

第 90回 碩士學位論文
指導教授 李 彦 求

자연통풍성능을 고려한 공동주택의
개구부 특성에 관한 연구

A Study on the Window Opening Characteristics
for Natural Ventilation in Apartment Houses

中央大學敎 大學院
建築工學科 建築計劃 및 環境專攻
金 完 基
1998年 12月

자연통풍성능을 고려한 공동주택의
개구부 특성에 관한 연구

A Study on the Window Opening Characteristics
for Natural Ventilation in Apartment Houses

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함

1998年 12月

中央大學敎 大學院
建築工學科 建築計劃 및 環境專攻
金 完 基

金 完 基의 碩士學位 論文을 認定함.

審查委員長 李明浩(印)

審查委員 유호천(印)

審查委員 이언주(印)

中央大學敎 大學院
建築工學科 建築計劃 및 環境專攻
金 完 基
1998年 12月

국 문 초 록

최근 국민생활수준이 크게 향상됨에 따라 폐적한 주거환경에 대한 욕구가 급증하고 있으며, 이에 따라 냉방에너지 소비가 크게 증가하고 있는 실정이다. 특히, 우리나라 주택보급의 과반수를 차지하는 공동주택의 경우에는 1996년 현재, 에어콘의 보급률이 30%정도에 이르고 있으며, 냉방에너지로 사용되는 에너지원은 100% 전기에너지로서 국가적인 차원에서 볼 때 하절기 냉방기기의 전력 수요가 심각한 문제로 대두되고 있다.

따라서 공동주택의 설계에 있어서 자연냉방기법의 도입이 중요시되고 있으며, 공동주택에 적용 가능한 여러 자연냉방기법 중 자연통풍을 적극 도입할 경우 폐적하고 건강한 주거환경을 조성할 수 있을 뿐 아니라 막대한 냉방에너지의 절약도 꾀할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 첫째, 공동주택의 평면상에서 다양한 설계변수에 의한 기류패턴을 분석하여 실내 통풍성능에 영향을 미치는 주요 변인을 추출하고, 둘째, 공동주택에 적용 가능한 다양한 창호의 종류에 따른 통풍량을 산정하여 공동주택 단위세대에서 자연통풍을 효과적으로 이용할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

본 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 서울지역의 하절기 기후분석 결과 자연통풍을 이용한 자연냉방 가능 시간은 6월의 경우 약 20%, 7, 8월엔 약 26%정도인 것으로 나타났다. 반면 9월은 자연통풍을 이용한 자연냉방 가능시간이 약 4%로 이용가능성이 적은 것으로 나타났다.

2) 공동주택의 기존 설계안에서는 바람의 방향에 따라 각실의 자연통풍 성능이 크게 차이가 나며, 통풍효과를 전혀 기대할 수 없는 실도 발생할 수 있다. 기존의 공동주택에서 사용하고 있는 미서기창의 경우 개폐방법에 따라 실의 통풍성능이 크게 차이가 나며 적절한 개폐방법 만으로도 실내 통풍성능향상에 상당한 도움이 될 수 있다.

3) 기류 패턴의 가시화 실험에서 실내 통풍 성능을 좌우하는 설계변수 중 기존 설계안의 창호를 교체하여 유효 개구 면적을 증대할 경우 자연통풍 성능이 크게 개선된다. 즉, 실내 통풍 성능에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 창호의 종류에 따른 유효 개구 면적임을 알 수 있었다.

4) 풍속과 풍향 그리고 개폐방법에 따른 창호의 통풍실험결과 유효개구 면적이 동일할 경우 실험 변수에 따른 통풍량의 편차가 적고 충분한 통풍량을 확보할 수 있었던 여닫이창과 미서기창이 가장 유리한 것으로 판단된다.

5) 미서기창의 경우 풍향에 따른 통풍량의 편차가 적고 큰 통풍량을 확보할 수 있었지만 풍속에 따른 통풍량의 편차가 크고 개구부의 50%만 유효개구면적으로 확보할 수 있는 단점이 있었다.

6) 여닫이창의 경우 풍속의 변화 및 개폐방법에 따른 통풍실험 결과 큰 통풍량과 적은 편차를 나타내어 미서기창과 함께 통풍성능에서 유리한 것으로 나타났지만, 개폐된 창호의 돌출부로 인해 바람을 막을 수 도 있고 유도할 수도 있어서 풍향에 따른 통풍량의 편차가 크게 나타났다.

따라서 여닫이창의 계획시에는 주풍향을 고려한 창의 개폐방법 및 배치를 신중하게 결정해야 하며 공동주택에서 자연통풍 효과를 증대시키기 위해서는 현재 일률적으로 사용되고 있는 미서기창을 여닫이창이나 그밖에 통풍성능이 우수한 창으로 교체하는 대안을 검토해야 한다.

자연통풍의 이용은 외기의 조건과 재설자의 능동적 참여에 의해 결정되는 냉방기법으로서, 본 연구결과 공동주택에서의 자연통풍에 의한 자연냉방활용의 필요성 및 가능성은 충분한 것으로 판단되며 자연통풍 효과를 극대화하기 위해서는 기존에 천편일률적으로 사용하고 있는 창호 형태에 대한 교체 방안과 함께 설계 초기단계에서 자연통풍을 위한 계획적 고려가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

< 목 차 >

| | |
|---------------------------------------|----|
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 1.1 연구의 목적 | 1 |
| 1.2 연구의 범위 및 방법 | 3 |
| 제 2 장 자연통풍의 이론적 고찰 | 5 |
| 2.1 자연냉방의 조절 | 5 |
| 2.1.1 자연냉방조절의 개념 | 5 |
| 2.1.2 자연통풍에 의한 냉방효과의 원리 | 11 |
| 2.2 자연통풍의 특성 | 13 |
| 2.2.1 자연통풍 이론 | 13 |
| 2.2.2 개구부의 통풍량 | 21 |
| 2.2.3 개구부의 통풍특성 | 27 |
| 제 3 장 평면 특성에 따른 실내 기류패턴 분석 | 31 |
| 3.1 실험도구 및 방법 | 31 |
| 3.1.1 Ventilation Simulator의 개념 | 31 |
| 3.1.2 실험모델의 선정 | 34 |
| 3.1.3 실험방법 및 조건 | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 평면 유형별 자연통풍 시뮬레이션 | 36 |
| 3.2.1 18평형 A타입과 B타입 | 36 |
| 3.2.2 26평형 A타입, B타입, C타입 | 37 |
| 3.2.3 36평형 A타입과 B타입 | 38 |
| 3.2.4 40평형 A타입 | 39 |
| 3.2.5 분석 결과 | 39 |
| 3.3 평면 유형의 분류 | 40 |
| 3.3.1 대표적 평면 유형의 선정 | 40 |
| 3.3.2 실험 조건 | 44 |
| 3.4 실험 결과 및 분석 | 45 |
| 3.4.1 18평형 모델의 실험 결과 | 45 |
| 3.4.2 26평형 모델의 실험 결과 | 50 |
| 3.4.3 40평형 모델의 실험 결과 | 56 |
| 3.5 소결 | 64 |
| 제 4 장 창호의 특성에 따른 통풍량 산정 실험 | 65 |
| 4.1 실험방법 및 조건 | 65 |
| 4.1.1 실험장치 | 65 |
| 4.1.2 실험방법 | 69 |
| 4.2 시뮬레이션 결과 | 71 |
| 4.2.1 개구부 유형별 통풍량 | 71 |
| 4.2.2 풍향에 따른 통풍량 | 72 |
| 4.2.3 풍속에 따른 통풍량 | 75 |
| 4.3 소결 | 77 |

제 5 장 결 론 78

참고문헌 82

ABSTRACT 84

<표 목 차>

| | |
|---|----|
| <표 2.1> 자연냉방의 원리 | 5 |
| <표 2.2> 건물 생체 기후도에 의한 냉방기법 | 7 |
| <표 2.3> 월별 냉방가능 누적시간 | 9 |
| <표 2.4> 풍속의 고도분포지수 및 기준경도풍 고도 | 19 |
| <표 2.5> 개구부의 유량계수 | 23 |
| <표 2.6> 평균, 최대 유속에 미치는 유입구와 유출구 폭의 효과 | 27 |
| <표 4.1> 시뮬레이션 창호 유형 | 61 |

<그 랍 목 차>

| | |
|--|----|
| (그림 1.1) 연구 흐름도 | 4 |
| (그림 2.1) 건물 생체 기후도(Building Bioclimatic Chart) | 6 |
| (그림 2.2) 온도차에 의한 환기 | 13 |
| (그림 2.3) 수정계수 | 16 |
| (그림 2.4) 높은 건물의 풍향에 따른 풍압계수 ($\times 100$) | 18 |
| (그림 2.5) 낮은 건물의 풍향에 따른 풍압계수 ($\times 100$) | 18 |
| (그림 2.6) 병렬합성 | 24 |
| (그림 2.7) 직렬합성 | 25 |
| (그림 2.8) 풍향과 돌출장치에 의한 실내통풍효과 | 28 |
| (그림 2.9) 실의 깊이가 통풍성능에 미치는 영향 | 29 |
| (그림 2.10) 실의 폭이 실내 통풍성능에 미치는 영향 | 29 |
| (그림 2.11) 개구부 위치와 파티션에 의한 실내 기류패턴과 속도 | 30 |
| (그림 3.1) Ventilation Simulator 평면도 | 32 |
| (그림 3.2) Ventilation Simulator 단면도 | 33 |
| (그림 3.3) Ventilation Simulator 조립도 | 33 |
| (그림 3.4) 완성된 Ventilation Simulator | 34 |
| (그림 3.5) 자연통풍 실험 장면 | 34 |
| (그림 3.6) 18평형 A타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 36 |
| (그림 3.7) 18평형 B타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 36 |
| (그림 3.8) 26평형 A타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 37 |
| (그림 3.9) 26평형 B타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 37 |
| (그림 3.10) 26평형 C타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 37 |
| (그림 3.11) 36평형 A타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 38 |
| (그림 3.12) 36평형 B타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 38 |
| (그림 3.13) 40평형 자연통풍 시뮬레이션 결과 | 39 |
| (그림 3.14) 18평형 평면도 | 41 |
| (그림 3.15) 26평형 평면도 | 42 |
| (그림 3.16) 40평형 평면도 | 43 |
| (그림 3.17) 창호의 형태 | 44 |
| (그림 3.18) 18평형 미서기창 통풍실험 1 | 45 |
| (그림 3.19) 18평형 미서기창 통풍실험 2 | 45 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| (그림 3.20) 18평형 통풍실험-대안 1 | 46 |
| (그림 3.21) 18평형 통풍실험-대안 2 | 46 |
| (그림 3.22) 18평형 통풍실험-대안 3 | 47 |
| (그림 3.23) 26평형 미서기창 통풍실험 1 | 48 |
| (그림 3.24) 26평형 미서기창 통풍실험 2 | 48 |
| (그림 3.25) 26평형 통풍실험-대안 1 | 49 |
| (그림 3.26) 26평형 통풍실험-대안 2 | 49 |
| (그림 3.27) 26평형 통풍실험-대안 3 | 50 |
| (그림 3.28) 26평형 통풍실험-대안 4 | 50 |
| (그림 3.29) 40평형 미서기창 통풍실험 1 | 51 |
| (그림 3.30) 40평형 미서기창 통풍실험 2 | 51 |
| (그림 3.31) 40평형 통풍실험-대안 1 | 52 |
| (그림 3.32) 40평형 통풍실험-대안 2 | 52 |
| (그림 3.33) 40평형 통풍실험-대안 3 | 53 |
| (그림 3.34) 40평형 통풍실험-대안 4 | 53 |
| (그림 3.35) 40평형 통풍실험-대안 5 | 54 |
| (그림 3.36) 40평형 통풍실험-대안 6 | 54 |
| (그림 4.1) 토출형 풍동의 전경 | 57 |
| (그림 4.2) 풍동의 구조 | 57 |
| (그림 4.3) 시뮬레이션 모델 | 58 |
| (그림 4.4) 풍동장치내 실험모델 장치 | 59 |
| (그림 4.5) 풍향에 따른 모델의 위치 | 61 |
| (그림 4.6) 개구부 유형별 통풍량 | 62 |
| (그림 4.7) 창호별 풍향에 따른 통풍량-미서기창 | 64 |
| (그림 4.8) 창호별 풍향에 따른 통풍량-여닫이창 | 64 |
| (그림 4.9) 창호별 풍향에 따른 통풍량-반 여닫이창 | 65 |
| (그림 4.10) 창호별 풍향에 따른 통풍량-수평회전창 | 65 |
| (그림 4.11) 창호별 풍속에 따른 통풍량-미서기창 | 66 |
| (그림 4.12) 창호별 풍속에 따른 통풍량-여닫이창 | 66 |
| (그림 4.13) 창호별 풍속에 따른 통풍량-반 여닫이창 | 67 |
| (그림 4.14) 창호별 풍속에 따른 통풍량-수평회전창 | 67 |

제 1 장 서 론

1.1 연구의 목적

자연통풍은 가장 오래전부터 널리 이용되어온 꽤적하고 건강한 건물의 냉방기술이라 할 수 있다. 자연통풍을 일으키는 바람은 실외 환경을 구성하는 자연요소 중의 하나이며, 옛부터 우리생활에 많은 영향을 미쳐왔다. 특히 건축물과 바람은 밀접한 관계가 있기 때문에 건축물의 설계시 바람의 영향에 대해서 많은 사항을 고려해야 한다.

1950년대초 일반용의 에어컨이 개발되기 전까지 건물의 냉방은 전적으로 자연통풍에 의존하여 왔다. 그후 값싼 석유에너지의 보급으로 지난 30여 년 동안 기계냉방기술은 비약적인 발전을 이루었으나, 우리나라의 경우에는 생활수준이 취약하여 일반주거에서의 냉방시설은 상상할 수도 없었고 여전히 자연통풍이 주된 냉방수단이었다. 특히, 1970년대의 에너지 파동이 후 에너지절약을 이유로 난방위주의 건물에너지 정책이 시행되면서 이에 따라 단순한 형태의 고단열, 고기밀화된 건물이 보급되었다.

최근 국민생활수준이 크게 향상됨에 따라 꽤적한 주거환경에 대한 욕구가 급증하고 있으며, 이에 따라 냉방에너지 소비가 크게 증가하고 있는 실정이다. 따라서 지금까지 주로 겨울철 난방에너지의 소비가 대부분을 차지하고 있던 건축부분에서의 에너지 소비패턴이 최근 몇 년 사이에는 여름철 냉방에너지의 비중이 난방에너지를 능가하는 형태로 전환되고 있다.

특히, 우리나라 주택보급의 과반수를 차지하는 공동주택의 경우에는 1996년 현재, 에어콘의 보급률이 30%정도에 이르고 있으며, 냉방에너지로 사용되는 에너지원은 100% 전기에너지로서 국가적인 차원에서 볼 때 하절기 냉방기기의 전력 수요가 심각한 문제로 대두되고 있다.

이와 같이 공동주택의 설계에 있어서 자연냉방기법의 도입이 중요시되고 있으나, 자연통풍을 이용한 자연냉방기법은 거의 개발되지 못한 실정이다.

공동주택에 적용 가능한 여러 자연냉방기법 중, 특히 자연통풍을 적극 도입할 경우 체적하고 건강한 주거환경을 조성할 수 있을 뿐 아니라 막대한 냉방에너지의 절약도 꾀할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는

첫째, 공동주택의 평면상에서 다양한 설계변수에 의한 기류패턴을 분석하여 실내 통풍성능에 영향을 미치는 주요 변인을 추출하고,

둘째, 공동주택에 적용 가능한 다양한 창호의 종류에 따른 통풍량을 산정하여 공동주택 단위세대에서 자연통풍을 효과적으로 이용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

기존의 연구에서 공동주택의 단위세대에 대한 통풍량이나 풍속의 측정은 실측 또는 모델실험을 통해 연구가 많이 진행된 상태이다. 그러나 자연통풍에 의한 실내쾌적의 측면에서 볼 때 통풍을 평가하기 위해서는 단순히 전체 기류의 양이나 속도뿐 아니라 통풍되는 공간의 기류분포에도 주의를 기울여야만 한다.

자연통풍에 영향을 미치는 건축적인 요소들은 주풍향에 대한 건물의 향, 개구부의 크기, 형태 및 배치, 실내공간구획 등이 있다. 본 연구에서는 공동주택의 단위세대에서 통풍성능에 영향을 미치는 건축적인 요인들 중에서 실내기류 패턴과 통풍량에 가장 큰 영향을 미치는 주요 인자를 추출한 후 각각의 통풍성능을 비교, 평가하여 자연통풍을 이용한 자연냉방의 가능성 을 제시하고자 한다.

본 연구의 내용과 방법을 요약하면 다음과 같다.

1) 자연통풍의 이론적 고찰

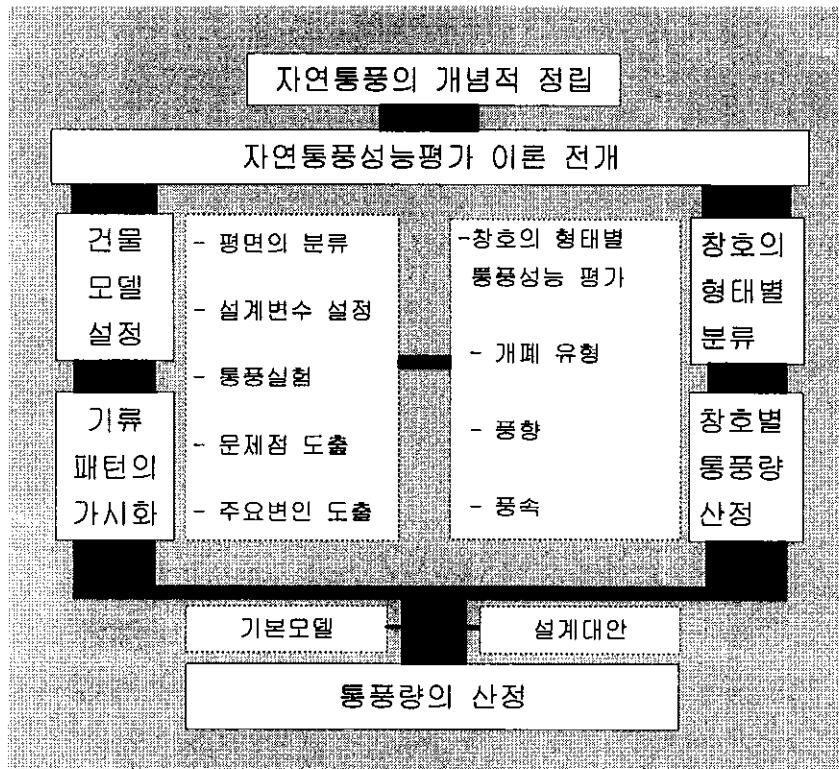
기존의 자연통풍관련 연구와 각종 참고문헌을 바탕으로 자연냉방조절의 개념과 통풍의 발생원리 및 특성에 관한 이론들을 종합정리 한다.

2) 평면특성에 따른 실내 기류패턴 분석

공동주택의 평면특성에 따른 실내기류패턴을 확인하고 기류패턴에 영향 을 미치는 변인을 추출하기 위해 실험대상 공동주택을 설정한 후 평면 및 실내기류패턴을 분석한다.

3) 창호의 특성에 따른 통풍성능 분석

공동주택에 적용 가능한 다양한 창호를 유형별로 분류하고, 창호 유형별 통풍량 산정을 위해 풍동실험을 실시한다.



(그림 1.1) 연구흐름도

제 2 장 자연통풍의 이론적 고찰

2.1 자연냉방의 조절

2.1.1 자연냉방조절의 개념

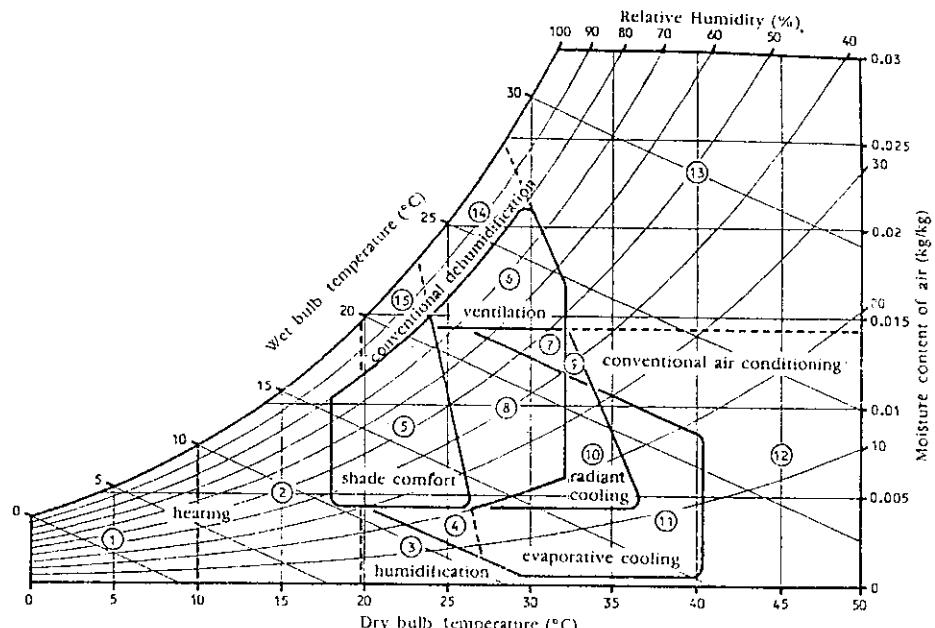
기계적인 힘에 의존하지 않고 자연의 원리를 이용하여 재실자에게 꽤적 감을 줄 수 있도록 실내온열환경을 조절하는 방법을 자연형 냉방 시스템(Passive Cooling System)이라 한다. 자연냉방은 태양복사열과 같은 열원(Energy Source)을 차단하고, 천공이나 물, 공기와 같은 열 흡수원을 적극적으로 이용하여 실내를 냉방하는 방법이다. 자연형 냉방조절의 원리를 나타내면 다음 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 자연냉방의 원리

| 냉방기법 | 자연형 냉방계획 | 냉방원리 | | | |
|-----------|--|--------------|----------|----------|----------|
| | | 전도 | 대류 | 복사 | 증발 |
| 열획득의 방지 | 부지계획과 건물의 배치 건물의 형태 및 재료 일사차단 및 차양 단열 | 단열 | | 일사 차단 | |
| 열획득의 조절 | 축열체의 이용 | Time -lag | | | |
| 획득된 열의 제거 | 통풍 복사 증발 지표냉각 | 지중 냉방 | 자연 통풍 | 복사 냉방 | 증발 냉각 |

A. Olgyay는 처음으로 자연형 조절방법을 이론적으로 체계화 하였다. Olgyay는 온도, 습도, 바람, 태양과 같은 환경변수의 해석을 기본으로 하여 환경설계기법을 제시하였는데, 이것을 생체기후디자인¹⁾(bioclimatic design)이라 한다. 이후 1960년대에 Givoni는 Olgyay의 이론을 근거로 새로운 건물 생체 기후도(building bioclimatic chart)를 제안하여 외부기온과 습도의 함수로써 각 기후디자인 기법을 평가하였다²⁾.

(그림 2.1)은 습공기선도에 온도와 습도의 함수로서 각 영역을 설정하여 기후디자인 기법을 표시한 생체기후도로써, 여기에 나타난 냉방 기법은 <표 2.2>와 같다.



(그림 2.1) 건물 생체 기후도(Building Bioclimatic Chart)

-
- 1) A. Olgyay and V. Olgyay, *Design with Climate*, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ , 1957
 - 2) P. Achard and R. Gicquel, *European Passive Solar Handbook*, Commission of The European Communities, 1986

<표 2.2> 건물 생체 기후도에 의한 냉방기법

| 냉방기법 | 일사열의 차단 | 자연통풍의 이용 | 증발냉각의 이용 | 복사냉각의 이용 | 전열회피의 차단 |
|----------|---------|----------|--------------|----------|----------|
| 생체기후도 영역 | 3, 15 | 6, 7, 8 | 4, 8, 10, 11 | 7, 10 | 12, 13 |

건물 생체 기후도에 나타난 냉방기법 중 공동주택에서 자연통풍을 이용하여 실내환경을 쾌적하게 유지할 수 있는 구역은 6, 7, 8이며, 자연통풍에 의한 증발냉각을 이용하면 4, 10, 11 구역까지 쾌적대를 확장할 수 있다.

1) 자연통풍을 이용한 실내 기후 조절

기류는 피부와 주위공기 사이의 전도-대류로 인한 열전달률을 변화시키고 피부습기의 증발을 통하여 인체 냉각률에 작용함으로써 열 쾌적에도 영향을 미친다.

전도-대류에 의한 영향은 공기의 건구온도에 의해서 좌우되며 기류속도가 빨라지면 열 전달율도 커지지만, 기온이 피부온도보다 높은지 낮은지에 따라 열 흐름의 방향이 결정된다. 기온이 체온보다 낮을 때는 인체에서 열을 빼앗지만 체온보다 높을 때는 반대로 인체에 열을 가하게 된다.

건물 생체 기후도에서 자연통풍을 이용한 쾌적대의 확장한계는 Givoni가 불쾌하지 않은 한계풍속으로 설정한 1.5m/s이다. 이 조건은 수증기압이 17mmHg인 공기의 비체적이 $0.89 \text{ m}^3/\text{kg}$ 일 때의 공기상태와 근사한 값을 나타낸다. 공기중 습도가 감소함에 따라 적정 기류속도 또한 감소하며 따라서 (그림 2.1)과 같이 수증기압이 17mmHg 이하가 되기 위한 건구온도로 31.7°C 를 한계온도로 정의한다.³⁾

3) Donald Watson, FAIA, and Kenneth Labs, *Climatic Design*, McGraw-Hill Book Company, 1983

2) 증발냉각을 이용한 실내 기후조절

외부로부터 유입된 공기를 이용하여 직접적으로 물을 증발시키는 방법에는 유입공기에 미세공기를 분사하여 직접 증발시키거나 젖은 통기성 매트에 공기를 통과시키는 방법 등을 사용할 수 있다. 실내기온은 물에서 수증기로의 상변화시 공기와 물사이에 발생하는 잠열의 흡수 및 방출에 의해 낮출 수 있으나 이 과정에서 총 에너지, 즉 현열과 잠열의 합은 일정하며 따라서 증발냉각방식은 유입공기의 최대 습구온도에 따라 좌우된다.

수증기압의 높고 낮은 정도에 따라 효과는 다를 수 있지만, 기류속도가 빨라지면 증발냉각도 증가한다. 기류에 의한 열 교환율은 건구온도뿐 아니라 수증기압에도 관계되기 때문에 수증기압이 높을 때 보다는 수증기압이 낮을 때 더 높은 온도까지 폐적대의 확장이 가능하고 기류속도가 증가하면 수증기압이 높을 때보다는 낮을 때 폐적대의 확장폭이 더 커진다.

건물 생체 기후도에서 증발냉각을 이용하여 실내환경을 폐적하게 유지할 수 있는 첫번째 한계는 폐적범위의 상한치 습구온도 22°C 이며 두번째 한계는 Milne, Givoni의 연구결과에서 기류에 의한 기온 감소와 건구온도의 폐적 상한치를 고려한 건구온도 40°C 이다. 따라서 습구온도 22°C 와 건구온도 40°C 의 경계조건까지 폐적대의 확장이 가능하다.

3) 서울지역의 기후 분석

기후 분석에 사용한 서울지역의 기상 데이터는 공조학회에서 발표한 HASP용 데이터를 DOE 2.1E 버전의 TRY형식으로 변환된 것을 이용하였다.

서울지역의 시간별 기상자료 중 자연통풍과 증발냉각을 이용한 냉방기법이 가능한 시간을 (그림 2.1)의 건물 생체 기후도에 적용했을 경우, 각 영역의 월별 누적시간은 다음 <표 2.3>과 같다.

<표 2.3> 월별 냉방가능 누적시간

| | 냉방 필요시간 | | 5 (Comfort) | | 6, 7 (Ventilation) | | 8 (Ventilation & Evaporative Cooling) | | 4, 10, 11 (Evaporative Cooling) | |
|------------------|---------|-------|----------------|-------|-----------------------|-------|---|-------|---------------------------------------|------|
| | 누적시간 | % | 누적시간 | % | 누적시간 | % | 누적시간 | % | 누적시간 | % |
| 6 월 | 423 | 58.75 | 297 | 41.25 | 32 | 4.44 | 105 | 14.58 | 9 | 1.25 |
| 총 146시간 (20.28%) | | | | | | | | | | |
| 7 월 | 653 | 87.76 | 91 | 12.23 | 162 | 21.77 | 24 | 3.23 | 9 | 1.21 |
| 총 195시간 (26.21%) | | | | | | | | | | |
| 8 월 | 640 | 86.02 | 104 | 13.98 | 167 | 22.45 | 26 | 3.49 | 2 | 0.27 |
| 총 195시간 (26.21%) | | | | | | | | | | |
| 9 월 | 502 | 69.72 | 218 | 30.28 | 5 | 0.69 | 22 | 3.06 | 1 | 0.14 |
| 총 28시간 (3.89%) | | | | | | | | | | |

6월의 경우 냉방 필요시간은 약 59%이며 폐적조건을 만족하는 시간은 전체 시간의 41%로서 절반정도의 시간이 폐적한 것으로 나타났다. 자연통풍을 이용한 냉방가능시간은 20%로 나타나서 자연통풍의 이용가능성이 큰 것으로 나타났으며 6월의 경우 적절한 자연통풍을 이용할 경우 전체시간의 62%정도를 폐적하게 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

7월과 8월엔 냉방 필요시간이 각각 88% 정도로 불쾌적 시간이 6월보다 월씬 많은 것으로 나타났지만 자연통풍의 이용가능성은 6월보다 더 커서 달 전체의 26%정도의 시간을 자연통풍을 이용하여 쾌적하게 유지할 수 있는 것으로 나타났으며, 쾌적조건을 만족하는 시간을 포함하여 총 40%정도의 시간대를 쾌적하게 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

9월은 상대적으로 자연통풍의 이용가능성은 적은 달로서 쾌적조건을 만족하는 시간을 포함해서 6, 7월과 마찬가지로 약 40%정도의 시간대를 쾌적하게 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

2.1.2 자연통풍에 의한 냉방효과의 원리

실내 공간에서 형성되는 기류의 흐름은 보통, 환기와 통풍의 개념으로 구별되며 다음과 같은 3가지 기능에 의해 실내환경을 조절한다.⁴⁾

- 건강환기 : 실내 거주공간에 신선한 공기를 유입시키는 기능으로 재실자와 실내 구성재료 및 기기들로부터 발생하는 유해물질을 제거한다.
- 쾌적환기(주간통풍) : 주로 낮동안에 실내의 기류속도를 빠르게 하여 인간에게 쾌적한 열환경을 제공한다. 34°C정도의 높은 온도에서도 공기의 흐름은 심리적인 냉방효과를 제공할 수 있다. 기류의 속도가 빨라질수록 피부로부터 땀의 증발작용이 촉진되며 이로 인해 축축한 피부로부터 느껴지는 불쾌감을 감소시킬 수 있다. 따라서 공기의 상대습도가 높은 경우 특히 효과적이다.

비록 주간의 환기로 인해 실내표면과 공기의 온도가 높아질 가능성이 있지만, 실내 기류의 속도가 적정하고 외부의 온도에 대해 내부 쾌적조건이 충족된다고 하면 그 전반적인 효과는 긍정적으로 볼 수 있다. 공기의 속도가 0.15m/s 증가하는 것은 상대습도 70% 미만에서 기온을 약 1°C 정도 낮추는 효과를 나타낼 수 있다.

4) B. Givoni, *Performance and Applicability of Passive and Low-energy Cooling Systems, Energy and Buildings*, MSC Thesis, Cramfield Institute of Technology, England, 1991

쾌적환기를 위한 고려사항은 다음과 같다.

- 건물의 구석구석까지 계속 흐르는 기류를 얻어야 한다.
- 점유공간으로 기류가 지나가도록 해야 한다.
- 재실자의 레벨에서 가장 빠른 기류를 얻어야 한다.

• 야간 통풍 : 외기온이 낮은 야간에 건물을 통과하는 기류는 실내의 공기를 냉각시키며 또한 축열체에 냉기를 저장한다. 냉각된 구조체가 외피를 통해 들어오는 열을 흡수하거나 조절할 수 있기 때문에 다음날 낮동안 창문을 닫아둔다면 건물을 시원하게 유지할 수 있다. 축열체가 건물의 밖에 위치한 경우라면 환기되는 공기를 예냉하는데 사용될 수 있고, 또는 폐회로 방식(closed circuit)으로 건물을 냉각시킬 수 도 있다.

야간통풍을 위한 고려사항은 다음과 같다.

- 환기율의 최대한 확보
- 축열면적의 확대 및 적절한 배치
- 유입공기에 접촉하는 면적의 충분한 확보
- 열 용량과 열 전도율이 높은 축열체 선택

이와같은 3가지 환기의 기능 중 주간과 야간에 자연통풍에 의한 바람의 냉각력을 적절히 이용할 수 있다면, 건물 개구부의 크기, 배치와 같은 디자인 변수를 조절하여 하절기에 쾌적한 실내 환경을 조성할 수 있다. 이와 같은 바람의 냉각력을 이용한 통풍효과를 자연통풍에 의한 냉각효과라 한다.

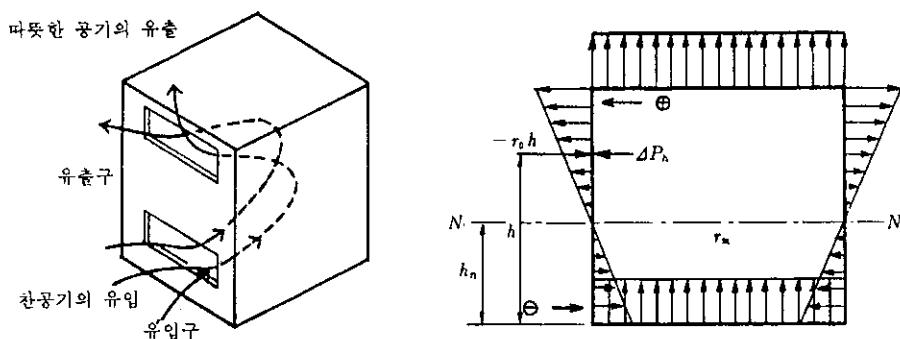
2.2 자연통풍의 특성

2.2.1 자연통풍 이론

자연통풍을 발생시키는 원인으로는 크게 바람에 의한 풍압과 온도차에 의한 부력으로 나누어 볼수 있으며 실제로 환기는 온도차 및 풍압이 동시에 발생한다. 이때 환기량은 이 두 힘으로 인한 각각의 압력을 합산하여 구한다. 따라서 압력의 방향에 따라 환기량이 가감되며 두 힘이 같은 방향으로 작용할 경우에도 환기량은 압력차의 제곱근에 비례하므로 약 40% 정도만 증가하게 된다.

1) 온도차에 의한 환기

실내외부에 온도차가 있으면 공기밀도의 차이로 압력차가 발생한다. 실온이 외기온보다 높으면 실내공기 밀도가 낮아지므로 가벼워진 공기는 상승한다. 이때 실내에서는 개구부 상부의 압력이 하부의 압력보다 높아지므로 상부에서는 안에서 밖으로 압력이 가해져서 자연배기가 발생한다. 만약 실온이 외기온보다 낮으면 압력이 반대로 작용하므로 공기의 교환 역시 역으로 발생한다. 이것을 온도차에 의한 환기라고 한다(그림 2.2).



(그림 2.2) 온도차에 의한 환기

건물의 실내에서는 외기와의 온도차에 의해 공기의 비중량이 달라지게 되므로 환기가 일어나게 된다. 실내의 온도가 높으면, 상부에서는 실내공기가 배출되고, 하부에서는 외기가 유입되게 된다. 이때 실내·외의 압력차가 0이 되어 공기의 유출입이 없는 면이 형성되는데 이를 중성대라고 한다.

특히 아파트와 같은 고층건물에서의 엘리베이터실과 계단실에서는 천장이 매우 높기 때문에 큰 압력차가 생겨 강한 바람이 불게된다. 이를 굴뚝효과라고 하며, 설계시에 주의를 요한다. 고층건물에서는 건물높이의 50~70%가 되는 곳에 중성대가 위치하며 기밀한 건물에서는 건물높이의 30%가 되는 곳에 위치한다고 알려져 있다.⁵⁾

온도차에 의해 생성되는 압력은 다음과 같다.

$$\Delta P = (r_o - r_i)g(h - h_n) \quad (식 2.1)$$

$$= r_i \cdot g(h - h_n)(T_i - T_o)/T_o$$

ΔP : 온도차에 의한 압력차 (P_a)

r_o : 실외 공기밀도 (kg/cm^3),

r_i : 실내공기밀도(kg/cm^3)

g : 중력 가속도 $9.8 (\text{m}/\text{s}^2)$,

T : 절대온도, i : 실내, o : 실외

h : 계산하려는 지점의 높이 (m),

h_n : 중성대의 높이 (m)

5) 이경희, *건축환경계획*, 문운당, 1990, p.136

실내외 공기의 전체 비중량 차이는 두 개구부 사이의 수직거리 h 와 온도 차 $\Delta t/T$ 에 비례한다. 여기서 Δt 는 실내외의 온도차이며 T 는 실내외 평균절대온도 (average absolute temperature)이다.

온도차(thermal force)에 의해 발생하는 기류량 Q 는 압력의 제곱근과 유효개구부 면적에 비례하는데, 그 식은 다음과 같다.

$$Q = KA\sqrt{h \cdot \Delta t} \left(m^3/min / m^2 \right) \quad (\text{식 2.2})$$

K : 개구부에 의한 저항에 관련된 상수 (표준값=7.0)⁶⁾

A : 유입개구부 면적 (m^2)

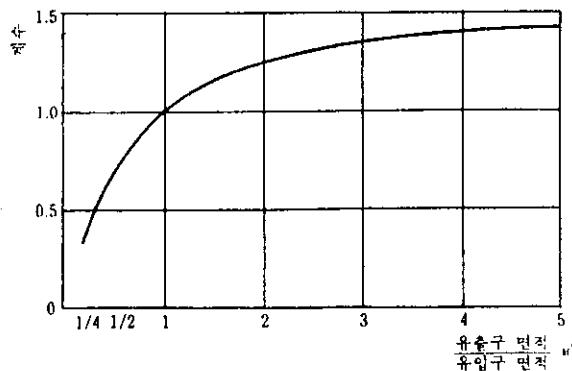
h : 두 개구부간의 수직거리 (m)

Δt : 실내외의 온도차 ($^{\circ}\text{C}$)

Q : 개구부 단위 면적당 환기량 (ventilation rate)

(식 2.2)에서 유입구의 면적과 유출구의 면적이 다를 경우에는 수정계수를 곱해주어야 한다. (그림 2.3)은 수정계수를 구하는 도표이다.

6) ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTAL, 1997



(그림 2.3) 수정계수

2) 풍압차에 의한 환기

건물의 외피에 작용하는 바람에 의한 압력은 풍속과 풍향의 관계로 볼 수 있으며 건물외피에서 압력의 분포는 건물형상과 표면적 등 건물의 물리적인 특성의 영향을 받는다.

외부 개구부를 통하는 공기흐름은 주로 이와 같은 개구부 사이의 바람으로 인한 압력차에 기인한다. 외벽면에 작용하는 바람에 의한 압력은 다음과 같다.⁷⁾

$$P_v = -\frac{\rho_a U_H^2}{2} \quad (\text{식 2.3})$$

P_v : 바람으로 인한 압력[Pa]

ρ_a : 외부 공기의 밀도

7) ASHRAE, **ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTAL**, 1997,
p.15.3

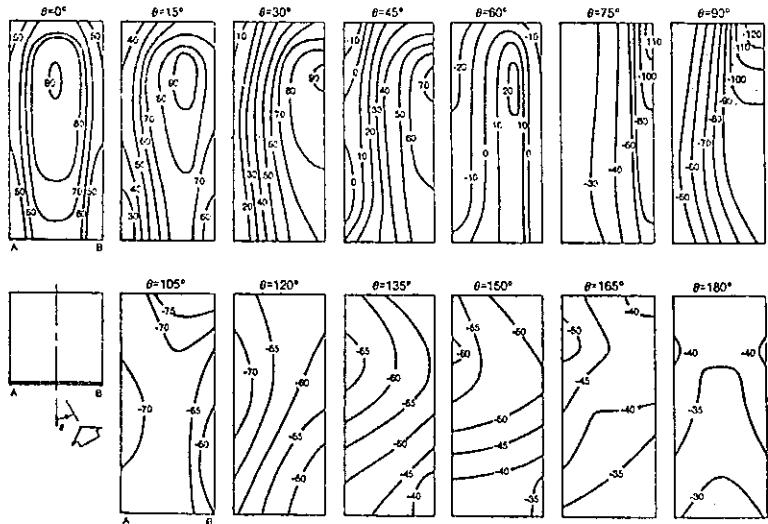
일반적으로 바람이 방해받지 않는 이상적인 조건에서 건물에 불어오는 바람의 풍압(P_v)과 실제 건물의 표면에 작용하는 풍압(P_s)의 차이는 다음 (식 2.4)와 같다.

$$P_s = C_p P_v \quad (\text{식 2.4})$$

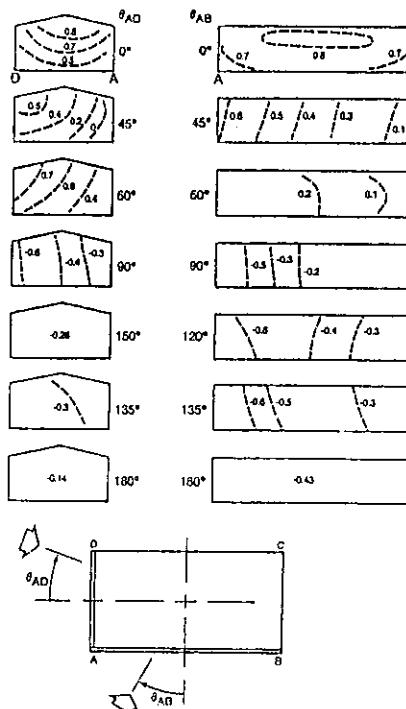
풍압계수 C_p 는 일반적인 지역풍의 특성에 대한 주변 장애물 및 건물 표면의 방향과 지세, 풍향에 대한 지형의 거칠기에 따라 변하는 변수로서 바람으로 유도되는 압력의 변화를 설명하는 실험데이터를 근거로 한다.

ASHRAE⁸⁾ 에서는 건물의 높이와 풍향에 따른 풍압계수를 저층형 건물과 고층형 건물로 분류하여 실험값을 제시하고 있으며 다음 (그림2.4, 2.5)와 같다. 이와 같이 C_p 값은 여러 변수에 대한 전체적의 평균값이 아니라 특정면에 대한 각각의 변수로서 침기 모델링에서 가장 어려운 특성 중 하나이며 풍동실험에 의해서만 구할 수 있는 값이다.

8) ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTAL, 1997, p.15.3



(그림 2.4) 높은 건물의 풍향에 따른 풍압계수 ($C_p \times 100$)



(그림 2.5) 낮은 건물의 풍향에 따른 풍압계수 ($C_p \times 100$)

바람은 지표면의 상태에 따라 그 속도가 달라진다. 풍속은 보통 지상 10m 높이에서 측정하고 있으며, 따라서 건물높이에 따른 풍속은 다음과 같은 Power law에 의해 구할 수 있다.

$$V_Z = V_G \cdot (Z/Z_G)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (\text{식 2.6})$$

V_Z : 높이 Z 에서의 풍속 (m/sec)

V_G : 기준경도풍 높이에서의 풍속 (m/sec)

$1/\alpha$: 풍속의 고도분포지수

Z : 지면에서의 높이 (m)

Z_G : 기준경도풍고도 (m)

기준경도풍 풍속은 지면의 마찰에 의한 영향을 받지 않는 높이에서의 풍속을 의미하며, 풍속의 고도분포지수에 따른 기준경도풍 고도는 다음 <표 2.4>와 같다.

<표 2.4> 풍속의 고도분포지수 및 기준경도풍 고도

| 노풍도 | 풍속의 고도분포지수 ($1/\alpha$) | 기준경도풍 고도 (Z_G) | 자연 조도 |
|-----|---------------------------|--------------------|---------------------|
| A | 1/3 | 450m | 대도시 중심부의 고층 시가지 |
| B | 1/4.5 | 360m | 대도시 주변지역 시가지 및 산림지역 |
| C | 1/7 | 270m | 개방된 평지, 초원, 해면 |

풍속은 보통 공항과 같이 개방된 곳($Z_G=270m$)에서 측정하므로, 이 때의 풍속을 V_{10} 라 할 때, 건물높이 Z 에서의 풍속은 다음과 같다.

$$V_Z = V_{10} \cdot (10/270)^{\frac{1}{7}} \quad (\text{식 2.6})$$

풍력에 의한 실내 자연통풍의 주요인자는 위 식에서와 같이 외부 풍속이지만 자연통풍은 풍속, 풍압, 풍향과 같은 물리적인 요인이외에도 건물의 방위, 개구부, 크기, 형태, 배치, 내부공간의 구성, 조경과 같은 건축적인 요인에 의해서도 실내로 유입되는 바람의 특성과 유입량이 틀려진다.

2.2.2 개구부의 통풍량

1) 기본개념

실내로의 공기의 유입량, 유출량을 산출하기 위하여 다음 (식 2.7)이 널리 쓰이고 있다. 이 식은 개구부를 통과하는 유량을 계산하기 위한 실험식이다.

$$V = \alpha \Delta P^{\frac{1}{n}} \quad (\text{식 } 2.7)$$

V = 풍량 (m^3/h)

α = 개구부의 통기율 ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{mmAq}^n$)

ΔP = 개구부 내외의 압력차 즉, $P - P_0$ (mmAq)

n = 지수 ($1 \sim 2$)

여기서 α , n 은 개구부의 크기와 형상 등에 따라 다르다. 일반적인 개구부에서는 $n=2$ 이며, 좁은 통로(모세관)에서는 $n=1$ 이다. 즉 창이나 틈새의 폭이 비교적 크면 $n=2$ 가 되고, 기밀성이 증가하면 $n=1$ 이 된다. $n=2$ 인 경우 층류의 특성으로 유체는 흘어지지 않으며, 그 때는 베르누이의 법칙을 따른다.

그러나 $n=1$ (난류)이면 유체는 흘어지게 된다. 난류는 기체에 작용하는 관성력이 점성력보다 클 때 일어나기 때문에 n 값은 각각 난류인가 층류인가에 따라 결정된다. 본 연구대상인 통풍을 위한 창의 개방은 틈새의 폭이 큰 경우에 해당되므로 $n=2$ 로 하면 (식 2.7)은 다음과 같이 바꿔 쓸 수 있다.

$$V_s = \alpha A \left(\frac{2g}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta P^{\frac{1}{2}} \quad (\text{식 } 2.8)$$

V_s = 풍량 (m^3/s)

A = 개구부 면적 (m^2)

g = 중력가속도 (9.8 m/sec^2)

γ = 공기비중량 (kg/m^3)

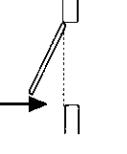
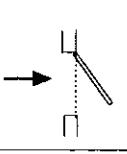
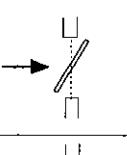
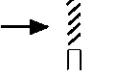
ΔP = 압력차 (kg/m^2)

α = 유량계수 (αA = 실효면적)

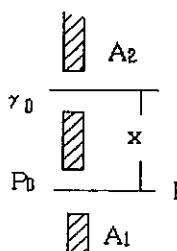
각종 개구부에 대한 유량계수(α)의 실험값은 <표 2.5>와 같고 여기서 $1/\alpha^2$ 을 저항계수(ζ ; 압력손실계수)라 한다.

9) 이인구 외, 건축환경계획론, 태림문화사, 1997

<표 2.5> 개구부의 유량계수

| 명칭 | 형태 | α | $1/\alpha^2(\zeta)$ | |
|------|---|-----------|---------------------|----------|
| 단순창 | →  | 0.65~0.7 | 2.4~2.0 | |
| | →  | | | |
| 오리피스 | →  | 0.6 | 2.78 | |
| | →  | | | |
| 벨마우스 | →  | 0.97~0.99 | 1.06~1.02 | |
| | →  | | | |
| 돌출창 |  θ° | 15 | 0.25 | 1.60 |
| | | 30 | 0.42 | 5.65 |
| | | 45 | 0.52 | 3.68 |
| | | 60 | 0.57 | 3.07 |
| | | 90 | 0.62 | 2.59 |
| |  θ° | 15 | 0.30 | 11.1 |
| | | 30 | 0.45 | 4.9 |
| | | 45 | 0.56 | 3.18 |
| | | 60 | 0.63 | 2.51 |
| | | 90 | 0.67 | 2.22 |
| 회전창 |  θ° | 15 | 0.15 | - |
| | | 30 | 0.30 | - |
| | | 45 | 0.44 | 0.2 |
| | | 60 | 0.56 | 0.25 |
| | | 75 | - | 0.4 |
| | | 90 | 0.64 | 0.65~0.8 |
| 블라인드 |  θ° | 30 | 0.15~0.30* | 0.25** |
| | | 50 | 0.35 | 0.45 |
| | | 70 | 0.4~0.5 | 0.65 |
| | | 90 | 0.65~0.8 | 0.7 |
| 격자 | 목재 | 0.4 | - | - |
| | " 각진형 | 0.7 | | |
| | " 등근형 | 0.85 | | |
| 방충망 | 철망 | 0.75~0.8 | - | - |
| | 철망 | 0.3~0.4 | | |
| | 비닐망 | 0.65~0.75 | | |
| 편침메탈 | 알루미늄 | 0.25 | - | - |
| | 철재 | 0.65 | | |

2) 개구부의 병렬합성



동일 벽면 내에 2개 이상의 개구부가 있으면 벽면을

통과하는 풍량은 각각의 개구부를 통과하는 풍량의 합과 같다.

$$V = V_1 + V_2 + \dots = \sum V_i \quad (\text{식 2.9})$$

(그림 2.6)

병렬합성

개구부 A₁의 내외의 압력을 P_i, P_o라고 하면 압력차는

(식 2.10)이 되고, 실내공기의 비중량을 γ_i , 외기의 비중량을 γ_o 라고 하면 A₁에서 x 만큼 높이에 있는 개구부 A₂의 내외의 압력은 (식 2.11), (식 2.12)와 같이 된다. (단, 유출을 (+)로 한다.)

$$\Delta P_1 = P_i - P_o \quad (\text{식 2.10})$$

$$P_{o2} = P_o - \gamma_o x \quad (\text{식 2.11})$$

$$P_{i2} = P_i - \gamma_i x \quad (\text{식 2.12})$$

따라서 개구부 A₂에서의 압력차 ΔP_2 는 (식 2.13)과 같아 된다.

$$\begin{aligned} \Delta P_2 &= P_{i2} - P_{o2} = P_i - P_o + (\gamma_i - \gamma_o)x \\ &= \Delta P_1 + (\gamma_o - \gamma_i)x \end{aligned} \quad (\text{식 2.13})$$

개구부 A₁, A₂가 같은 높이에 있으면 x=0이므로 A₁, A₂에서의 온도차는 없어지며, $\gamma_o = \gamma_i$ 로 볼 수 있어서 $\Delta P_1 = \Delta P_2$ 가 되고 각 개구부의 압력차는 같아진다. 건축물에서 각실의 창은 층고내에서 차이가 있어도 그 높이차가 크지 않으므로 x=0 으로 취급하는 경우가 많다. 또 외부의 압력이 높아지거나, 내부에서 공조장치의 사용으로 정압 또는 부압이 걸리고 있을 때

때는, 상대적으로 $P_i - P_o$ 의 값이 $(\gamma_o - \gamma_i)x$ 보다 커져서 $(\gamma_o - \gamma_i)x$ 의 항을 무시하는 경우가 많다.

이런 동일 벽면 내의 각 개구부에서의 ΔP 의 값이 같다고 볼 수 있을 때는 (식 2.14)을 이용하여 각 개구부의 실효면적의 합을 써서 1개의 개구부로 환기량을 계산할 수 있다.

$$V_{sl} = \alpha_1 A_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P} \quad (\text{식 2.14})$$

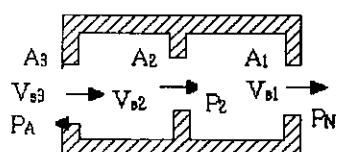
$$V_{sl} = \alpha_2 A_2 \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P} \quad (\text{식 2.15})$$

$$V_{sl} + V_{sl} + \dots = (\alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \dots) \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P}$$

$$\therefore V_s = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P} \quad (\text{식 2.16})$$

단, $\alpha A = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \dots + \alpha_n A_n$

3) 직렬합성



(그림 2.7)과 같이 몇 개의 개구부를 순차적으로 통과할 때 온도 변화가 없으면 각 개구부를 통과하는 풍량은 같다.

(그림 2.7) 직렬합성

$$V_s = V_{sl} = V_{sl} = V_{sl} = V_{sl} \quad (\text{식 2.17})$$

또 유입측, 유출측의 각 실의 압력을 각각 $P_A, P_N, P_1, P_2, \dots$ 로 하면 각 개구부에서는 다음과 같이 풍량을 계산할 수 있다.

(식 2.18)과 같이 각 개구부의 실효면적을 합성할 수 있으므로 P_A , P_N 만 알면 환기량 V_s 는 1개의 개구부를 통과하는 경우와 같이 산출할 수 있다.

$$2 V_{s1} = \alpha_1 A_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} (P_1 - P_N)^{\frac{1}{2}}$$

$$2 V_{s2} = \alpha_2 A_2 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} (P_2 - P_1)^{\frac{1}{2}}$$

$$2 V_{s3} = \alpha_3 A_3 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} (P_A - P_2)^{\frac{1}{2}}$$

$$2 V_s^2 \left\{ \left(\frac{1}{\alpha_1 A_1} \right)^2 + \left(\frac{1}{\alpha_2 A_2} \right)^2 + \left(\frac{1}{\alpha_3 A_3} \right)^2 \right\} = \frac{2g}{\gamma} (P_A - P_N)$$

$$\therefore V_s = A \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} (P_A - P_N)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{식 2.18})$$

$$\text{단, } 2 \left(\frac{1}{\alpha A} \right)^2 = \left(\frac{1}{\alpha_1 A_1} \right)^2 + \left(\frac{1}{\alpha_2 A_2} \right)^2 + \left(\frac{1}{\alpha_3 A_3} \right)^2$$

2.2.3 개구부의 통풍특성

유출구와 유입구의 크기 및 수는 실내 유속과 기류패턴에 큰 영향을 미친다. 유출구의 폭이 고정되어 있고 유입구의 폭만 증가시키면, 실내 기류 속도의 변화는 별로 없다. 유입구에 비해 유출구가 클때는 실내 유속이 다소 증가되기는 하지만 어느 한쪽 개구부의 폭만 증가시키는 것은 큰 의미가 없다<표 2.6>.¹⁰⁾

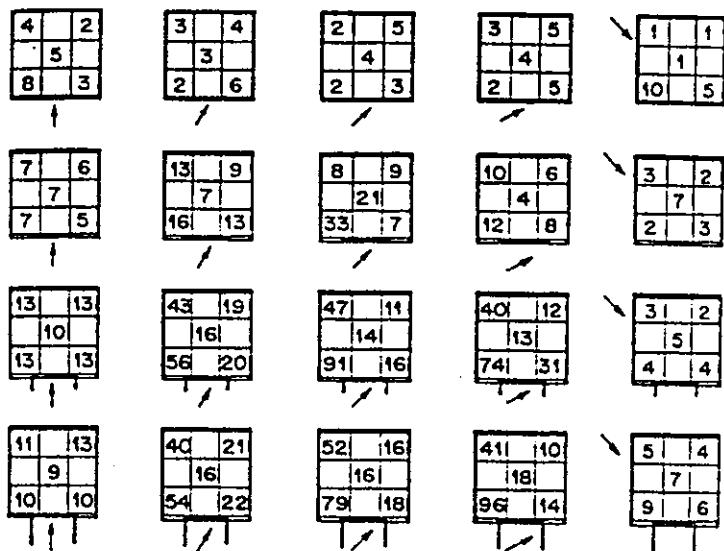
<표 2.6> 평균, 최대 유속에 미치는 유입구와 유출구 폭의 효과
(외기에 대한 %)

| 바람 방향 | 유출구 크기 | 유입구 크기 | | | | | |
|-------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1/3 | | 2/3 | | 3/3 | |
| | | 평균 | 최대 | 평균 | 최대 | 평균 | 최대 |
| 수직 | 1/3 | 36 | 65 | 34 | 74 | 32 | 49 |
| | 2/3 | 39 | 131 | 37 | 79 | 36 | 72 |
| | 3/3 | 44 | 137 | 35 | 72 | 47 | 86 |
| 경사 | 1/3 | 42 | 83 | 43 | 96 | 42 | 62 |
| | 2/3 | 40 | 92 | 57 | 133 | 62 | 131 |
| | 3/3 | 44 | 152 | 59 | 137 | 65 | 115 |

개구부에 돌출장치(baffle)를 한 경우 환기에 상당한 증가를 가져올 수 있다. (그림 2.8)은 풍향과 수직돌출부의 크기에 따른 실내기속을 외기에 대한 %로 나타낸 것으로서 특히 바람이 외벽면에 경사지게 불어올 경우 실내 통풍성능에 큰 영향을 미친다.¹¹⁾

10) 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1990, p.147

11) Terry S. Boutet, *Controlling Air Movement*, McGraw-Hill Book Company, 1987, p.141



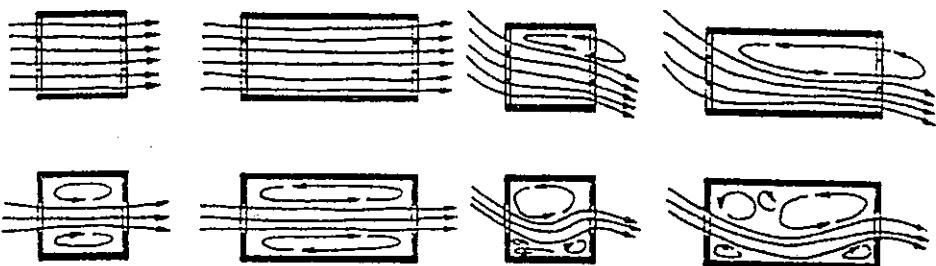
(그림 2.8) 풍향과 돌출장치에 의한 실내통풍효과

맞통풍은 실의 유입구 및 유출구가 외부에 면하고, 그 위치가 각각 정압과 부압의 위치에 있을 때 발생하는 실내 기류현상을 의미한다. 즉 유입구 외에 1개 이상의 개구부가 바람이 불어가는 쪽의 벽이나 지붕에 배치된 경우에 맞통풍 현상이 일어난다.

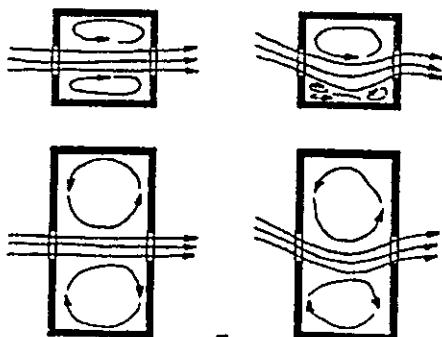
맞통풍이 불 경우 실의 깊이가 실내 통풍효과에 미치는 영향은 아주 미약하다. 하지만 실 깊이가 다른 실에 비해 2배 증가한다면 실 체적의 증가로 인한 환기량도 50% 감소하게 된다(그림 2.9).

반면에 실 폭은 특히 개구부가 실폭에 비해 작고 경사진 바람이 불어올 경우 실내 통풍효과에 큰 영향을 미친다(그림 2.10).¹²⁾

12) Terry S. Boutet, *Controlling Air Movement*, McGraw-Hill Book Company, 1987, p.150

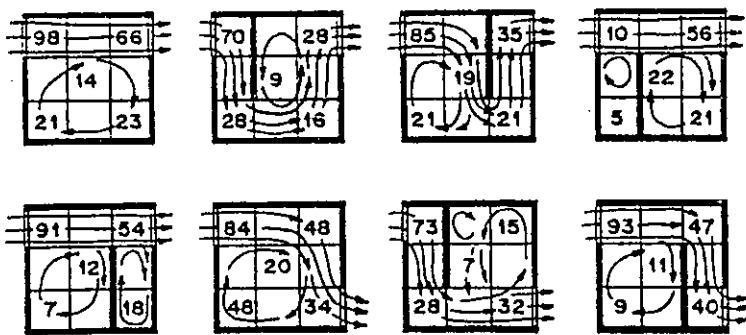


(그림 2.9) 실의 깊이가 통풍성능에 미치는 영향



(그림 2.10) 실의 폭이 실내 통풍성능에 미치는 영향

실내 기속의 분포는 개구부의 위치와 실내 칸막이에 따라 상당한 변화를 보인다. 적절한 위치의 내부 칸막이는 효과적으로 실내 기류를 유도할 수도 있고 반대로 기류의 흐름을 차단할 수도 있다. 중요한 사실은 실내에서 기류의 흐름을 바꾸는 그 어떤 요인도 기류의 속도와 내부 에너지를 감소시킨다는 것이다. 더욱이 초기 유속이 크면 클수록 방해물에 의한 기속의 감소는 더 커진다. 유입구와 유출구의 위치와 실내 칸막이의 변화에 따른 실내기류의 속도와 대체적인 흐름은 (그림 2.11)과 같다.



(그림 2.11) 개구부 위치와 파타션에 의한 실내 기류패턴과 속도

제 3 장 평면 특성에 따른 실내 기류패턴 분석

통풍은 여름철 아파트 실내를 쾌적하게 유지할 수 있는 주된 환경요소 중 하나이다. 이러한 통풍의 성능을 알아보기 위하여 단위 세대 내의 통풍량이나 풍속을 실측하는 실험은 비교적 많이 행해지고 있다.

그러나 인간의 쾌적이라는 시각에서 통풍을 평가하려면 단순히 전체 기류의 양이나 속도뿐 아니라 통풍되는 공간의 기류 분포도 매우 중요하다. 비록 실내를 통과하는 풍량이 많고 기류속도도 적절하다 할지라도 거주자가 실제로 점유하고 있는 부분으로 기류가 통과하지 않으면 실내 쾌적에는 아무런 도움이 되지 않는다.

따라서 거주자가 생활하는 실내공간에서 기류의 분포가 어떤 패턴으로 이루어지는지 검사해보는 것은 역시 매우 중요한 문제이나 쉽게 판단되지 않는 요소이다. 이에 본 연구에서는 아파트 단위세대 내의 자연통풍에 의한 기류패턴을 가시화하여 확인하고, 개구부의 특성 및 평면배치의 유형에 따른 문제점을 분석하고 대안을 도출하기 위하여 다양한 아파트 평면들에 대한 Ventilation Simulation을 실시하였다.

3.1 실험도구 및 방법

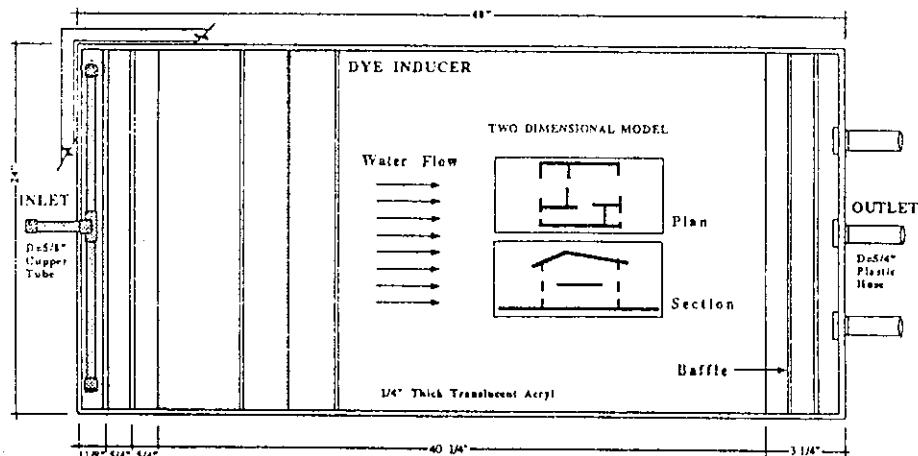
3.1.1 Ventilation Simulator의 개념

자연통풍효과의 분석을 위한 실험적 방법에 있어서 보편적으로 사용되는 것은 풍동장치(wind tunnel)이다. 그러나 풍동장치의 사용은 시간과 비용의 측면에서 많은 투자가 필요하기 때문에 연구의 초기단계에서는 보다 단

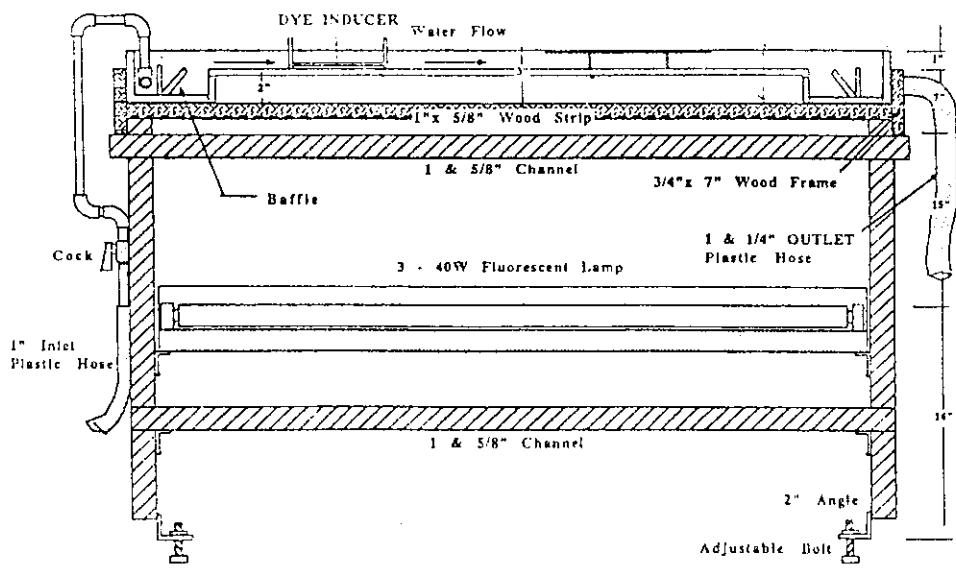
순하면서도 비교적 신뢰성 있는 실험장치가 필요하다. 본 연구에서는 공동주택의 단위세대에서 평면유형에 따른 실내의 기류패턴 및 통풍성능 평가를 위해 2차원 Ventilation Simulator를 제작하여 사용하였다.

Ventilation Simulator는 미국 Michigan대학의 건축환경연구실에서 개발한 것으로 Fluid Mapping Table의 개념을 이용하였으며, 이 장치는 어떤 물체나 건물의 주변 및 내부를 통과하는 유체의 흐름을 가시적으로 확인할 수 있는 도구로서, 평판 위에 물(유체)을 일정한 양과 속도로 고르게 흘려보내면서 평판 위에 놓인 건물의 2차원적 모델과의 관계를 관찰할 수 있다. 자연통풍을 시뮬레이션 할 때 바람의 속도는 흐르는 물의 속도를 모델의 스케일과 같은 비율로 환산하여 가정할 수 있다.

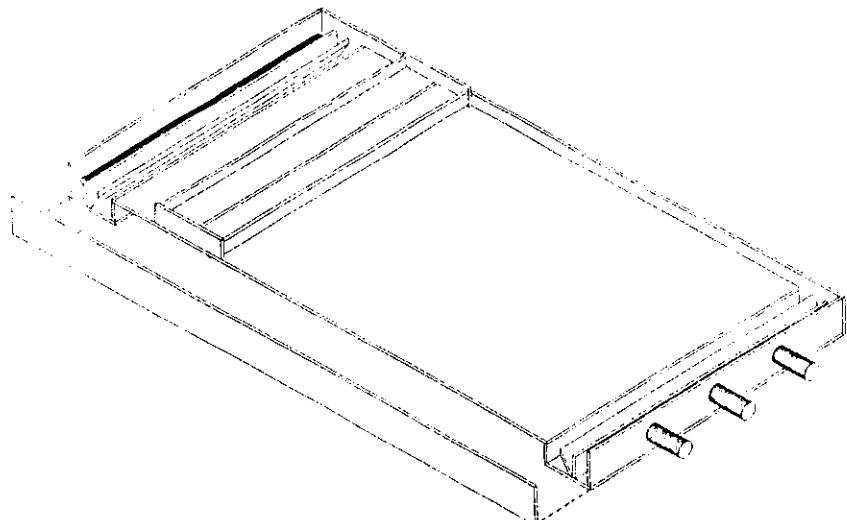
공기의 흐름을 가시화하기 위해서 물과 같은 비중의 잉크(염료)를 함께 흘려보내게 된다. 건물 주위 및 내부에서의 바람의 패턴은 사진을 찍어 확인할 수 있는데 본 연구에서는 사진의 편집과 컴퓨터처리가 가능하도록 디지털 카메라(Polaroid PDC 2000)를 사용하였다.



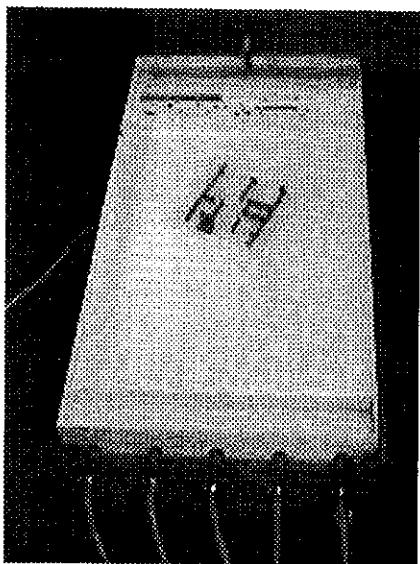
(그림 3.1) Ventilation Simulator 평면도



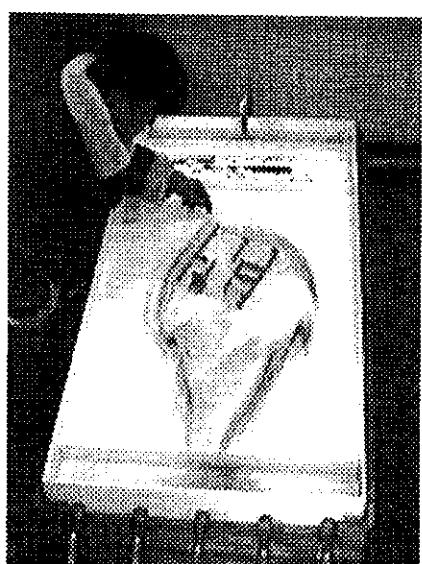
(그림 3.2) Ventilation Simulator 단면도



(그림 3.3) Ventilation Simulator 조립도



(그림 3.4) 완성된 Ventilation Simulator



(그림 3.5) 자연통풍 실험장면

3.1.2 실험모델의 선정

실험모델은 우리나라 아파트 주호 중에서 가장 보편적이라고 볼 수 있는 대한주택공사의 아파트 평면과 H사의 아파트 평면들을 대상으로 하였다.

실험 대상은 우선 전용면적 18평형 2가지 타입, 26평형 3가지 타입, 36평형 2가지 타입, 40평형 1가지 타입등 총 8개 평면들을 대상으로 1차 실험을 실시한 뒤, 규모 및 실내공간 배치 특성에 따라 대표적인 유형 3가지를 선택하였다.

선정된 3가지 유형을 대상으로 문제점을 상세히 고찰하고 자연통풍에 영향을 미치는 가장 주된 요인을 도출한 다음, 도출된 인자의 변화에 따른 통풍성능을 비교, 평가하였다.

3.1.3 실험방법 및 조건

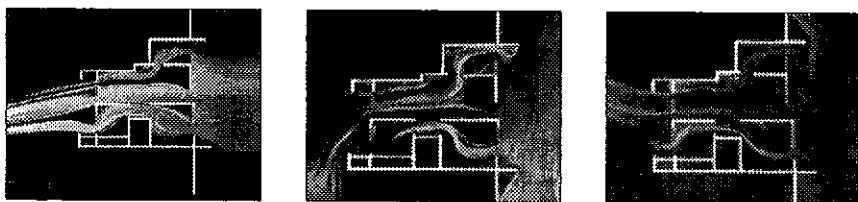
자연통풍을 주로 이용하는 하절기의 주풍향이 남동향이므로 바람의 방향은 아파트 평면의 정면에서 불어오는 것으로 가정하였다. 즉 바람의 유입 방향을 벽면에 직각으로 불어오는 경우와 좌우 각각 45도 정도로 비스듬히 불어오는 경우, 3가지로 나누어 실험하였다. 이때 실내로 유입되는 외기의 풍속은 3.5m/s(나뭇잎이 약간 흔들리는 산들바람)정도를 기준으로 하였다.

각각의 실험결과는 디지털 카메라에 의한 데이터로 저장하였으며 기류식별의 용이성을 위해 음영을 반전시킨 뒤 분석하였다.

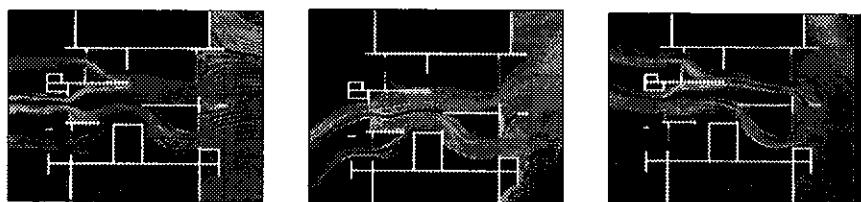
3.2 평면 유형별 자연통풍 시뮬레이션

3.2.1 18평형 A타입과 B타입

18평형의 단위세대는 주공의 2실형(A타입)과 3실형(B타입) 모델을 선택하였으며 2실형의 경우 옵션으로 설정되어있는 방까지 포함하여 통풍시뮬레이션을 실시하였다.



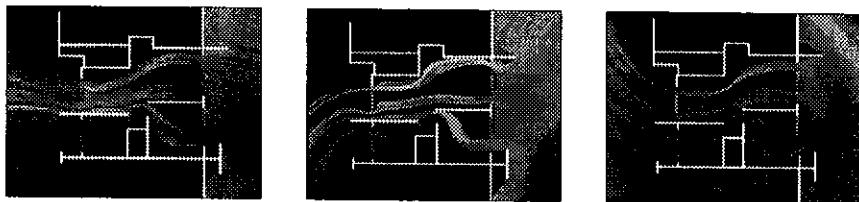
(그림 3.6) 18평형 A타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과



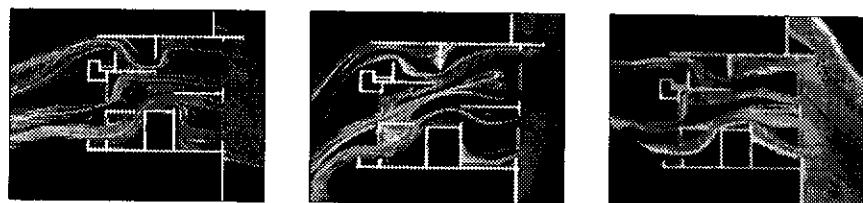
(그림 3.7) 18평형 B타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과

3.2.2 26평형 A타입, B타입, C타입

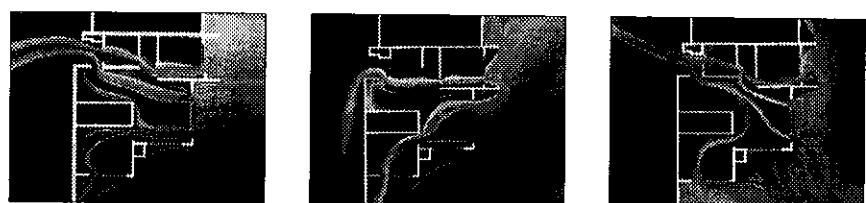
26평형 단위세대 실험모델은 주공의 2실형(A타입)과 3실형(B타입 & C타입)을 평면유형별로 선택하였다.



(그림 3.8) 26평형 A타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과



(그림 3.9) 26평형 B타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과



(그림 3.10) 26평형 C타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과

3.2.3 36평형 A타입과 B타입

36평형 단위세대의 실험모델도 주공의 모델을 선정하였으며 각각 4설형으로써 평면 형태에 따라 2가지 모델을 선정하였다.



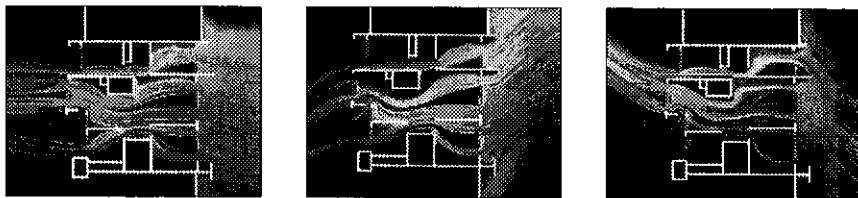
(그림 3.11) 36평형 A타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과



(그림 3.12) 36평형 B타입의 자연통풍 시뮬레이션 결과

3.2.4 40평형 A타입

40평형 단위세대의 실험모델은 H사의 모델을 선정하였으며 일반적인 4실형의 모델을 대상으로 하였다.



(그림 3.13) 40평형의 자연통풍 시뮬레이션 결과

3.2.5 분석 결과

이상과 같이 8개의 모델을 대상으로 각각 3방향의 풍향에 따른 통풍실험을 실시한 결과 실내 통풍성능에 영향을 미치는 것으로 판단된 설계변수중 평면구조를 유지하는 조건에서 변경가능한 변인들은 다음과 같다.

- 창호의 종류
- 유효 개구면적
- 내부 공간의 연결
- 외부 차폐물의 유무

3.3 평면 유형의 분류

3.3.1 대표적 평면 유형의 선정

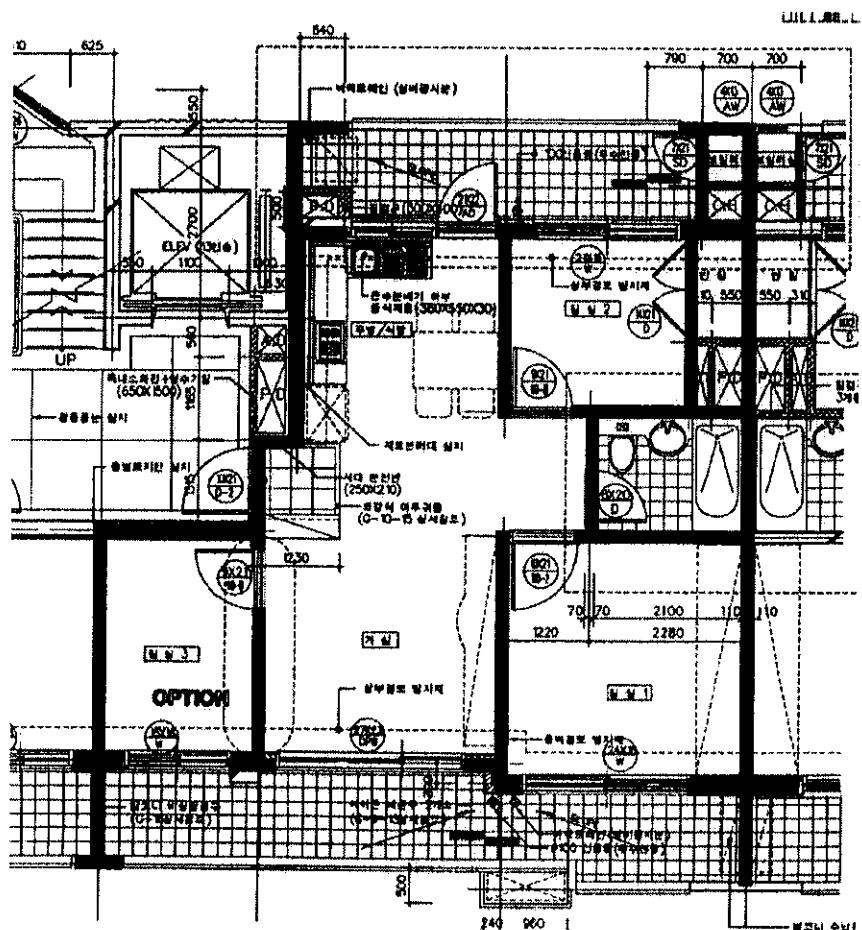
규모 및 실내공간 배치 특성에 따라 대표적 유형 3가지를 선택하였다. 선정된 3가지 유형을 대상으로 기존 평면유형에서의 문제점을 분석한 후 평면구조는 유지하고 다른 설계변수들을 변화시키면서 평면상의 기류패턴의 변화를 비교, 분석하였다.

다음 (그림 3.14), (그림 3.15), (그림 3.16)은 분석대상 아파트 단위세대들의 평면도이다.

각각 18평형, 26평형, 40평형 모델이며 (그림 3.14)는 2실형의 18평형 모델로써 옵션으로 설정된 방을 포함하여 시뮬레이션을 실시하였고 (그림 3.15)는 전형적인 3실형의 26평형 모델이며 (그림 3.16)은 4실형의 40평형 단위세대의 평면도이다.

1) 18평형 모델

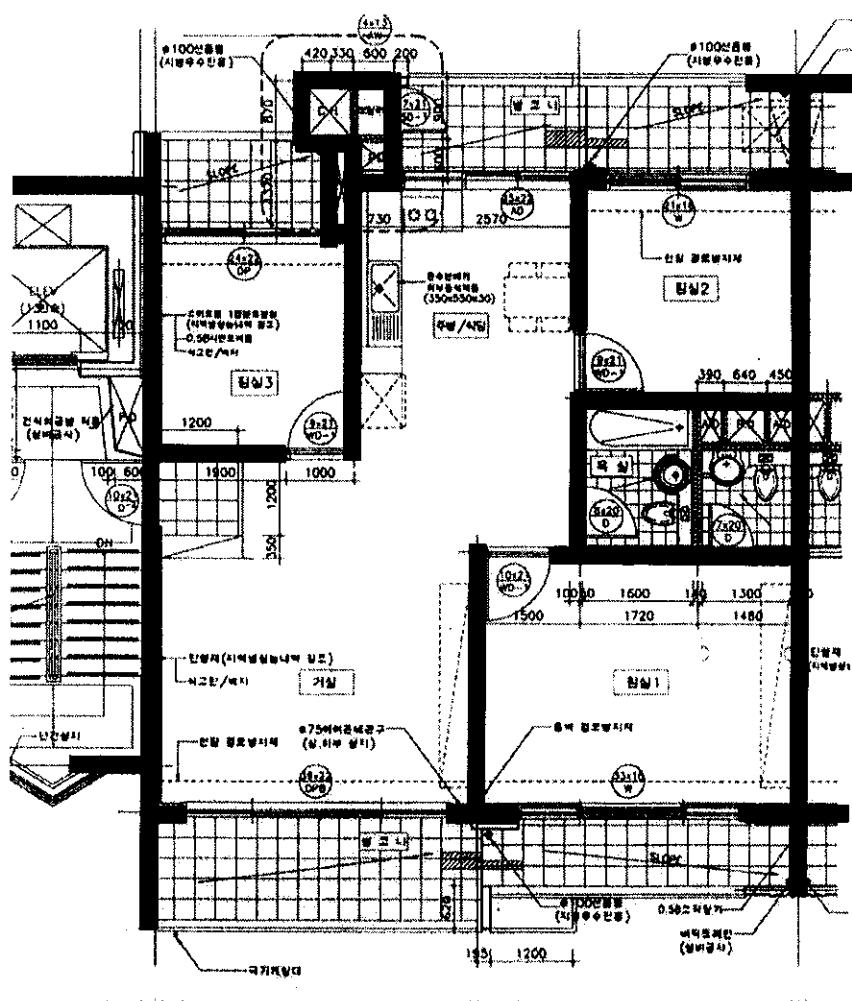
Option으로 설정된 남측면의 방을 제외하면 전체 실구조는 맞통풍이 가능한 형태이며 실배치가 크게 거실과 남북측 2실을 잇는 구역으로 양분되는 실구조를 하고 있다.



(그림 3.14) 18평형 평면도

2) 26평형 모델

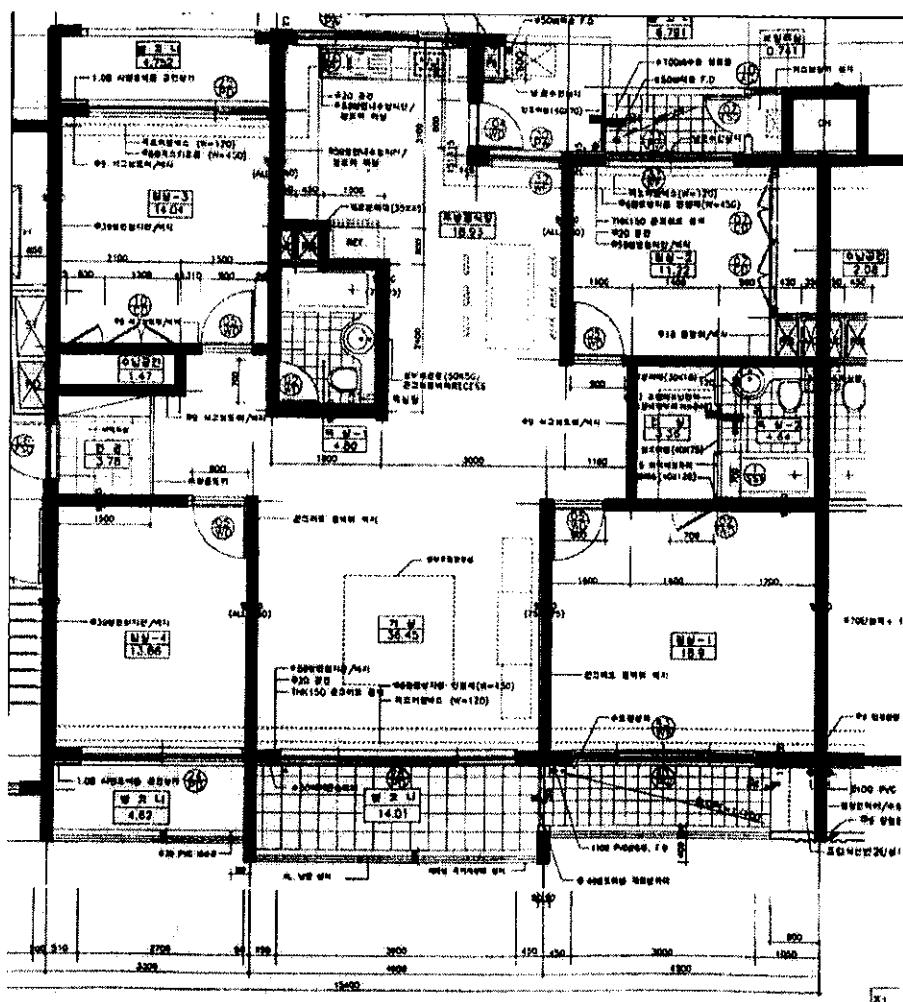
3개의 침실로 구성되어 있으며 전면의 거실과 안방을 통한 기류의 흐름이 후면 서축방과 주방을 통해 빠져나갈 수 있는 구조의 평면유형이며 북동축 방의 경우 개구부의 방향이 건물의 전후면을 잇는 주된 흐름에 대해 90° 방향에 위치하고 있어 통풍성능이 저하될 것으로 예상되는 실구조의 평면이다.



(그림 3.15) 26평형 평면도

3) 40평형 모델

4개의 침실로 구성된 평면유형으로써 크게 3구역의 맞통풍이 가능한 실구조를 나타내고 있다. 동측 및 서측 방들의 경우 거실을 통하는 주된 구역으로부터 떨어져 설치되어 있고 전후면 방들의 개구부가 서로 맞주 보고 있기 때문에 특히 후면의 방들은 전면에 위치하고 있는 방들의 통풍성능에 따라 크게 영향을 받을 것으로 예상되는 평면유형이다.



(그림 3.16) 40평형 평면도

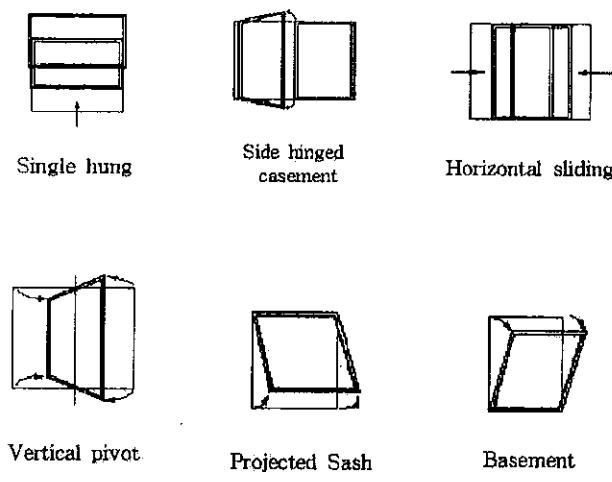
3.3.2 실험 조건

첫째 기존 공동주택에서 사용하고 있는 미서기창(Sliding Window)을 대상으로 창의 개폐방법에 따른 통풍성능을 분석하여 기본 모델의 문제점을 상세히 고찰하였다.

둘째로 1차 실험의 결과에 따라 변경 가능한 설계요소를 대상으로 대안을 설정하여 2차 실험을 실시하였으며 대안으로 설정한 변수는 다음과 같다.

- 1) 개구부의 종류 및 개폐방법
- 2) 실내 공간의 연결
- 3) 실외 차폐물의 유무

개구부의 종류는 실내기류분포를 향상시키기 위해 제안될 수 있는 다양한 종류의 창호들 중 아파트에 적용이 가능한 창호를 대상으로 하였으며 (그림 3.17)과 같다.

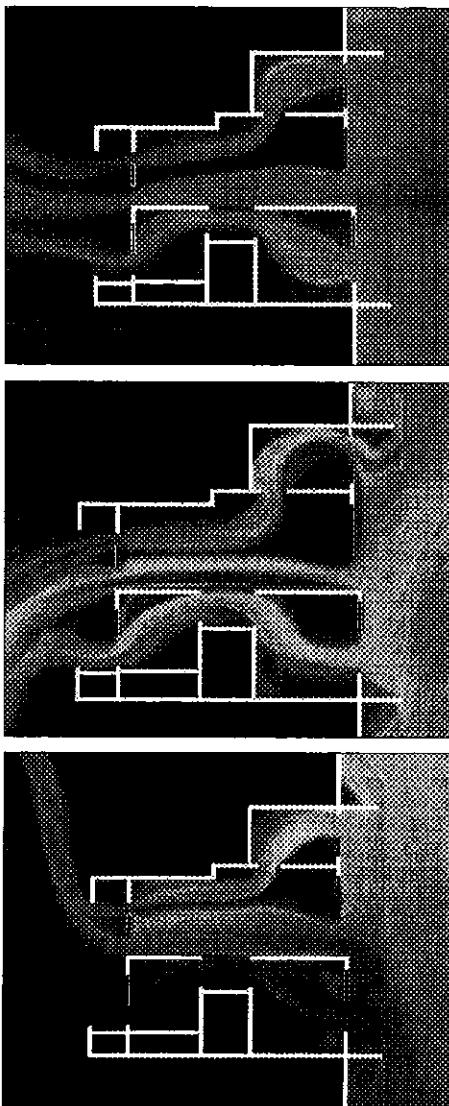


(그림 3.17) 창호의 형태

3.4 실험 결과 및 분석

3.4.1 18평형 모델의 실험 결과

각 실의 창 개폐방향을 문의 위치와 대각선 방향으로 열었을 경우의 실험결과는 (그림 3.18)과 같다.

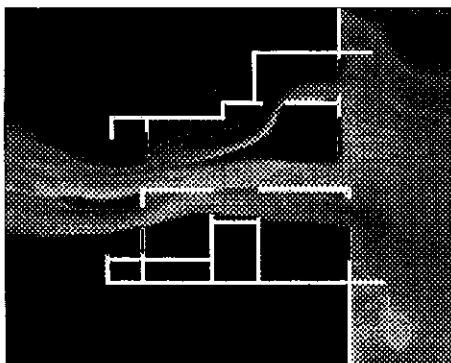


후면의 방들중 특히 북서쪽의 방에서 남서풍 실험시 통풍성능이 현저히 떨어지는 문제점이 나타났으며 거실 전면의 대형 불박이 창의 후면에 정체구역(Wind Shadow)이 넓게 형성되어 거실 환기에 문제점이 있는 것으로 나타났다.

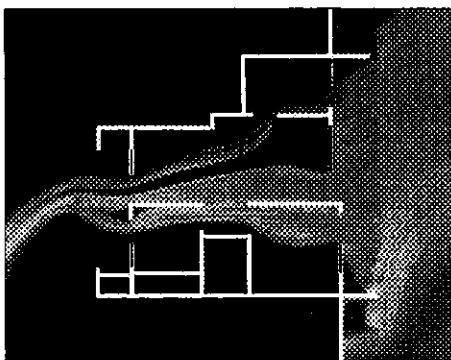
(그림 3.18) 18평형 미서기창

통풍실험 1

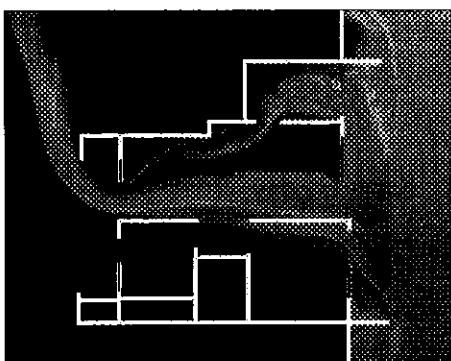
각 실의 창호를 문의 개폐방향과 일직선상에 위치하게 열었을 경우의 실험 결과는 (그림 3.19)와 같다.



첫 번째 실험에서와 같은 문제점인 북서쪽방의 통풍성능 저하와 거실 전면창의 후면에 정체구역이 생기는 문제점이 나타났으며, 대부분의 기류 흐름이 거실을 중심으로 직선통과하는 문제로 인해 각 방의 고른 환기가 이루어지지 않는 문제점이 나타났다.

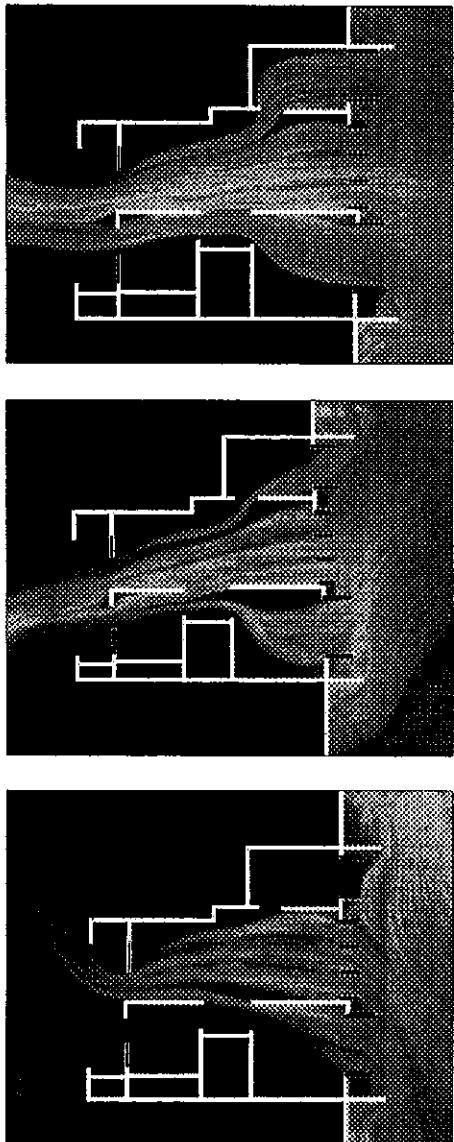


주동의 남측면 각 세대간 빌 코니를 구분하는 간벽에 의해 남동풍과 남서풍 실험에서 전면의 통풍성능이 영향을 받는 것으로 나타났다.



(그림 3.19) 18평형 미서기창 통풍실험 2

기본 모델의 남측 전면 미서기창을 유효개구면적이 큰 여닫이창으로 교체하였을 때의 통풍실험결과는 (그림 3.20)과 같다.

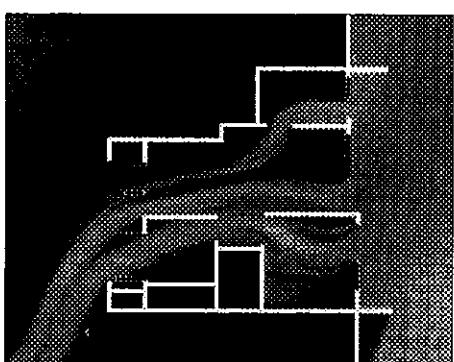
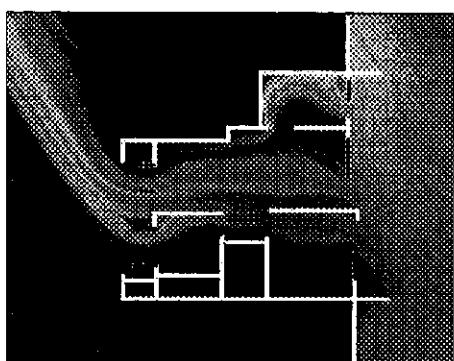
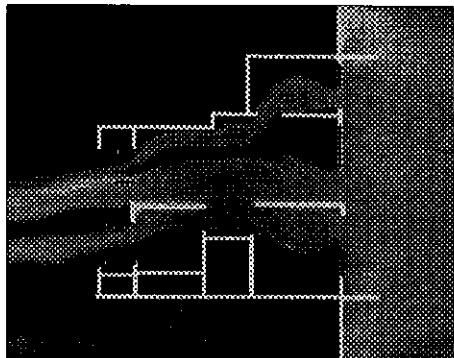


유입구측 전면의 초기 풍량의 증가로 인해 전반적인 통풍성능이 증가하는 것으로 나타났으며, 미서기창의 실험에서 풍향에 따른 통풍성능의 편차가 크게 나타났던 남서측 방의 통풍성능이 향상되는 것을 알 수 있었다.

그러나 남서풍 실험결과 남동측 방의 경우 개폐된 창호의 둘출로 인해 통풍성능이 저하되는 결과가 나타났으며 북서측 작은 방의 통풍성능이 역시 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

(그림 3.20) 18평형 통풍실험-대안 1

기본 모델의 전면 미서기창은 그대로 사용하고 북측 후면의 미서기창을 유효개구면적이 큰 여닫이창으로 교체하였을 때의 통풍실험 결과는 (그림 3.21)과 같다.

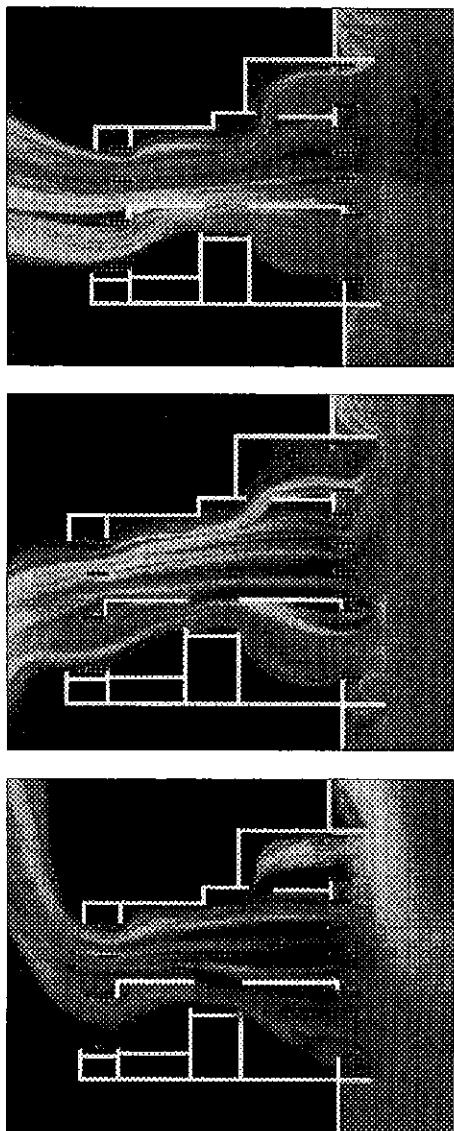


전후면의 미서기창을 문의 개폐방향과 일직선으로 열었을 경우인 미서기창 실험 2의 결과와 크게 다르지 않은 통풍효과를 나타내는 것을 알 수 있었다.

따라서 유출구측의 창호특성보다는 유입구측의 창호 특성이 통풍성능을 크게 좌우하는 것으로 판단된다.

(그림 3.21) 18평형 통풍실험-대안 2

기본 모델의 전후면 창호를 모두 교체하였을 경우 실험 결과는 (그림 3.22) 와 같다.

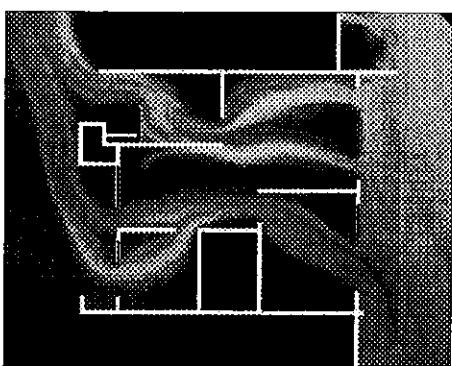
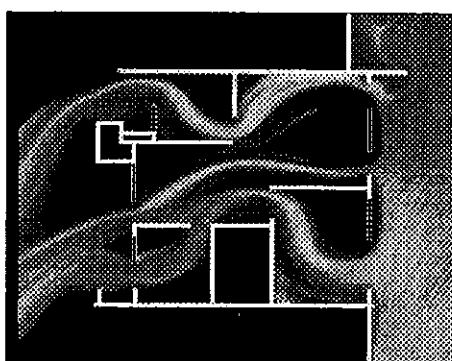
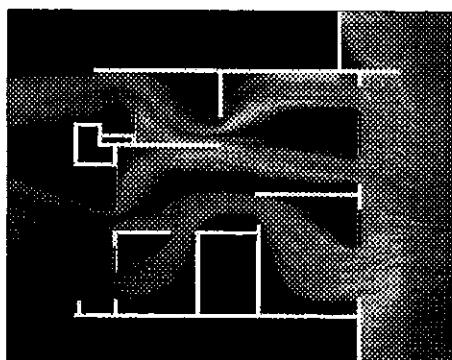


전후면 유효개구면적의 증가로 각실의 전반적인 통풍성능이 향상되는 것으로 나타났으며 미서기창의 통풍실험에서 특히 통풍성능이 풍향에 따라 큰 편차를 보인 남동측, 북서측 방들의 통풍성능이 향상되는 것으로 나타났다.

(그림 3.22) 18평형 통풍실험-대안 3

3.4.2 26평형 모델의 실험 결과

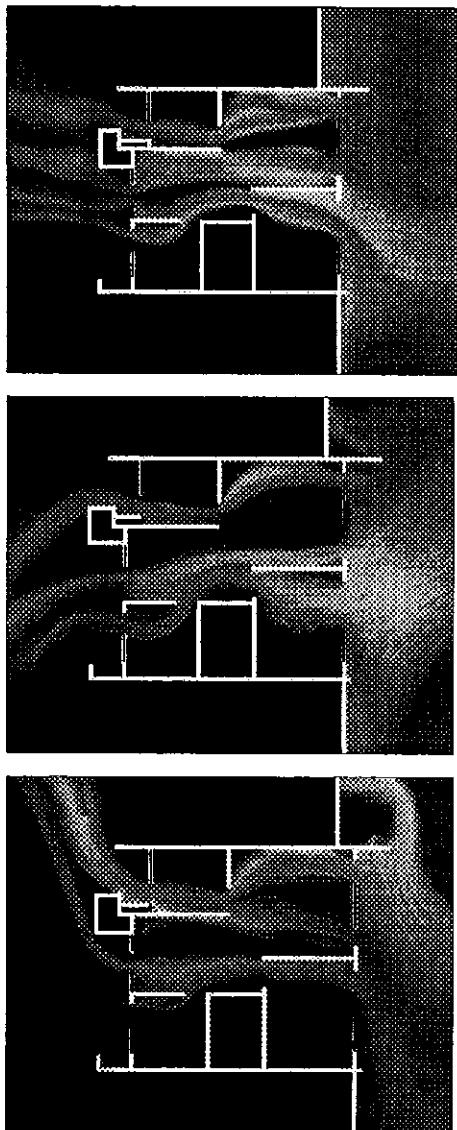
각 실의 창 개폐방향을 문의 위치와 대각선 방향으로 열었을 경우 실험 결과는 (그림 3.23)과 같다.



전반적인 각 실의 통풍성능은 18평형보다 우수한 것으로 나타났으며 18평형의 실험에서와 같이 거실의 대형 고정창 후면에 정체구역이 생성되는 문제가 발생하는 것을 알 수 있었다.

(그림 3.23) 26평형 미서기창 통풍실험 1

각실의 창호를 문의 개폐방향과 일직선상에 위치하게 열었을 경우의 실험결과는 (그림 3.24)와 같다.

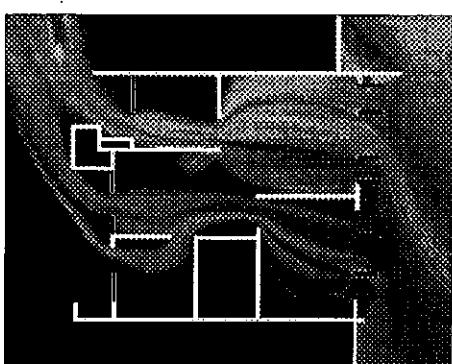
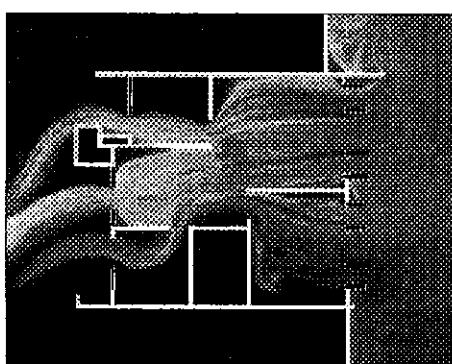
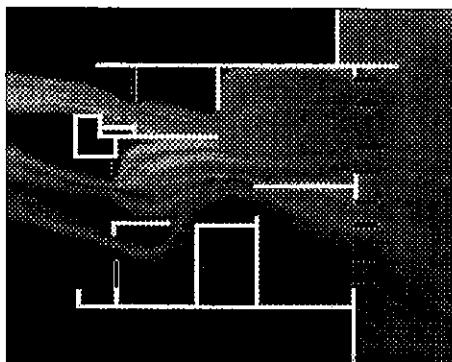


문의 방향과 대각선 방향으로 창을 개폐한 (그림 3.23)의 실험 결과와는 달리 유입구측 창호와 최단거리의 개구부를 잇는 기류의 흐름으로 인해 방의 고른 통풍성능을 기대할 수 없었다.

또한 남서풍 실험결과 안방에서 빠져나온 공기의 흐름이 부엌 쪽 개구부를 향하게 되어 북서측 방의 통풍성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

(그림 3.24) 26평형 미서기창 통풍실험 2

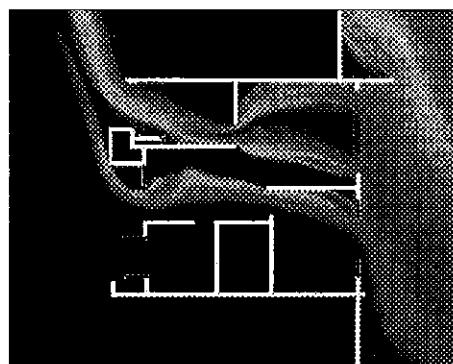
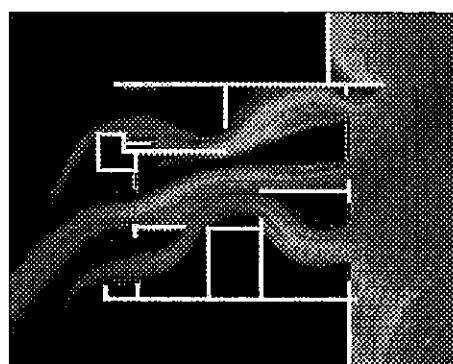
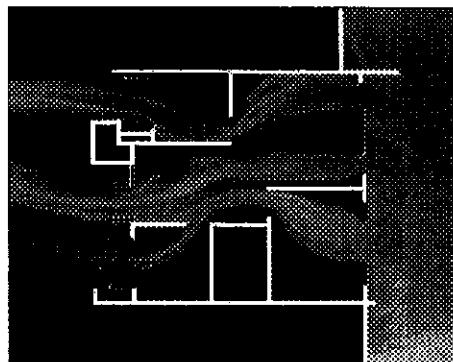
기본 모델의 남측 전면 미서기창을 유효 개구면적이 큰 여닫이창으로 교체하였을 때의 통풍실험 결과는 (그림 3.26)와 같다.



유입구측 초기풍량의 증가로 전반적인 통풍성능이 향상되는 것으로 나타났으나, 남측 안방에서 흘러나온 기류에 의해 통풍성능이 좌우되는 북서측 방문의 경우 안방의 문과 수직으로 배치된 평면구조로 인해 통풍성이 떨어지는 것으로 나타났다.

(그림 3.26) 26평형 통풍실험-대안 1

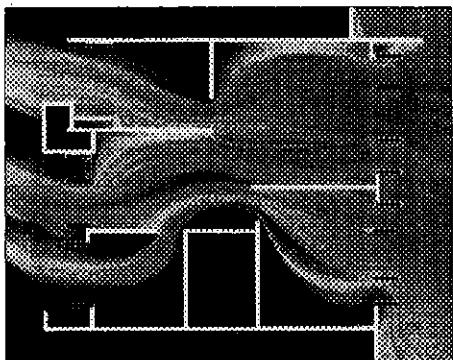
기본모델의 후면창호를 교체한 통풍실험 결과는 (그림 3.26)과 같다.



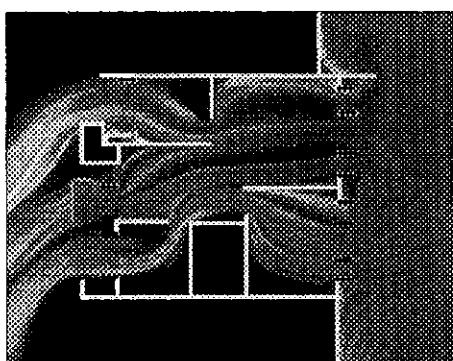
전면창호를 교체한 대안 1의
실험결과 보다는 전반적인 통풍
성능이 떨어지는 것으로 나타났
으며, 남서풍 통풍실험에서 안
방을 통과한 기류의 관성에 의
해 북서측 방의 통풍성능이 현
저히 떨어지는 문제점이 나타났
다.

(그림 3.26) 26평형 통풍실험-대안 2

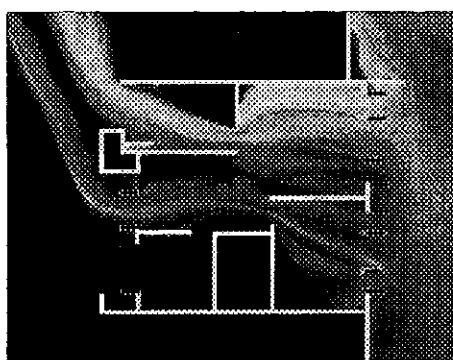
전후면 창호를 모두 교체한 실험 결과는 (그림 3.27) 과 같다.



각방의 통풍성능이 고르게 향
상되는 것으로 나타났으나 북서
측방의 통풍성능은 역시 떨어지
는 것으로 나타났다.

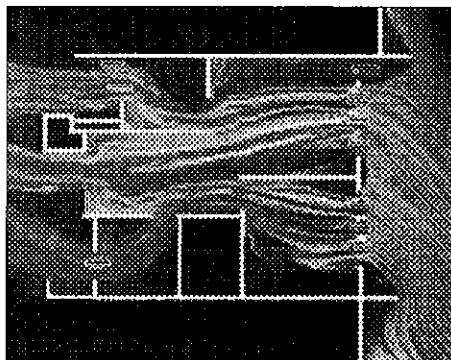
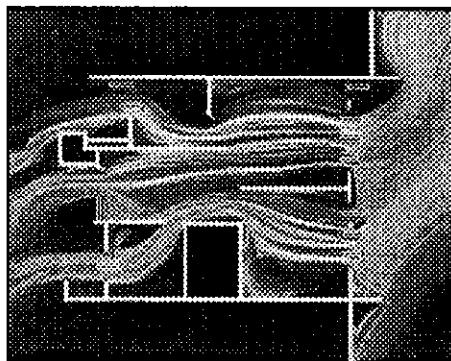
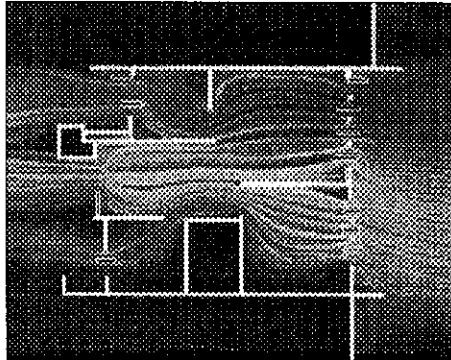


남서풍 실험결과, 안방에서
흘러나온 기류에 의해 통풍성능
이 좌우되는 북서측 방의 통풍
효과는 전혀 기대할 수 없는 것
으로 나타났다.



(그림 3.27) 26평형 통풍실험-대안 3

대안 4에서는 대안 3과 같이 전 후면 창호를 모두 교체하였으며 후면의 개구부는 개폐 창면적을 다소 감소시키고 위치를 조절하였다.(그림 3.28)



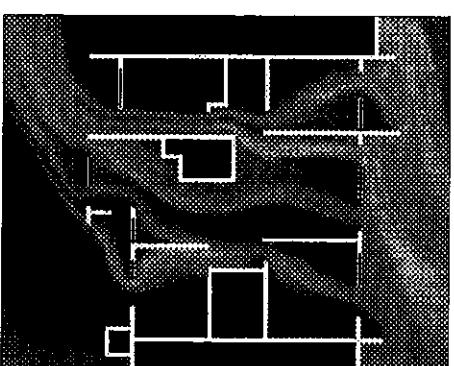
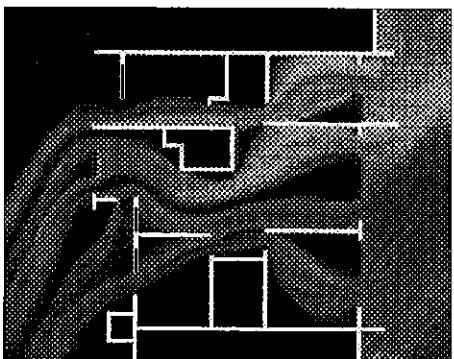
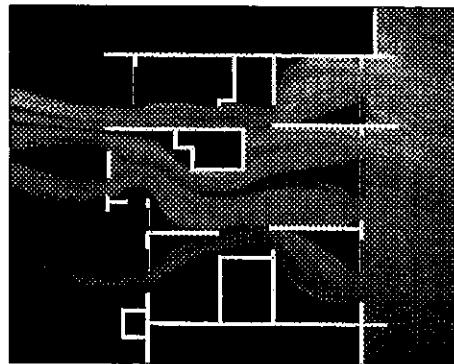
실험 결과 대안 3에서 문제점으로 나타났던 후면 작은방들의 통풍성능이 개선되는 것으로 나타났으며 다른 방들에서도 고른 통풍성능을 기대할 수 있었다.

따라서 유입구 및 유출구는 실의 고른 통풍효과를 유도할 수 있는 위치에 배치해야 할 것으로 판단된다.

(그림 3.28) 26평형 통풍실험-대안 4

3.4.3 40평형 모델의 실험 결과

각 실의 창호 개폐방향을 문의 위치와 대각선 방향으로 열었을 경우 실험 결과는 (그림 3.29)와 같다.

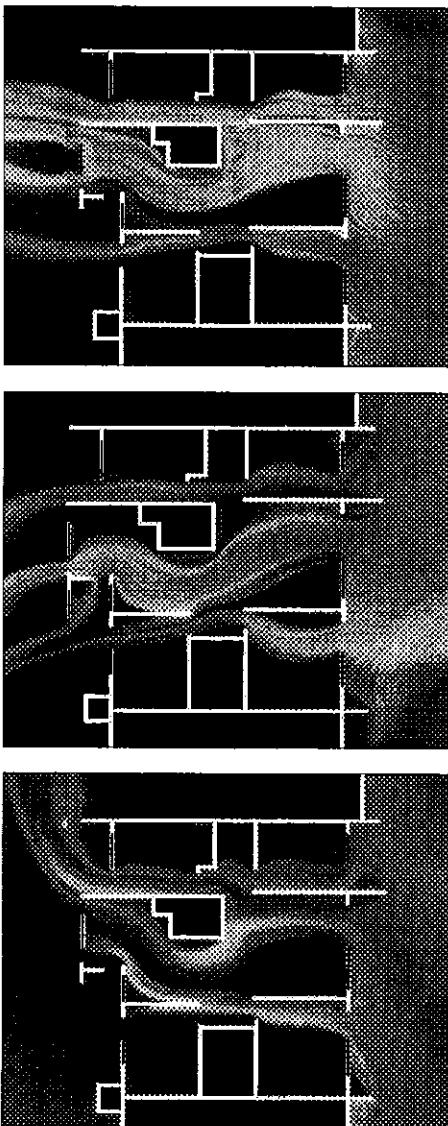


40평형의 구조에서는 크게 3 방향의 주된 흐름(main stream)을 형성하는 것을 알 수 있었다.

북동측 작은방의 경우 외벽측 고정창으로 인해 기류가 안측 벽쪽으로 편중되는 문제점이 나타났다.

(그림 3.29) 40평형 미서기창 통풍실험 1

각 실의 창호를 문의 개폐방향과 일직선상에 위치하게 열었을 경우의 실험 결과는 (그림 3.30)과 같다.

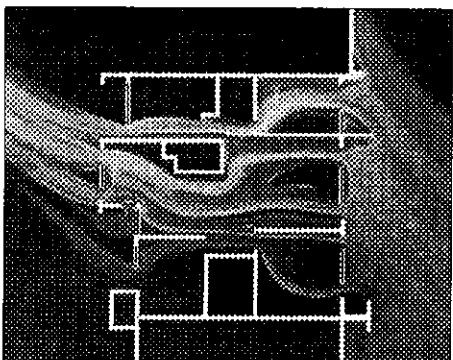
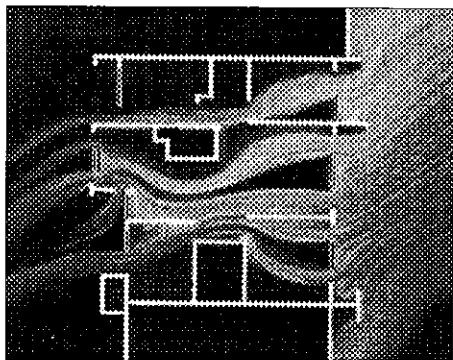
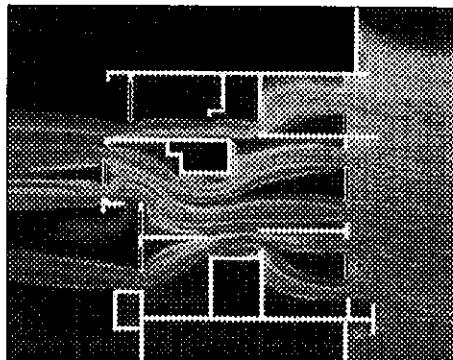


전면의 각 실로 유입된 기류가 개구부를 잇는 일직선 방향으로 흘러나가기 때문에 각방의 고른 통풍성능을 기대할 수 없으며 전면 거실의 대형창 후면에 정체구역(Wind Shadow)이 형성되는 것을 알 수 있었다.

전면의 안방에서 흘러나온 기류에 의해 전적으로 통풍성능이 좌우되는 북서측 방의 경우 남서풍 통풍실험 결과 통풍성능이 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

(그림 3.30) 40평형 미서기창 통풍실험 2

기존모델에서 남측 안방 전면 발코니에 부착물을 설치했을 경우의 실험 결과는 (그림 3.31)과 같다.

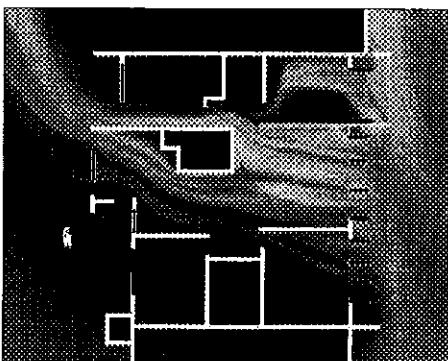
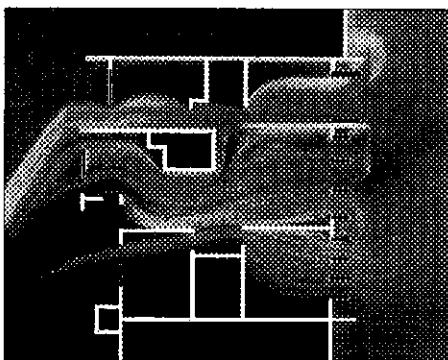
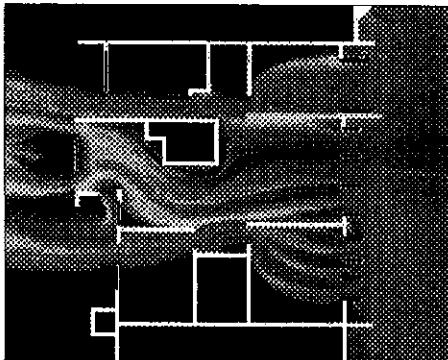


남측면 발코니의 새대 간벽에 부착되는 전면벽을 설치했을 경우 실험 결과는 기존모델의 통풍 실험 1과 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있었다.

전면의 차폐물이 창의 개폐방향에서 떨어져 있어 유입기류의 경로를 크게 제한하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

(그림 3.31) 40평형 통풍실험-대안 1

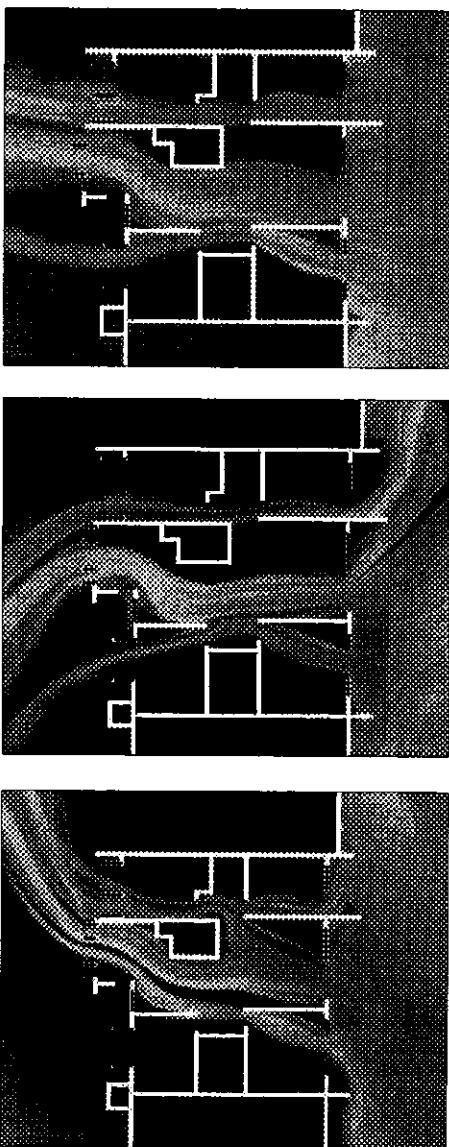
전면의 창호를 유효개구면적이 큰 여닫이창으로 교체한 실험결과는 (그림 3.32)와 같다.



전면에서는 고른 통풍성능이 나타났지만 남서풍 통풍실험에서 북서측의 작은방 통풍성능이 현저히 떨어지는 문제점이 나타났으며 북동측 작은방은 불박이창으로 인해 여전히 통풍성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

(그림 3.32) 40평형 통풍실험-대안 2

후면의 창호를 유효개구면적이 큰 여닫이창으로 교체 실험한 결과는 (그림 3.33)과 같다.

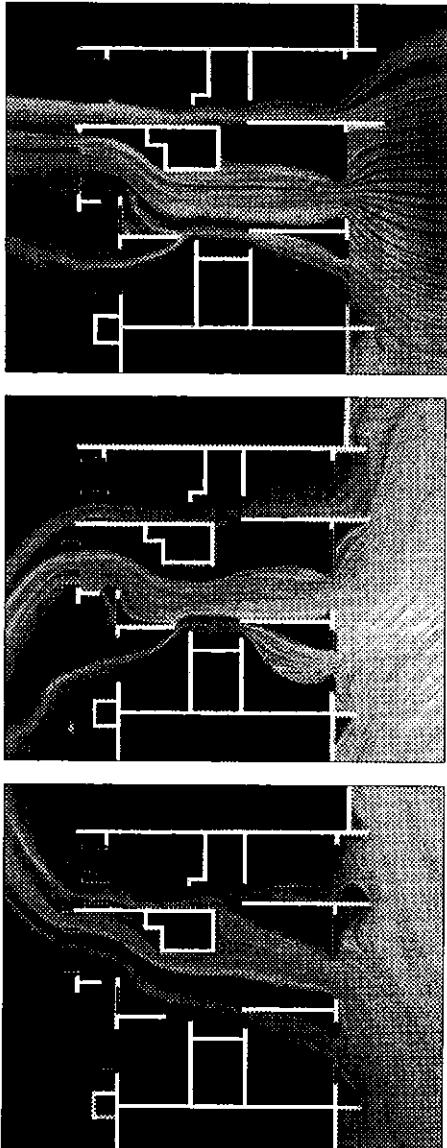


(그림 3.33) 40평형 통풍실험-대안 3

전면창호를 교체 실험한 대안 2보다는 실전체의 전반적인 통풍성능이 떨어지는 것으로 나타났으며 대안 2에서와 같이 북서 측 작은방의 통풍성능이 풍향에 따라 크게 좌우되는 것으로 나타났다.

거실 불박이창의 후면에서는 앞서 실험한 결과와 같이 정체 구역(Wind Shadow)이 형성되어 거실 환기성능에 문제가 발생하는 것으로 나타났다.

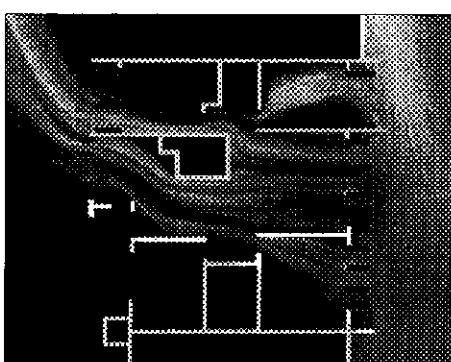
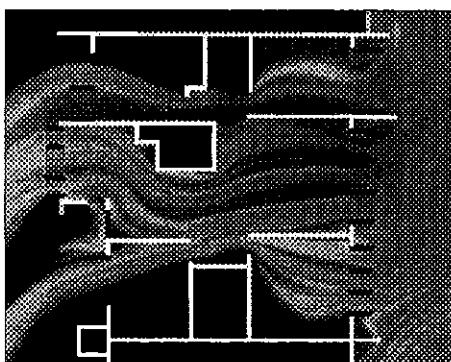
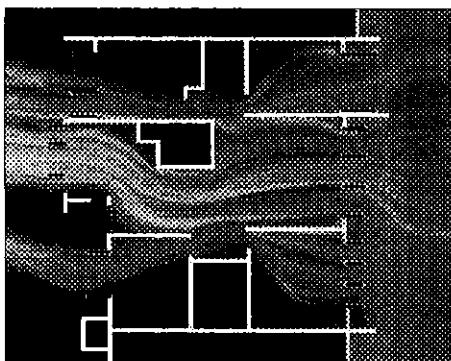
(그림 3.33)의 대안 3과 같은 조건에서 후면 서측 작은 방의 개구부 위치를 변경 실험한 결과는 (그림 3.34)와 같다.



(그림 3.34) 40평형 통풍실험-대안 4

(그림 3.33)의 대안 3 실험결과와 유사한 기류분포를 나타냈지만, 북서측 방의 통풍성능을 좌우하는 안방 개구부와의 연결이 직선상에 위치하지 못하기 때문에 남서풍 실험에서 북서측 작은방의 통풍성능이 현저히 떨어지는 문제점이 나타났다.

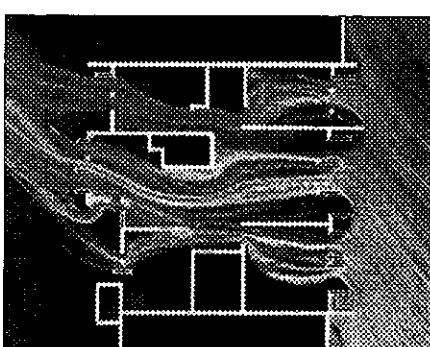
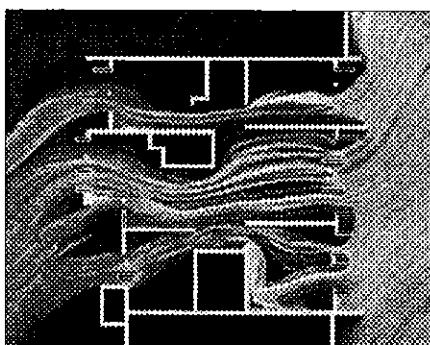
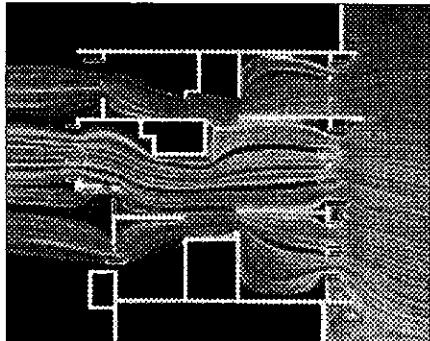
전후면 창호를 모두 교체 실험한 결과는 (그림 3.35)와 같다.



대안 2의 전면 창호를 유효개 구면적이 큰 여닫이창으로 교체한 실험결과와 비슷한 통풍성능을 나타냈으며, 대안2의 실험결과와 마찬가지로 북서측 작은방의 통풍성능은 풍향에 따른 편차가 심한 것으로 나타났다.

(그림 3.35) 40평형 통풍실험-대안 5

전면과 후면의 창호를 모두 교체하고 후면의 창은 개폐면적을 다소 줄여 적절한 위치에 배치했을 경우의 실험 결과는 (그림 3.36)과 같다.



그림에서 볼 수 있듯이 전면의 풍량은 충분히 확보하면서 후면의 작은방들의 통풍성능이 향상되어 실 전체가 고른 통풍 성능을 발휘하는 것으로 나타났다.

북동측 작은방의 경우 앞서 실험에서 불박이 창을 사용한 결과와는 달리, 창호의 개폐방향을 바꾼 결과 실의 통풍성능이 개선되는 것을 알 수 있다.

(그림 3.36) 40평형 통풍실험-대안 6

3.5 소결

이상과 같이 3가지 모델을 대상으로 기존의 미서기창과 대안으로 설정한 여러 변수의 변화에 의한 통풍성능의 변화를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

기존의 미서기창은 개폐방향에 따라 실의 통풍성능이 크게 차이가 나며 개폐방향은 문의 위치와 대각선을 이루는 방향으로 개폐하는 것이 실의 고른 통풍성능에 유리한 것으로 판단된다.

대부분의 공동주택 거실에 설치되는 대형 고정창은 유효 개구면적의 제한으로 인해 거실의 통풍성능 저하를 유발하며 고정창 후면에 정체구역 (Wind Shadow)이 넓게 형성되는 문제점이 있다. 따라서 거실측 대형 고정창을 작은 창으로 교체하는 방안과 불박이창은 지양하는 방안을 검토할 필요가 있다.

후면에 위치한 실들의 경우 전면의 실을 빠져나온 2차 기류에 의해 통풍 성능이 대부분 좌우되기 때문에 실 구성에 있어서 전면의 실을 통과한 기류를 후면의 실에 유입시킬 수 있는 실 구조를 유지할 수 있어야 한다.

전면과 후면 및 전후면 창호를 교체 실험한 결과 후면보다는 전면의 유효개구면적 확보가 실내 기류패턴 분포에 더욱 중요한 것으로 나타났으며 후면의 개구면적을 다소 축소할 경우 실 전체의 고른 통풍성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 기존의 미서기창에서 풍향에 따른 통풍성능의 편차가 심하게 나타났던 실들에서 유효 개구면적이 큰 창호의 형태로 교체한 실험결과 풍향에 따른 통풍성능의 편차가 줄어들어 전면 및 후면 각실의 통풍성능에 유리한 것으로 나타났다.

제 4 장 창호의 특성에 따른 통풍량 산정 실험

평면의 특성에 따른 실내 기류패턴의 분석에서 실내 통풍성능에 영향을 미치는 가장 중요한 변수로 나타난 창호의 종류 및 특성에 따른 자연통풍 성능을 측정하기 위하여 유입부, 통과부, 유출부등 세 곳의 개구부를 가진 모형을 제작하여 풍동실험을 실시하였다. 개구부 유형별 환기량을 측정하기 위해 여러 형태의 창을 고정시켜 각각의 통과 유속을 측정하였으며, 이와 함께 모형을 일정한 각도로 회전시키고 풍속을 달리하여 창문형태별 풍향과 풍속에 따른 환기량을 동시에 측정하였다.

4.1 실험방법 및 조건

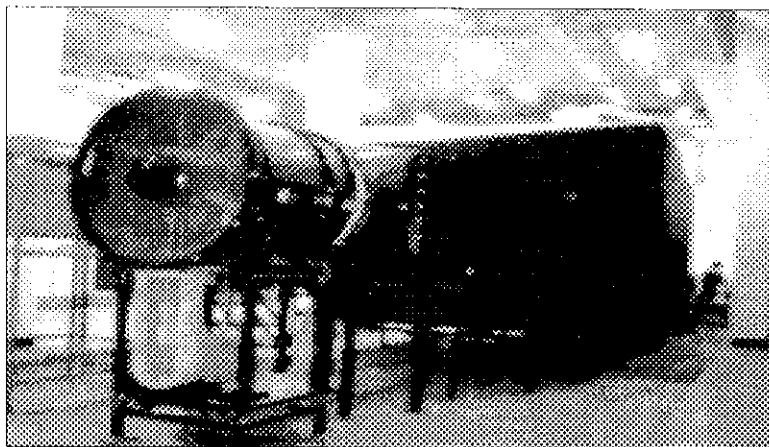
4.1.1 실험장치

실험에 쓰인 풍동은 전장이 17.5m, 풍동시험부 단면의 크기가 1.7m × 1.3m, 측정부 길이 6m인 토출형 풍동이다(그림 4.1).

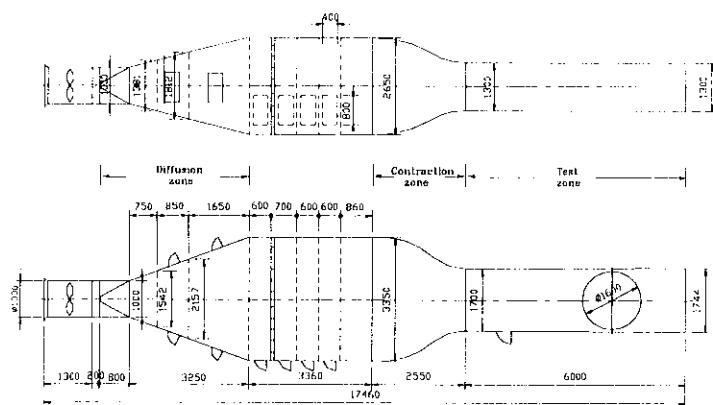
측정부에는 축소모형을 제작, 설치하도록 직경 1.6 m의 원판이 설치되어 있으며, 풍향에 따른 실험이 가능하도록 360 ° 회전할 수 있도록 하였다. 풍동 몸체의 내외부 색깔은 가시화 실험에서 사진촬영을 용이하게 하기 위하여 모두 흑색으로 도색하였으며, 측정부의 천정과 측면 일부는 외부에서 사진촬영 및 육안으로 관찰할 수 있도록 아크릴로 제작하였다.

풍동에 사용한 송풍기는 최대풍속 10 m/s까지 만들 수 있도록 하였으며, Inverter에 의해 출력 주파수를 조절함으로써 송풍기의 회전수를 조절하여

원하는 풍속을 만들 수 있도록 설계되어 있다. 풍동에서 안정적으로 발생 시킬 수 있는 최저 풍속은 0.3 m/s이며, 풍속의 균일도는 풍동내에 아무것도 설치되어 있지 않은 상태에서 벽면의 영향을 받는 곳을 제외한 지역에서의 오차가 $\pm 2\%$ 이내로 매우 균일하게 발생하였다.



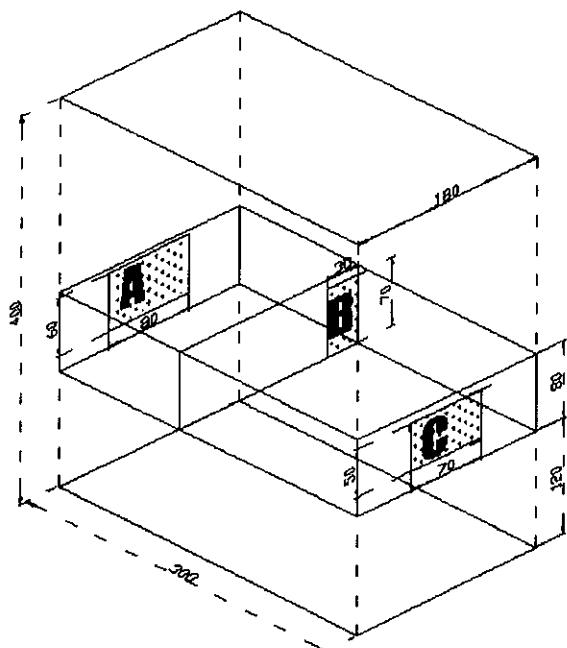
(그림 4.1) 토출형 풍동의 전경



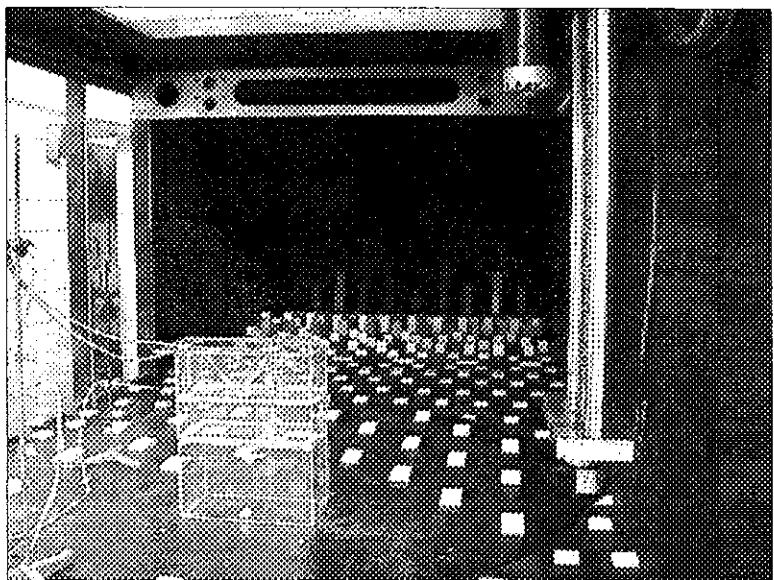
(그림 4.2) 풍동의 구조

개구부 모형은 투명 아크릴을 이용하여 높이 400mm(12m), 길이 300mm(9m), 폭 180mm(5.4m)로 제작하였으며, 바닥면에서부터 120mm(3.6m) 위치에 바닥을, 다시 그위로 80mm(2.4m)의 위치에 천장을 만들어 실험하였다(그림 4.3). (그림 4.3)에서와 같이 기류는 A의 유입부를 통과한 후 B를 지나 C의 유출부로 유출된다. 모형으로의 접근 유속을 측정하기 위해 유입부와 같은 높이의 풍상측 30cm 위치를 측정점 R로 하였으며, 통과부와 유출부의 중앙을 각각 측정점 B와 측정점 C로 하여 개구부 통과 유속을 동시에 측정하였다.

본 실험에서는 세 측정점의 유속을 동시에 측정할 수 있는 ANEMOMASTER 다점풍속계 Model No. 6243 (KANOMAX)를 사용하였다.



(그림 4.3) 시뮬레이션 모델



(그림 4.4) 풍동장치내 실험모델 장치

4.1.2 실험방법

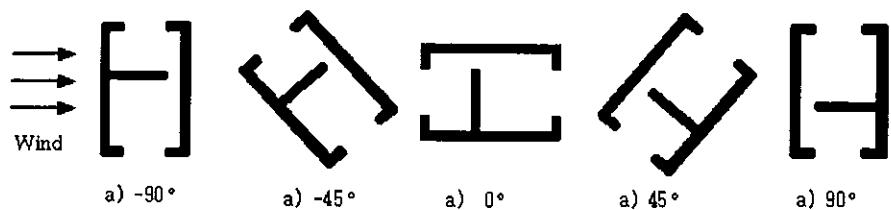
실내의 자연통풍을 유발하는 궁극적인 요인인 건물의 외벽에 작용하는 풍압은 외부 환경요소와 기후인자에 의해 좌우된다. 본 연구에서는 건물 외부요소의 동일조건하에서 유효 개구면적이 같은 경우 창호의 종류에 따른 실내 통풍량 변화를 비교하기 위해 유입부의 형태를 여러 유형으로 달리하였고 통과부와 유출부는 완전 개방시켰다. 실험에 사용한 창호의 종류는 현재 국내에서 생산되고 있는 창호중, 공동주택에 적용 가능한 창호로써 크게 4가지 타입(미서기창, 여닫이창, 반 여닫이창, 수평회전창)이며 각각의 경우 개폐방법에 따라 다시 4가지의 모델을 설정하여, 총 16가지 모델을 대상으로 실험을 실시하였다.<표 4.1>

또한, 풍향에 대해 -90° , -45° , 0° , 45° , 90° 의 다섯 방향으로 모형을 회전시켜 풍향에 따른 환기량의 변화를 알아보았다. 이것을 그림으로 나타낸 것은 (그림 4.5)와 같다. 또한 풍향별로 풍속을 1m/sec에서 5m/sec까지 1m/sec 씩 변화시켜 풍속에 따른 환기량의 변화도 알아보았다.

각 측정점의 유속은 다점 풍속계로 동시에 측정되며 한가지 Case에 대해 10회 측정된 값을 평균하여 측정치로 사용하였다.

<표 4.1> 시뮬레이션 창호 유형

| | | | | | |
|------------------|-----|--|--|------|--|
| | 창 1 | | | 창 9 | |
| 미 서 기 창 | 창 2 | | | 창 10 | |
| | 창 3 | | | 창 11 | |
| | 창 4 | | | 창 12 | |
| | 창 5 | | | 창 13 | |
| | 창 6 | | | 창 14 | |
| | 창 7 | | | 창 15 | |
| | 창 8 | | | 창 16 | |
| | | | | | |



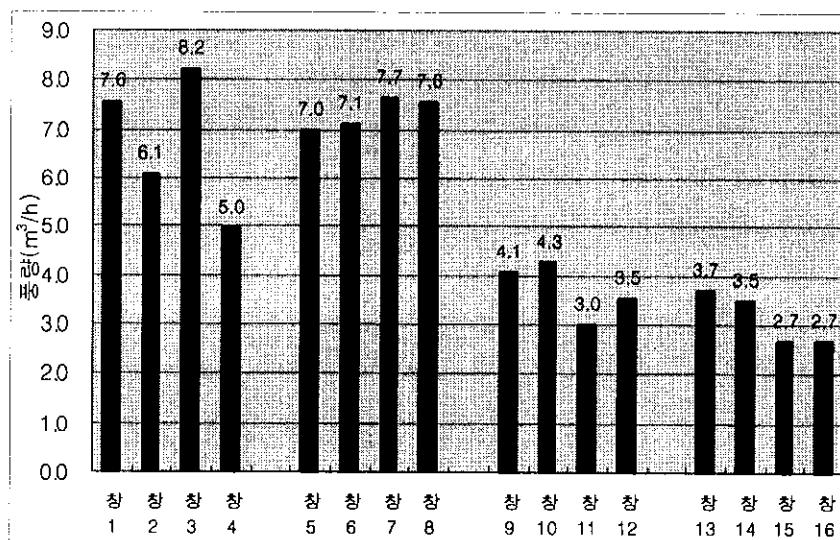
(그림 4.5) 풍향에 따른 모델의 위치

4.2 시뮬레이션 결과

유출부에서 측정된 유속과 유출부의 면적을 이용하여 실제 통풍량을 계산하였다. 통과부와 유출부에서 측정된 유속이 차이를 나타내었는데, 개구부의 위치가 정면으로 마주보지 않고 상이한 위치에 있으므로 기류의 방향이 급격히 바뀔 수 있는 통과부보다는 유출부의 결과치가 실제 통풍량에 더 가깝다고 판단되어 유출부의 측정치만을 사용하여 결과를 도출하였다.

4.2.1 개구부 유형별 통풍량

바람이 개구부에 정면으로 유입되는 경우 동일풍속(2m/sec)의 각 개구부 유형별 통풍량을 측정하였으며 결과는 (그림 4.6)과 같다.



- 미서기창에서 실제 유효개구면적을 반으로 줄이면 이론상으로는 통풍량도 반으로 줄어야 하지만 비례관계가 있지는 않았다.

2) 여닫이창의 개폐각도에 따른 통풍량의 편차는 미서기창의 개폐방법에 따른 실험치의 통풍량보다는 적은 것으로 나타났으며 바람의 방향에 대해 평행인 0° 에서 완전히 열린 90° 사이일 경우 바람의 유도작용으로 실내 통풍량이 증가하는 것으로 나타났다.

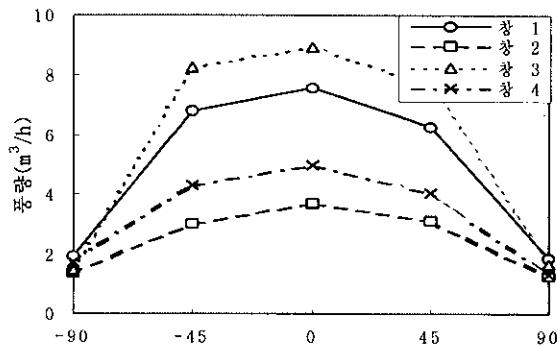
3) 반 여닫이창의 경우, 개폐각도의 제한으로 통풍량이 여닫이창보다 작게 나타났다. 개폐방향에 따른 실험에서는 바깥쪽으로 열리는 창의 통풍량이 안쪽으로 열리는 창보다 더 커졌으며, 창 중앙부에 개구부를 갖는 창이 창외측에 개구부를 형성하는 창보다 다소 큰 통풍량을 나타내었다.

4) 하단부와 상단부에 각각 개구부를 형성하는 수평회전창(Basement window & Awning)의 통풍량은 개폐각도의 제한으로 인한 유효개구부의 현저한 차이로 인해 미서기창과 여닫이창의 결과치보다는 현저히 적은 통풍량을 나타내었으며, 회전축의 위치에는 큰 차이가 없이 바깥으로 열리는 창이 안쪽으로 열리는 창보다는 통풍성능이 우수한 것으로 나타났다.

결과적으로 바람이 벽면에 수직으로 불어올 경우 유효개구면적아 동일하다면 실내통풍량에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 개폐방법이며, 유효개구면적의 확보와 개폐방법에 따른 통풍량의 편차가 적은 여닫이창이 가장 유리한 것으로 나타났다.

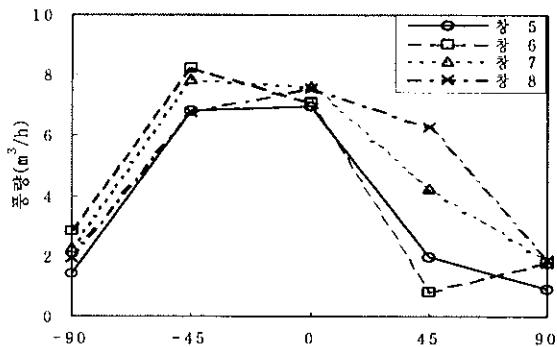
4.2.2 풍향에 따른 통풍량

풍향에 의한 통풍량을 비교하기 위하여 풍속이 2m/s 일 경우를 가정하여, 풍향에 따른 창호 형태별 풍동실험을 실시하였고 그 결과는 다음과 같다.



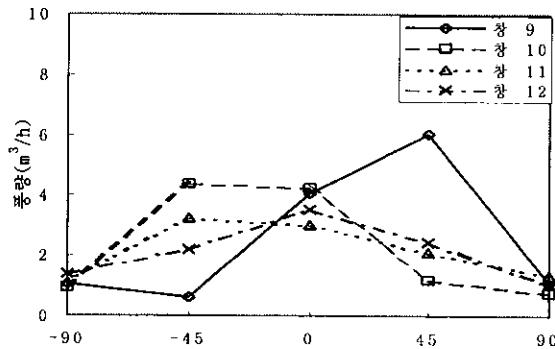
(그림 4.7) 창호별 풍향에 따른 통풍량-미서기창

- 미서기창의 시뮬레이션에서는 벽면에 직각으로 바람이 불어올 때 풍량이 가장 크게 나타났으며, 모형벽면과 풍향이 이루는 각이 커질수록 유출풍량이 급감하는 것으로 나타났다.



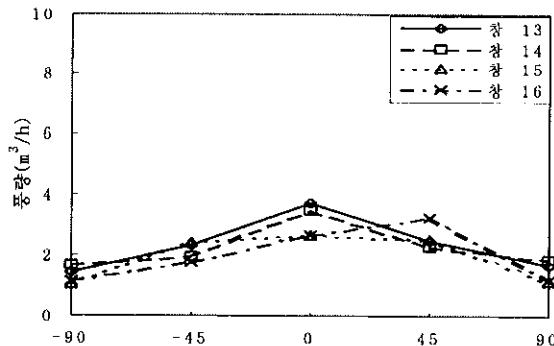
(그림 4.8) 창호별 풍향에 따른 통풍량-여닫이창

- 여닫이창은 열린 창의 각도에 따라 많은 차이를 나타냈으며, 특히 창 5와 창 6의 경우 열린 창호의 둘출부위가 바람의 유도작용을 하는 -45° 에서 가장 큰 통풍량을 나타냈다.



(그림 4.9) 창호별 풍향에 따른 통풍량-반 여닫이창

3) 반여닫이창은 바깥으로 열리는 창9와 창10에서 바람의 향에 따라 통풍량의 편차가 매우 커졌으며, 이에 반해 내부로 열리는 창11과 창12는 풍향에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.



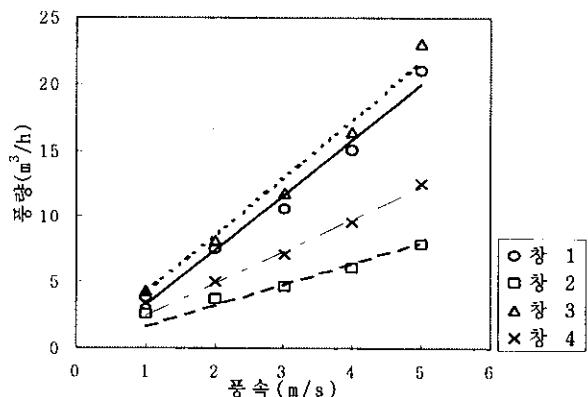
(그림 4.10) 창호별 풍향에 따른 통풍량-수평회전창

4) 회전축이 창틀 상부와 하부에 위치하는 수평회전창(Basement window & Awning)의 시뮬레이션에서는 풍향에 따른 통풍량의 편차가 적은 것으로 나타났으며, 대부분 정면에서 바람이 불어올 때 가장 큰 통풍량을 나타냈다.

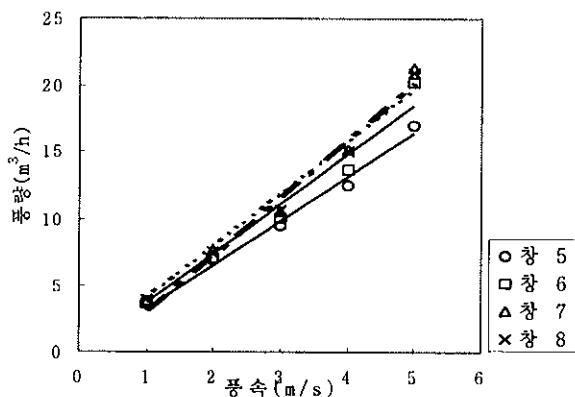
이상과 같은 실험결과 여닫이창의 경우 개폐방향과 풍향에 따라 통풍성 능이 현저하게 차이가 나기 때문에 창의 개폐방법 및 방향은 주풍향을 신중히 고려하여 계획하여야 한다.

4.2.3 풍속에 따른 통풍량

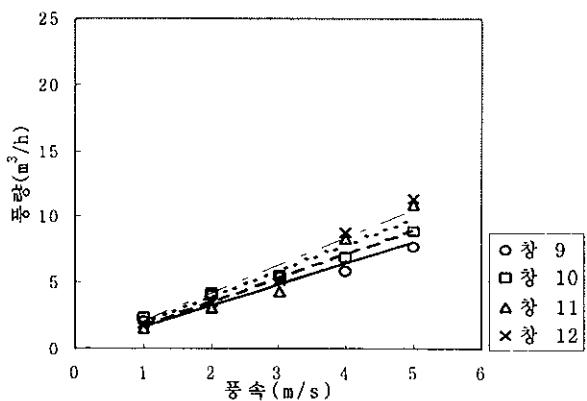
1m/s에서 5m/s까지 1m/s의 간격으로 풍속을 변화시키면서 통풍량 실험을 실시하였으며 결과는 다음과 같다.



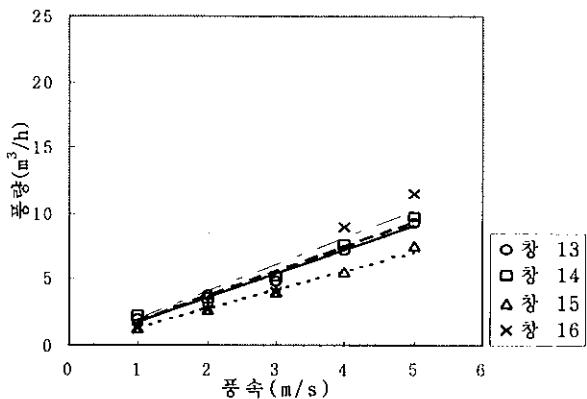
(그림 4.11) 창호별 풍속에 따른 통풍량-미서기 창



(그림 4.12) 창호별 풍속에 따른 통풍량-여닫이 창



(그림 4.13) 창호별 풍속에 따른 통풍량-반 여닫이창



(그림 4.13) 창호별 풍속에 따른 통풍량-반 여닫이창

모델간에 다소 정확도의 차이는 있지만 풍속의 증가에 따라 통풍량도 비례해서 증가하는 것으로 나타났다. 풍속의 변화에 따라 미서기창의 개폐 방법에 따른 통풍량 변화의 편차가 가장 커으며, 반면에 여닫이창은 개폐 방법에 따른 통풍량의 편차가 적은 것으로 나타났다.

4.3 소결

이상과 같은 개구부의 형태에 따른 통풍성능의 풍동 실험 결과는 다음과 같다.

- 개구부 유형별 통풍량 : 바람이 벽면에 수직으로 불어올 경우 가장 큰 통풍량을 나타낸 창호의 종류는 미서기창과 여닫이창 순이었으며 유효개구 면적이 동일할 경우 실내 통풍량에 가장큰 영향을 미치는 요소는 개폐방법이라는 것을 알 수 있었다.

- 풍향에 따른 통풍량 : 동일풍속 (2m/s)에서 풍향에 따른 실험 결과 여닫이창의 경우 풍향에 따른 통풍량의 편차가 아주 심한 것으로 나타나 여닫이창의 적용시 주풍향에 대한 고려가 매우 중요하다는 사실을 알 수 있었다.

- 풍속에 따른 통풍량 : 정면에서 불어오는 바람의 경우 풍속의 변화에 따른 통풍량 실험 결과 가장 큰 통풍량을 나타내고 풍속의 변화에 따른 변화폭이 적은 여닫이창이 가장 유리한 것으로 나타났다.

이상과 같이 가장 큰 통풍성능을 나타낸 창호는 여닫이창과 기존 공동주택에서 사용하고 있는 미서기창인 것으로 나타났으며 개폐시 유효개구면적의 확보와 풍속의 변화에 따른 통풍량의 편차가 적은 여닫이창이 실내 자연통풍성능에서 가장 유리한 창호로 나타났다.

그러나 여닫이창은 개폐방향과 풍향에 따라 통풍성능이 크게 좌우되므로 창호계획시 주풍향을 고려하여 개폐방향 및 형태를 결정해야 한다.

제 5 장 결 론

본 연구는 공동주택에서의 자연통풍을 이용한 자연냉방의 가능성과 중요성을 확인하고 공동주택의 자연통풍성능에 영향을 미치는 여러 변수들을 도출하여 각 요인별 통풍성능을 평가하는 것을 목적으로 하였다.

연구방법으로는 첫째, 공동주택의 단위세대를 중심으로 평면상의 실내 기류패턴 분석을 위한 Ventilation Simulation을 실시하고, 둘째, 통풍성능을 결정하는 각 설계변수의 정량적인 통풍특성 분석을 위한 풍동실험을 실시하였다.,

연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 서울지역의 하절기 기후분석 결과, 자연통풍을 이용한 자연냉방 가능시간은 6월의 경우 약 20%, 7, 8월엔 약 26%정도인 것으로 나타났다. 반면 9월은 자연통풍을 이용한 자연냉방 가능시간이 약 4%로 이용가능성이 적은 것으로 나타났으며, 7월과 8월의 경우엔 외기의 높은 수증기압으로 인해 증발냉각보다는 통풍에 의한 자연냉방의 가능성이 큰 것으로 나타났다.

2) 공동주택의 기존 설계안에서는 바람의 방향에 따라 각실의 자연통풍 성능이 크게 차이가 나며, 통풍효과를 전혀 기대할 수 없는 실도 발생할 수 있다. 기존의 공동주택에서 사용하고 있는 미서기창의 경우 개폐방법에 따라 실의 통풍성능이 크게 차이가 나며 적절한 개폐방법 만으로도 실내의 통풍성능향상에 상당한 도움이 될 수 있다.

3) 기류 패턴의 가시화 실험에서 실내 통풍 성능을 좌우하는 설계변수 중 기존 설계안의 창호를 교체하여 유효 개구 면적을 증대할 경우 자연통풍 성능이 크게 개선된다. 즉, 실내 통풍 성능에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 창호의 종류에 따른 유효 개구 면적임을 알 수 있었다.

4) 풍속과 풍향 그리고 개폐방법에 따른 창호의 통풍실험결과 유효개구 면적이 동일할 경우 실험 변수에 따른 통풍량의 편차가 적고 충분한 통풍량을 확보할 수 있었던 여닫이창과 미서기창이 가장 유리한 것으로 판단된다.

5) 미서기창의 경우 풍향에 따른 통풍량의 편차가 적고 큰 통풍량을 확보할 수 있었지만 풍속에 따른 통풍량의 편차가 큰 것으로 나타났으며 개구부의 50%만 유효개구면적으로 확보할 수 있는 단점이 있다.

6) 여닫이창의 경우 풍속의 변화 및 개폐방법에 따른 통풍실험 결과 다른 창호에 비해 큰 통풍량과 적은 편차를 나타내어 미서기창과 함께 통풍성능에서 유리한 것으로 나타났지만, 개폐된 창호의 돌출부가 외부에 노출되는 위치에 따라 바람을 막을 수 도 있고 유도할 수도 있어서 풍향에 따른 통풍량의 편차가 크게 나타났다.

따라서 여닫이창의 계획시에는 주풍향을 고려한 창의 개폐방법 및 배치를 신중하게 결정해야 한다.

이상과 같은 연구결과 공동주택에서 자연통풍 효과를 증대시키기 위해서는 현재 일률적으로 사용되고 있는 미서기창을 여닫이창이나 그밖에 통풍성능이 우수한 창으로 교체하는 대안을 검토해야 한다.

자연통풍의 이용은 외기의 조건과 재설자의 능동적인 참여에 의해 결정되는 냉방기법으로서, 본 연구결과 공동주택에서의 자연통풍에 의한 자연냉방활용의 필요성 및 가능성은 충분한 것으로 판단되며 자연통풍 효과를 극대화하기 위해서는 기존에 천편일률적으로 사용하고 있는 창호 형태에 대한 교체 방안과 함께 설계 초기단계에서 자연통풍을 위한 계획적 고려가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

연구의 한계 및 제언

본 연구에서는 공동주택에서 자연통풍을 이용한 자연냉방효과에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 창호의 형태에 따른 실내의 기류패턴 및 통풍량을 비교 분석하여 자연통풍의 이용 가능성 및 대안 제시를 목적으로 하였다.

전술한 바와 같이 실내 자연통풍 성능의 평가를 위해서는 단순히 통풍량이나 기류속도의 측정뿐 아니라 실내 기류패턴의 분석도 매우 중요하다. 본 연구에서 실시한 공동주택 평면의 기류패턴 분석을 통해서 다양한 설계 변수가 실내 기류 패턴에 미치는 영향을 확인해 볼 수 있었으며 특히, 창호의 유형에 따른 통풍성능 분석을 통해 공동주택에 적용가능한 창호의 성능분석을 실시하였다. 그러나 실내 통풍성능의 평가를 위해서는 본 연구에서 실시한 다양한 설계변수의 통풍성능 분석뿐 아니라 공동주택의 평면 유형에 따른 통풍성능의 분석과 실 높이에 따른 기류의 수직 분포 연구도 매우 중요하다고 할 수 있다. 특히 기류의 수직분포 패턴의 조절을 위해 고려될 수 있는 다양한 창호의 형태 즉, 미늘살창, 수직 오르내리창 등 다양한 창호의 통풍성능의 평가가 필요하다.

그리고 현재 국내 공동주택에서 많이 사용하고 있는 발코니의 새시와 하저기 곤충의 유입을 막기 위해 설치되는 방충망도 자연통풍의 평가에 있어 중요한 변수로 작용할 수 있다. 따라서 보온과 방범, 방충 등의 목적으로 설치되는 다양한 외부 설치물로 인한 자연통풍성능의 평가와 함께 자연통풍에 영향을 미치는 실내외 요인들의 종합적인 연구가 후속 되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설부, 공동주택의 에너지 절약을 위한 설계기준 연구, 1985
2. 대한건축사협회, 에너지 절약형 건축설계 핸드북, 1996
3. 부천대학 산업기술 연구소, 그린빌딩의 에너지 소모량 평가 및 환경 성능 분석, 1998
4. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1990, p 136
5. 이광로 외, 건축계획, 문운당, 1991
6. 이명근, “자연통풍에 의한 주거용 건물의 냉방효과에 관한 연구”, 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 1986
7. 이연구 외, 건축환경계획론, 태림문화사, 1997.
8. 주택공사, '96 주택계획용 설계도집 추록, 1996
9. 한국건설기술연구원, 신주택 기술 개발, 1993
10. 김한태, “통풍시 실내기류의 성상에 관한 모델 실험 연구”, 조선대학교 대학원 석사학위 논문, 1989
11. 안병욱, “고층아파트에서의 통풍실험에 관한 조사연구”, 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 1984
12. 이명환, “공동주택의 자연환경에 관한 연구”, 동국대학교 대학원 석사학위 논문, 1989
13. A. Olgyay and V. Olgyay, *Design with Climate*, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ , 1957

14. ASHRAE, *ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTAL*, 1985,
1989, 1997
15. B. Givoni, "Performance and Applicability of Passive and Low-energy Cooling Systems, Energy and Buildings", MSC Thesis, Cramfield Institute of Technology, England. 1991
16. Donald Watson, FAIA, and Kenneth Labs, *Climatic Design*, McGraw-Hill Book Company, 1983
17. J.J. Clarke, *A Building and Plant Energy Simulation Techniques - An Applications Guide*. Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC), Hand and P. Strachan, ESP., 1990
18. M. Snatamouris and D. *Asimakopoulos, Passive Cooling of Building*, James X James, 1996
19. Michele Melaragno, *Wind in Architectural and Environmental Design*, Van Cosrtand Reinhold Company, 1982
20. Nobert Lechner, *Heating Cooling Lighting*, John Wiley & Sons, 1986
21. P. Achard and R. Gicquel, *European Passive Solar Handbook*, Commission of The European Communities. 1986
22. P. O. Fanger, *Thermal Comfort*, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970
23. Randall Thomas, *Environmental Design*, E & FN SPON , 1996
24. Terry S. Boutet , *Controlling Air Movement*, McGraw-Hill Book Company, 1987

A B S T R A C T

A Study on the Window Opening Characteristics for Natural Ventilation in Apartment Houses

Kim, Wan-Ki
Dept. of Architectural Engineering
The Graduate School
Chung-And University
Advised by prof. Rhee, Eon-Ku, Ph. D.

Recently, the trend of energy consumption in Korea indicates that the demand of cooling is rapidly increasing. Especially, in apartment housing the distribution rate of air-conditioner exceeds 30%, which creates serious concern regarding peak-demand of electricity supply. Consequently, natural cooling strategies are considered in apartment design, and the natural ventilation is regarded as the most appropriate solution among them.

This research tries to identify the most influential factors which affect the performance of natural ventilation. These factors are compared with each other in terms of ventilation effectiveness, when they are applied in design.

The result of the study can be summarized as follows

- 1) The analysis of climate in seoul says that the possibility of natural cooling, which can be achieved by natural ventilation, is about 20% in June, and 26% in July and August. However in September, the possibility is about 4%, so there is little chance in September.

- 2) According to the wind direction, the performance of ventilation is very different at each rooms and some rooms are likely to show poor performance. The performance of ventilation is very different with the pattern of opening methods in that sliding windows, which have been used in existing apartment housing. And proper method of openings can improve the performance of ventilation
- 3) The result of the visualization simulation reveals that among other design factors that affect the ventilation performance, expansion of the effective open area via changing window type, do much improve ventilation performance. So it can be said that the effective open area of the window is the most important factor that effect on the performance of ventilation.
- 4) In accordance with the wind tunnel simulation results, which varied the condition such as wind speed, wind direction, and opening method, if the effective open area is same, a sliding window and a projected window are the most advantageous type among others, because those types of window guarantee sufficient quantity of ventilation and induced little deflections in varied simulations.
- 5) Sliding window could ensure sufficient quantity of ventilation and shows little deflections in varied wind direction simulation, but it made big deflection in varied wind speed simulation and it has a weakness that the only 50% of window area can be openable.

6) According to the simulation results that varied wind speed and opening method, projected window guarantee sufficient quantity of ventilation and induced little deflections, but it showed big deflection in the simulation that varied wind direction because the projected part of the window could lead or block the wind.

As a consequence, when the projected windows are designed, designer must consider the prevailing wind direction, opening method and position arranging. And to promote effect of ventilation, such as an alternative plan of sliding window, which has been used in apartment housing up to now, must be considered.

Natural ventilation is a kind of natural cooling method which is up to outside weather condition and behavior of a resident. As a results of this study, the possibility and the need of natural ventilation is sufficient. And to use the maximum effect of natural ventilation, an alternative plan that changing the window type which has been used uniformly, must be considered, and basic study at the early stage of design, must be accomplished.

감사의 글

짧지 않은 2년의 대학원 생활이 바로 어제같이 흘러갔습니다 결코 헛되어 보낼 수 없었던 시간이기에 더욱더 아쉬움이 남는 2년입니다

보잘 것 없는 논문이지만 지금까지 저를 격려해주시고 배려해주신 많은 분들의 계셨기에 가능한 일이었습니다 일일이 찾아 뵙고 인사드려하겠지만 우선 지면으로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

너무도 부족한 저이기에 지도하느라 고생이 많으셨던 이 연구 교수님의 따뜻한 사랑에 머리숙여 다시한번 감사드립니다.

대학 4년 철부지 때부터 깊은 아량과 지도편달로 가르쳐주시고 부족한 저의 논문에 아낌없는 조언을 해주신 이 명호 교수님과 신 현식 교수님, 김 덕재 교수님, 이 현호 교수님, 정 현수 교수님, 최 윤경 교수님, 박 찬식 교수님께도 감사드립니다.

대학원에 입학해서 현재의 제가 있기까지 많은 학문적, 인간적인 가르침으로 대해주신 선배님, 후배님들에게 감사드립니다.

항상 애정어린 관심으로 친형같이 후배들을 대해주신 송국섭 교수님, 박 진철 교수님, 황정하 교수님, 김남규 교수님, 김세훈 교수님, 신인중 교수님, 권영철 교수님께 감사드립니다. 그리고 항상 곁에서 가족같이 힘이 되어준 관호형, 성원이형, 수연이누나와 이성환 선배님, 이동주 선배님과 후배님들에게도 감사드립니다 미처 언급하지 못한 많은 선배님과 건축과 대학원의 원우들에게도 감사드리며 힘들고 지칠 때 힘이 되어줬던 90학번 동기들, 사진연구회 동기들에게도 감사드립니다

또다시 감사의 계절, 축복의 계절인 크리스마스가 다가오고 있습니다. 무엇보다도, 지금까지 저를 키워주시고 사랑해주신 부모님, 누나들에게 감사드리며 저를 위해 아낌없는 사랑으로 대해주신 모든 분들에게 다시 한번 감사드립니다.

1998년 12월 김 완기