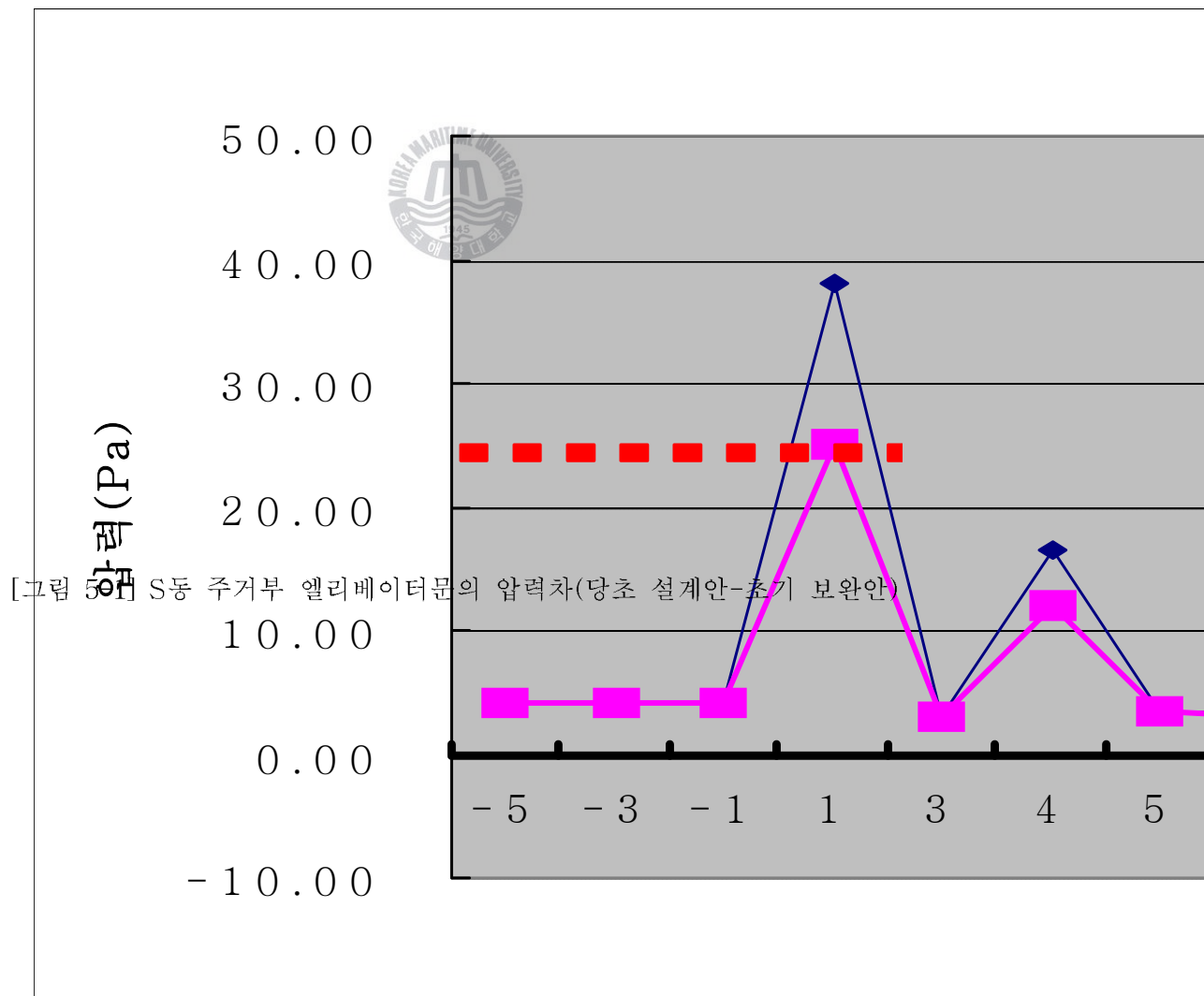
의 결과는 아래와 같다.

[표 5-1] 연구대상 건물의 각종문의 보완 전.후 압력차 DATA [단위 : Pa]

층	엘리베이터문		비상엘리베이터문		계단실문		세대현관문		비고
	당초설계	보완후	당초설계	보완후	당초설계	보완후	당초설계	보완후	
-5	4.10	4.10	0.10	0.10	20.80	20.80			
-3	4.20	4.20	0.15	0.12	19.90	19.90			
-1	4.10	4.10	0.20	0.20	2.50	2.50			
1	38.10	25.10	0.40	0.30	18.50	12.50			
3	3.00	3.00	0.20	0.20	2.10	2.10			
4	16.50	12.10	0.31	0.25	8.50	6.30	39.80	39.80	
5	3.50	3.40	0.20	0.20	2.00	2.00	21.50	21.50	
7	3.30	3.00	0.15	0.15	1.00	1.00	16.70	16.70	
9	2.70	2.70	0.10	0.10	0.30	0.30	9.80	9.80	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.30	6.30	
13	-1.00	-1.00	-0.10	-0.10	-0.70	-0.70	0.20	0.20	
15	-3.00	-3.00	-0.12	-0.12	-1.10	-1.10	- 6.30	-6.30	
17	-3.10	-3.10	-0.14	-0.14	-1.20	-1.20	- 11.50	-11.50	
19	-3.40	-3.40	-0.15	-0.15	-1.40	-1.40	- 16.20	-16.20	
21	-3.60	-3.60	-0.15	-0.15	-1.50	-1.50	- 22.30	-22.30	
23	-3.90	-3.90	-0.15	-0.15	-1.70	-1.70	- 26.50	-26.50	
25	-4.20	-4.20	-0.16	-0.16	-1.90	-1.90	- 29.30	-29.30	
27	-4.20	-4.20	-0.18	-0.18	-2.10	-2.10	- 30.20	-30.20	
29	-4.70	-4.70	-0.20	-0.20	-2.30	-2.30	- 34.20	-32.10	
31	-7.70	-6.50	-0.23	-0.23	-8.50	-8.50	- 46.20	-40.20	
33	-5.80	-5.80	-0.21	-0.21	-2.40	-2.40	- 57.30	-41.20	
35	-6.90	-6.90	-0.22	-0.22	-2.70	-2.70	- 61.20	-42.10	
37	-7.00	7.00	-0.22	-0.22	-2.80	-2.80	- 65.20	-43.1	
38	- 7.20	- 7.10	- 0.23	- 0.23	-2.90	-2.90	- 65.80	-43.5	
PH1					-52.3	-35.2			
PH2					-56.3	-38.2			

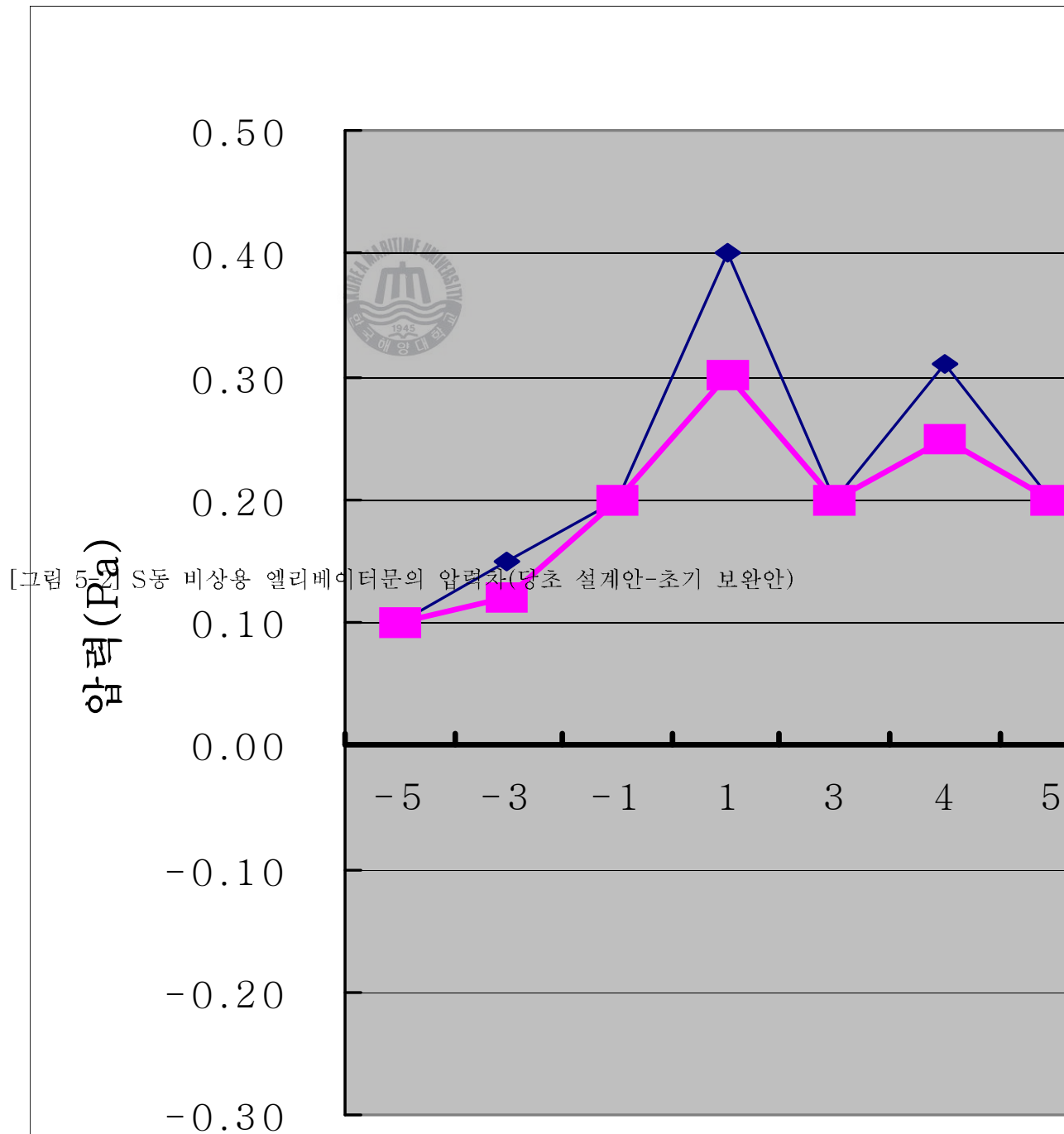
5.2.1 S동 엘리베이터문

[그림 5-1]에 나탄 난 시뮬레이션 결과를 보면, 당초 설계 안에서 1층 엘리베이터 문에서 발생하였던 압력차 문제가 “초기 보완안에 대한 보완안”을 적용할 경우에는 해결된 것으로 나타났으며 이 외의 층에서는 거의 압력차 변화가 없어서 아무런 문제가 발생하지 않을 것으로 판단된다. 이는 E동의 결과와 마찬가지로 “초기 보완안”에서 받아들여진 1층 주출입문의 개선 및 엘리베이터 홀에 전실을 설치함으로써 1층 엘리베이터 문 압력차 문제를 해결한 것으로 사료된다.



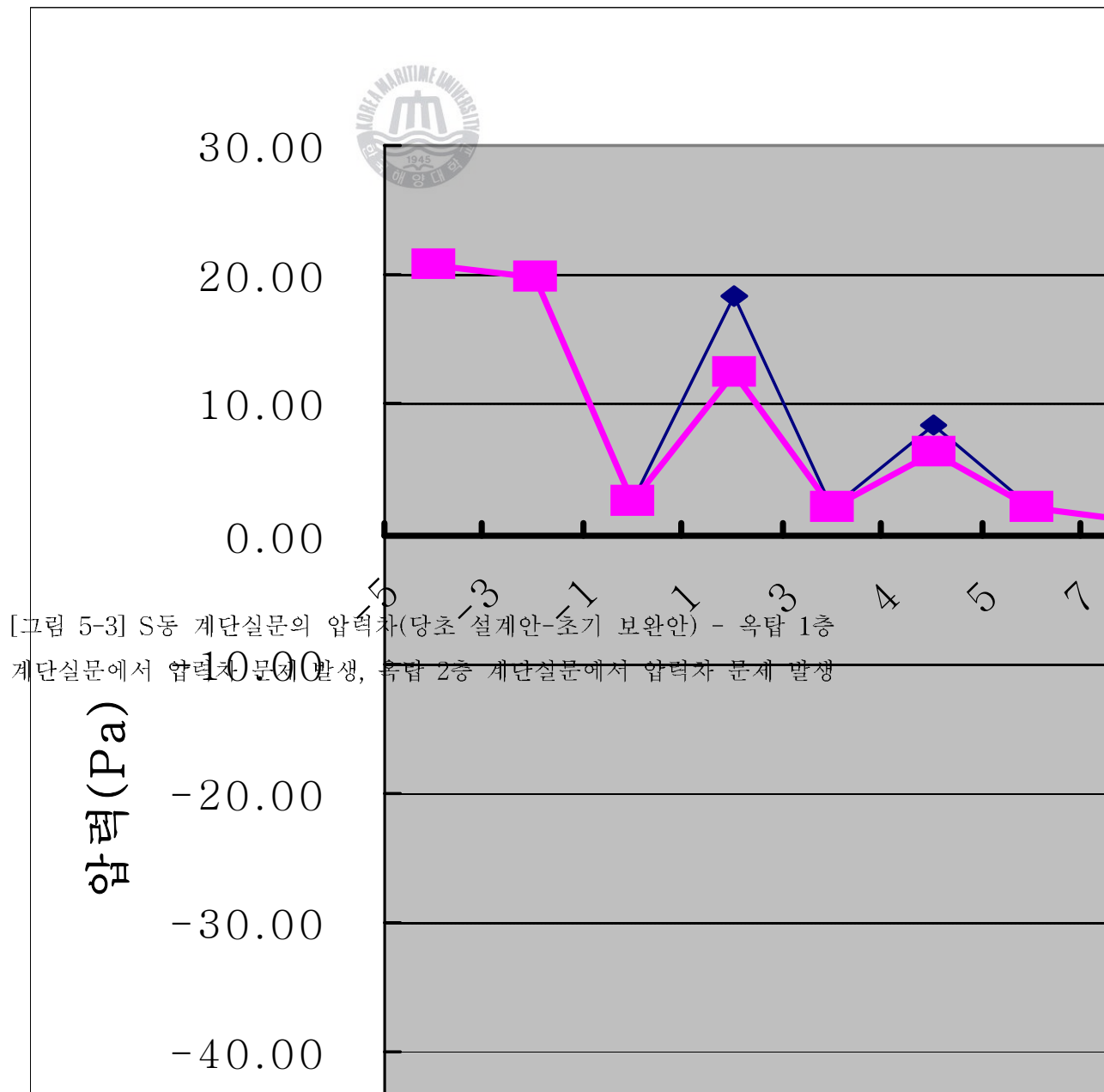
5.2.2 S동 비상용 엘리베이터 문

기존 안에서는 모든 층의 비상용 엘리베이터 문에서 압력차 문제는 없었으며, “초기 보완안에 대한 보완안”에서도 역시 압력차 문제가 발생하지 않았다.



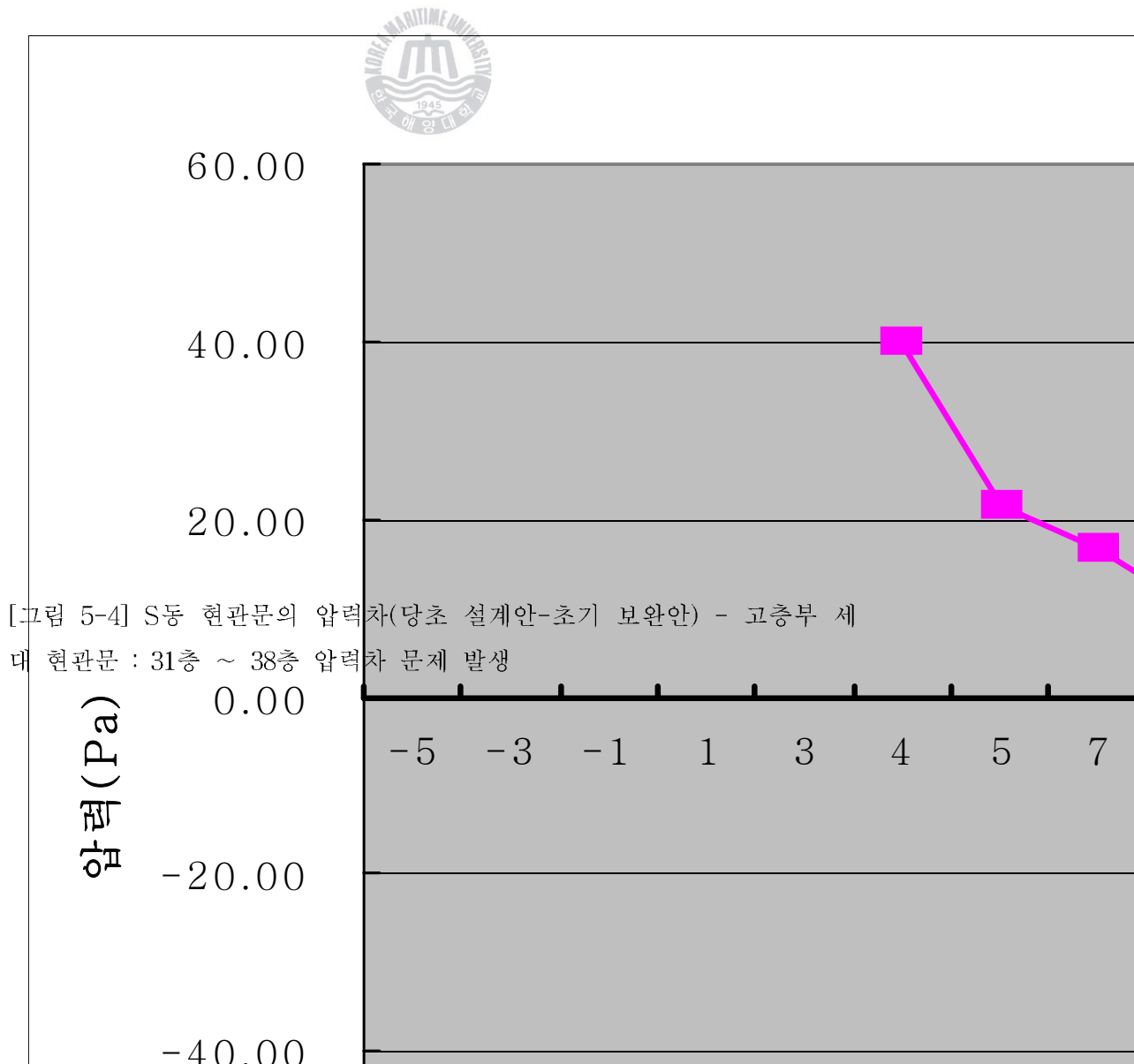
5.2.3 S동 계단실 문

[그림 5-3]을 살펴보면, 옥탑 2층 압력차가 상당히 줄어들었음에도 불구하고 당초설계안에서 옥탑 1층과 옥탑 2층 고층 주거부용 계단실문에서 발생하였던 압력차 문제가 “초기 보완안에 대한 보완안”에서도 여전히 발생하는 것으로 나타났다. 이는 당초 설계안에서의 압력차가 매우 커서 전실을 설치하는 것만으로는 아직 해결이 되지 않았기 때문이며, 이를 해결하기 위해서는 문제가 발생하는 층의 계단실 출입문에 추가적으로 기밀한 전실을 설치하거나 또는 전 층에 걸쳐 있는 계단실문의 기밀도를 향상시켜 계단실 샤프트로의 공기 흐름을 최소화하는 방안 등의 건축적 개선이 필요하다고 생각된다.



5.2.4 S동 각 세대 현관문

각 세대 현관문의 경우, [그림 5-4]에서 나타난 바와 같이, 고층부 세대에서 31층 이상부터는 압력차 문제가 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 저층부 세대에서는 압력차 문제가 없는 것으로 나타났다. 이는 기존안의 결과와 같은 것으로 “초기 보완안에 대한 보완안”에서도 해결되지 못한 것으로 나타났다. 따라서 이러한 현관문에서의 압력차 문제 해결을 위해서는 엘리베이터 홀과 세대 현관문 사이의 공간을 구획하는 진실 문을 설치하는 건축적 개선이 필요하며, 문의 종류로는 여닫이문을 설치하도록 하는 방안들이 고려된다. 만약 사용상의 편리를 위해 자동문을 설치한다면 터치식 개폐방식의 자동문을 사용하는 것이 연돌효과로 인한 문제 방지의 측면에서 더 바람직하다고 판단된다.



5.3 소결

상기의 검토 안에서는 해안에 인접한 오피스텔에서의 연돌효과에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 건축계획 단계에서 수정할 수 있는 건축적 보완안을 나타내었으며, 이를 적용하기 위해서는 건축계획평면도면 검토와 건축설비계획 도면을 바탕으로 연돌효과 영향평가를 가상으로 검토하였다. 그 결과, 연구대상 오피스텔의 기존 계획안은 연돌효과에 대한 많은 문제점을 갖고 있었으므로 이를 해결하기 위해서는 상기에서 검토 도식화한 개선안을 적용, 시공했을 경우 연돌효과 측면에서 많은 개선이 될 것으로 생각된다.

또한 보완안이 시공에 실질적으로 적용될 수 있는 사항인지 실제 현장 실무자와 설계사무실등과 사전 협의하여 시공 성 여부를 파악해야 할 것으로 생각되나 이러한 사항이 실제 현장에 적용 시공하더라도 시공 상의 정밀도에 따라 개선의 효과는 현저한 차이를 보일 것으로 사료됨으로 전문 업체의 관리감독이 보다 세밀하게 이루어 져야 할 것이라 생각된다.



6. 결론

본 연구의 목적은 해안에 인접한 고층 오피스텔에서의 연돌효과로 인한 문제점을 파악하고 이에 대비하여 실제로 현장에 적용할 수 있는 건축적 개선안과 이를 보완하는 설비적 개선안을 마련하기 위한 것으로 이를 위해서 건축계획 및 설비계획 도면 검토와 건축계획 도면을 바탕으로 연돌의 영향을 가상으로 설정 검토하였다.

연구 건물의 계획도면 검토결과와 가상의 검토결과를 바탕으로 개선안을 도출하였으며, 각 단계에서 가상의 영향평가를 실시하여 연돌효과 문제해결 정도를 검토하여 실제 현장의 공사를 진행하는 현장요원이 쉽게 이해할 수 있도록 도면에 표기하였다.



층별 주요 개선안을 보면 1층은 외기와 직접 연결되므로 회전문 또는 방풍실이 있는 여닫이문, 터치식 자동문으로 시공, 이삿짐을 위한 문은 항상 닫혀있는 구조로 보완하였다. 4층은 외부 조정시설 출입문에 방풍실을 설치하여 출입시 외기가 직접 유입되지 않도록 하였고, 31층의 커뮤니티 시설부에는 외부로의 출입문에 방풍실과 터치식 자동문을 설치 필요시만 작동 되는 구조로 하여 내부의 더운 공기가 외부로 유출되지 않도록 보완함. 옥탑층으로 나가는 계단실은 항상 닫혀 있는 구조로 하여 겨울철 누기가 발생 세대의 현관문에서 바람소리가 나지 않도록 설계, 시공토록 보완하였다.

건축 평면적 보완안 외 설비적 보완안은 오피스텔 에어컨 실외기실이 발코니 공간에 놓이고 발코니에 루버가 설치되어 발코니 챔버 역할을 하므로 발코니와 방의 벽체와의 문이 기밀하게 시공되어 누기와 침기가 발생치 않도록 하는 것이 중요하다고 생각된다. 세대별 난방분기 헤더에 온도조절기가 설치되어 각 실별 부하차이에 의해 과열된 실에서는 창문을 개방하여 온도

를 조절할 가능성이 있으므로 각 실별 실온조절기와 헤더에 각 실별 온도조절밸브를 설치하여 겨울철 각 실 문의 개방을 가급적 하지 않도록 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

상기의 보완만으로 연구 대상건물인 고층 오피스텔의 기존설계에 발생하였던 제반의 연돌효과 문제를 모두 해결할 있는 것은 아닐 것으로 사료되며, 수정안 모두를 현장에 적용하며, 연구 대상 오피스텔의 연돌효과 문제를 보다 효과적으로 저감시킨 수 있을 것으로 사료된다.

더불어 앞서도 서두에서 언급한 바와 같이 연돌효과는 건물 구조적인 문제로 건물을 준공한 후에는 관련 대책 마련에 막대한 비용이 들고, 그 방법 또한 매우 제한적이다. 따라서 건축 계획 초기 단계에서부터 기후적 요인, 건축적 요인, 시공성 등을 종합적으로 고려한 기술을 개발하기 위해서는 건축가, 에너지 전문가, 시공사 등 관련 기술자들의 적극적인 기술 개발 참여와 협력이 요구되며, 초고층 건물 건축이 급증하고 있는 상황에서 연돌효과의 제어는 고층 건물에서 에너지 낭비를 막아 주고, 주거 환경의 개선을 도모하는 기술분야의 연구가 향후 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각된다.

< 참고문헌 >

1. 서울대학교, 고층건물의 연돌효과에 대비한 건축계획 지침개발, (주)삼우 설계, 2001
2. 서울대학교, 여의도 리첸시아 주상복합빌딩의 연돌효과 의한 영향분석 (주)금호산업, 2002
3. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., Field Verification and Simulation of Problems Caused by Stack Effect in Tall Buildings, ASHREA Research Project 661,1993. p 33
4. R. T Tamblyn, "Coping with Air Pressure Problems in Tall Buildings",ASHRAE Transactions Vol. 97, Part 2 1998. p826
5. Tamura, G. T. & A. G. Wilson, "Pressures Differences Caused by Chimney Effect in Three High Buildings", ASHRAE Transactions, Vol. 73, Part 2, 1967.p II.1.19
6. Klotz, J. H., Design of Smoke Control Systems for Buildings, ASHREA, 1983
7. Lovatt, J. E., "STACK Effect in Tall Buildings", ASHREA Transaction, Vol. 100, Part 2. 1994
8. Klotz, J. H., Design of Smoke Control Systems for Buildings, ASHREA, 1983
9. Lovatt, J. E., "STACK Effect in Tall Buildings", ASHREA Transaction, Vol. 100, Part 2. 1994
10. Musser, A. & G. K. Yuill, "Comparison of Residential Air Infiltration Rates Predicted by Single-Zone and Multizones Models", ASHREA Transactions Vol. 105, Part 1, 1999
11. Perersen, C, O, et al, Cooling and Heating Load Calculation Principles ASHREA, 1998

12. Persily, A. K., "Airtightness of Commercial and Institutional Buildings: Blowing Holes in the Myth of Tight Building", Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings, Vol. VII. ASHRAE, 1998
13. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1997 ASHREA Handbook Fundamentals, ASHREA, Atlanta, GA, 1997.
14. Tamura, G. T., Smoke Movement and Control in High-Rise Buildings, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 1994.p57-69
15. Tamblyn, R. T., "HVAC System Effects for Tall Buildings", ASHRAE Transactions Vol. 99, Part 2 1993.
16. Tamura, G. T. & A. G. Wilson, "Building Pressures Caused by Chimney Action and Mechanical Ventilation", ASHRAE Transactions, Vol. 73, Part 2, 1967.
17. Tamura, G. T. & A. G. Wilson, "Pressures Differences Caused by Chimney Effect in Three High Buildings", ASHRAE Transactions, Vol. 73, Part 2, 1967.
18. Tamura, G. T., Smoke Movement and Control in High-Rise Buildings, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 1994
19. Upham, R., A Validation Study of the Airflow and Contaminant Migration Computer Model CONTAM as Applied to Tall Buildings, Master's thesis, Pennsylvania State University, 1997.
20. Walton, G. M., "CONTAM96-User Manual, NISTIR 6056, National Institute of Standards and Technology, 1997.
21. Walton, G. M., "CONTAMW-User Manual, NISTIR 6056, National Institute of Standards and Technology, 2000.

22. 조재훈, 고층건물에서 연돌효과로 인한 문제점과 건축적 해결방안에
대한 연구, 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 2000.10



감사의 글

배움의 길로 접어들기 늦은 나이 입에도 불구하고 늘 곁에 같이 지내던 동료의 권유로 무작정 지원한 대학원 석사과정 해낼 수 있을까 하는 반신반의한 믿음 속에 길게만 느껴졌던 4학기가 어느 순간에 지나가고 이제 그 결과가 이렇게 결실을 맺어 석사학위 논문으로 재탄생되니 너무도 뜻 깊고 주위에서 도와주신 모든 분들에게 신세만 진 것 같아 송구스럽고 미안할 따름입니다.

본 논문이 있기까지 부족한 저를 지도해 주시고 학문의 길과 방향에 대해 항상 이끌어 주신 송화철, 박수용, 도근영 교수님과 박동천 지도교수님께 제일 먼저 감사의 글을 올리고 싶고, 공부를 할 수 있도록 배려한 직장동료 백재학 소장, 김태용 차장에게 고맙고, 이 모든 분들 덕분에 끝까지 갈 수 있었던 것이 아닌가 싶습니다.

항상 곁에서 학교의 정보를 알려준 몇쟁이 하현이와 영무, 성택이 그리고 나의 졸업동기이면서 항상 곁에서 챙겨준 덕민이에게 감사의 뜻을 표합니다.

그리고 논문이 되기까지 지도를 해준 나의 후배이자 직장동료인 정경식 과장에게 진심으로 감사의 드립니다.

직장 탓에 항상 곁에 같이 있어주지도 못하고 혼자서 애들 공부 때문에 늘 혼자서 고민하는 아내 백은주에게 감사하고, 미안한 맘 전하고 싶고, 나의 사랑하는 혜원이 준이에게도 이 영광을 드리고 싶습니다.