

# 아파트 건축물 군(群)에 의한 건축물 외장재의 풍압분포

## Distribution of Wind Pressure on Claddings of Apartment Buildings Affected by Neighboring Buildings

조 강 표\*  
Cho, Kang-Pyo

홍 성 일\*\*  
Hong, Sungil

김 원 술\*\*\*  
Kim, Won-Sool

### 요 약

이 논문은 풍동실험 결과를 토대로 고층아파트 건축물의 풍압분포에 대한 내용을 다루고 있다. 태풍에 의해 창유리 파손을 입은 아파트 단지의 풍압모형을 제작하여 각 건축물의 상호간섭효과를 조사하였다. 풍동실험은 풍압모형을 이용하여 대형경계층풍동에서 수행하였다. 간섭하는 주변건물의 여부에 따른 실험결과를 비교하고 검토하였다. 주변건물이 없어서 바람을 직접 맞을 때에는 105동, 106동은 주로 정압이 작용하였지만, 주변건물이 둘러싸고 있을 때의 105동, 106동은 큰 부압이 작용하는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 고층아파트 외장재 설계시 외장재의 안전성 확보를 위해서는 풍동실험을 수행하여 바람에 의해 야기되는 상호간섭효과를 고려하는 것이 가장 적합한 방법이라 할 수 있다.

### Abstract

This paper presents wind pressure distribution on high-rise apartment buildings through wind-tunnel tests. In order to investigate wind-induced interference effects on building claddings an apartment complex, which was damaged on the claddings during typhoon attack, was exemplified and constructed as a scaled model. A series of wind tunnel tests using pressure models were performed in a boundary layer wind tunnel. The test results with and without interfering buildings were compared and discussed. It is observed that the wind pressure on buildings 105 and 106 with surrounding buildings shows highly negative, while the pressure without surrounding buildings were positive. Therefore the wind-induced interference effects should be taken into account in the design of claddings through wind-tunnel tests.

**키워드 :** 고층아파트, 외장재, 강풍, 풍피해, 풍동실험, 풍압, 외압계수

**Keywords :** High-Rise Apartments, Claddings, Strong Wind, Wind Damage, Wind-Tunnel Test, Wind Pressure, External Pressure Coefficients

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경과 목적

건축기술의 발달과 사회적 요구에 힘입어 사무용 건축물뿐만 아니라 주거용 건축물들도 고층화가 가속화 되고 있다. 더욱이 도시화에 따른 고층건물의 수요증가는 건축물의 고층화를 더욱 앞당기고 있으며 아파트의 경우에 있어서도 고층 아파트의 건설이 급증하고 있다. 이런 고층 건축물에 대한 구조설

계시에는 풍하중과 같은 횡력에 대해 설계시 적절히 고려되어야 한다.

지금까지 아파트 발코니 창호 설치에 대한 안전기준이 확실하지 않아 강풍으로 인한 발코니 창호의 파손과 비산물의 따른 안전사고가 종종 있었으며, 이에 따라 발코니 창호에 대한 안전기준 확립이 요구되고 있다. 지난 2005년 12월 발코니 확장의 합법화가 시행되었음에도 불구하고 발코니 창유리 침입으로 설치하고 하고 있는 실정이며, 앞으로 발코니 확장에 따른 많은 제도 개선이 요구되고 있다.

실제로 지난 2003년 9월에 한반도를 강타한 태풍 "매미"가 부산시에 위치한 B 아파트를 강타해 아파트의 창유리가 파손됨으로써 주민들은 생명의 위협을 받기도 했으며, 불안한 악몽의 시간을 보내야 했다. 또한

\* 정희원, 원광대학교 건축학부 조교수, Ph.D.

Tel : 063-850-6708 E-mail : kpcho@wonkwang.ac.kr

\*\* 정희원, 원광대학교 공업기술개발연구소 연구원, 공학박사

\*\*\* 원광대학교 대학원 석사과정

일부 주민들은 아예 주거공간에서 대피하여 지하주차장으로 대피하는 소동을 겪기도 하였다. B 아파트의 경우 22~25층 건축물이 균을 이루고 있는데 바람을 직접 맞은 외장부 건축물은 풍피해가 미미했던 반면에 단지 내부에 배치된 건축물에서는 대부분의 창유리가 파손된 것으로 조사되었다. 이것은 B 아파트 단지의 건축물 상호간의 영향에 의하여 복잡한 기류변화가 발생하고 이로 인한 국부 풍압의 급격한 증가에 기인하는 것으로 추정된다. 건축물 상호간의 풍하중 상호작용에 대해서는 Gowda<sup>5)</sup>, Tanike<sup>6)</sup>, English<sup>7)</sup> 등에 의해 연구가 진행된 바 있다. 그러나 그들의 연구는 한 개의 주변건물에 국한되어 있고 실제로 아파트 단지과 같이 복잡한 경우에는 적용하기 힘들다.

우리나라에서는 고층 아파트의 경우 그룹으로 단지계획이 이루어지는 것이 많다. 이러한 건축물 군에서는 강풍시에 급격한 길 변화로 바람의 속도가 가속 되면서 외장재에 작용하는 풍하중을 크게 증가시켜 창유리를 파손시킬 수 있다. 본 논문에서는 실제로 태풍 “매미”에 의해 외장재 파손이 격심하게 일어났던 부산에 있는 B 아파트단지의 피해 원인 중에서 국부풍압의 급변에 관심을 가지고 강풍에 의해 풍압이 어떻게 변화하는지를 조사하기 위해 풍압실험을 수행하였다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

B아파트의 단지 내부에 위치한 건축물의 외장재 파손 원인은 풍압의 변화 외에도 유리강도, 창틀과 창유리의 피로, 비산물에 의한 충격 파괴 등의 여러 가지 원인이 있을 수 있다. 그러나 본 논문에서는 다른 원인들 보다도 인접한 건축물에 의한 상호간

섭현상에 의한 풍압의 변화에 초점을 맞추어 연구하였으며, 실험을 통하여 주변 건축물의 존재 여부에 따른 풍압 변화에 대해 조사하였다.

본 연구에서는 문제의 현실적 접근을 위하여 실제 태풍에 의해 외장재 피해를 입은 부산의 해안가에 위치한 B 아파트단지를 연구대상으로 채택하였다. 풍향의 변화를 고려하기 위해서 N 기준으로 시계 방향으로 16방위를 기본으로 하고 부산 기상관측소에서 관측된 최대풍속과 순간 최대풍속이 발생했던 S와 SE 사이를 좀 더 세분하여 8방위를 추가하였다. 또한 인접건물의 영향을 조사하기 위해 101동, 103동을 제거했을 경우와 제거하지 않았을 경우에 대하여 풍압실험을 수행하였다.

## 2. 아파트 외장재의 풍피해 사례

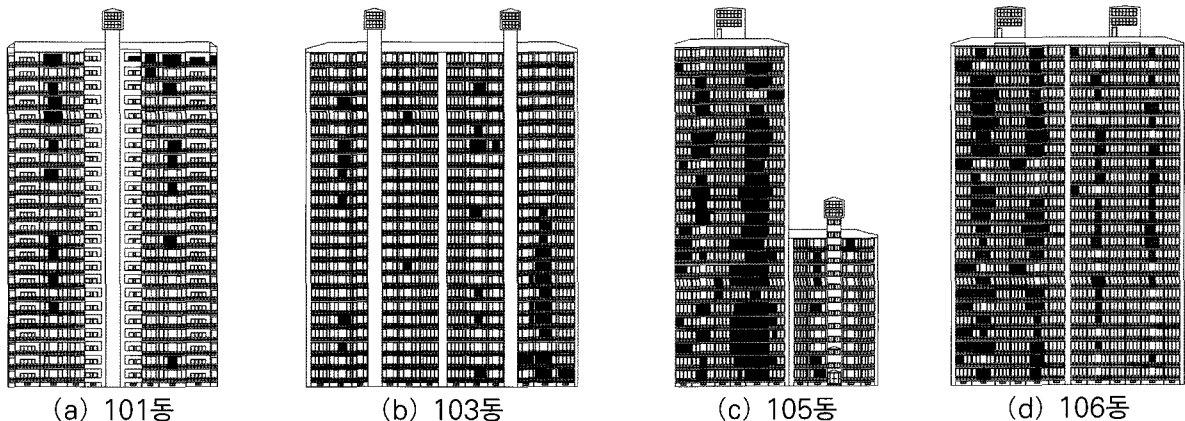
### 2.1 태풍의 진로와 부산의 B 아파트 단지

부산 기상관측소에서 관측된 제14호 태풍 “매미”의 순간최대풍속은 42.7m/s(SE방향)로 기록되었으며 최대평균풍속은 26.1m/s(S방향)이었다<sup>3),8)</sup>.

B 아파트 단지는 해안가에 위치하고 있고 10개동의 고층건물(22~25층)로 이루어져 있으며, 태풍 “매미”에 의해 외장재가 파손된 대표적인 사례들 중 하나이다. 101동과 103동은 바다에서 육지 쪽으로 불어오는 바람을 직접 받았고, 상대적으로 풍재해가 큰 105동과 106동은 101동과 103동에 의하여 가려진 상태였다.

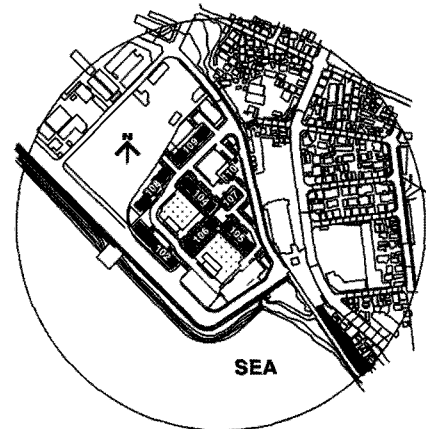
### 2.2 외장재 손상 분포

<그림 1>은 B 아파트의 외장재 손상의 분포를 보



<그림 1> B 아파트의 외장재 손상 분포

여주고 있다<sup>8),9)</sup>. 여기에서 음영으로 색칠된 부분은 피해를 입은 창유리를 표시한 것이다. 해안가 바로 앞에 위치한 101동, 103동의 아파트의 경우 <그림 1(a), (b)>와 같이 외장재 손상이 산발적으로 발생하였다.<sup>4)</sup> 그러나 101동, 103동 뒤에 위치한 105동, 106동의 아파트는 <그림 1(c), (d)>와 같이 대부분의 창유리가 파손되었다는 것을 알 수 있다. 이러한 원인을 조사하기 위하여 본 논문에서는 B 아파트의 풍압실험모형을 제작하고 풍압실험을 수행하였다.



<그림 3> 101동, 103동을 제거한 경우의 B 아파트 단지

### 3. 고층 아파트 건축물의 풍압실험

#### 3.1 실험개요

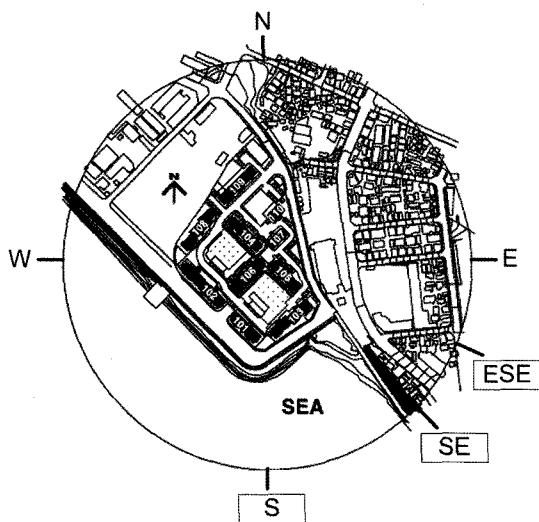
풍압실험은 실제 태풍에 의해 외장재 손상을 입은 부산지방의 B 아파트단지의 실물대 축적 모형을 만들어 대형경계층풍동에서 수행되었다<sup>2)</sup>.

풍압모형은 B 아파트단지를 1/200로 축소하여 아파트 단지와 주변의 모형을 설계, 제작하였다. 풍압모형은 1개동에 250개의 압력공(Pressure Tap)을 갖도록 하였다<sup>8),9)</sup>. <그림 2>, <그림 3>은 풍동실험에서 인접건물 군의 유무를 보여주고 있는 사진이다. 평균풍속의 연직분포는 노풍도 D인 기류를 생성시켰다<sup>8),9)</sup>. 그리고 해안가에 접해 있는 B아파트에 작용한 바람은 부산 기상청에서 관측된 자료를 이용하여 실험에 사용하였다. 태풍 “매미”의 최대평균풍속을 기준으로 실험 풍속을 유도하였으며, 풍동내의 실험풍속을

6m/s로 하였다. 실험의 샘플링 주파수는 200Hz이다. 본 논문에서는 부산 기상청에서 관측된 태풍 “매미”의 순간최대풍속이 관측되었던 SE 방향과 최대평균풍속이 관측되었던 S 방향을 고려하여 101동, 103을 제거했을 경우와 제거하지 않았을 경우의 ESE, SE, S 방향을 집중적으로 조사하였다.

#### 3.2 실험결과

풍압실험결과는 <그림 4~9>와 같다. <그림 4~9>는 101동, 103동을 제거했을 경우와 제거하지 않았을 경우의 풍향에 따른 평균풍압계수, 최대풍압계수, 최소풍압계수의 분포를 보여주고 있다. 여기에서 풍압계수는 다음 식과 같이 정의하였다<sup>1)</sup>.



<그림 2> 101동, 103동을 제거하지 않은 경우의 B 아파트 단지

$$\text{평균풍압계수} : GC_{pe} = \frac{\overline{P}}{q_h} \quad (1)$$

$$\text{최대풍압계수} : GC_{pe} = \frac{P_{\min}}{q_h} \quad (2)$$

$$\text{최소풍압계수} : GC_{pe} = \frac{P_{\max}}{q_h} \quad (3)$$

$$\text{설계속도압} : q_h = \frac{1}{2} \rho V_h^2 \quad (4)$$

여기에서  $P$ ,  $P_{\min}$ ,  $P_{\max}$ 는 실험에 의해 계측된 평균, 최대, 최소풍압력이며  $q_h$ 는 실험모형의 최고층 높이에서의 설계속도압이다.

101동, 103동을 제거함에 따라 평균풍압은 부압(-)에서 정압(+)으로 바뀌는 것을 알 수 있었다. 또한 최대풍압계수 역시 증가하고, 최소풍압계수는 인

접 건축물을 제거하기 전에는 큰 부압이 관찰되었으나 제거한 후에는 비교적 작은 부압만이 작용하고 있음을 관찰할 수 있었다<그림 4~9>.

101동, 103동을 제거했을 때의 105동의 평균풍압계수의 경우 건물 표면에 대부분 부압 보다는 정압이 걸리고 풍향이 ESE 방향에서 S방향으로 바뀔 때 따라 정압의 풍압계수가 증가한다는 것을 알 수 있었다(<그림 4~9> 참조). 그러나 105동의 ESE 방향에서는 set-back 된 부분에서 101동, 103동을 제거하지 않은 경우 보다 국부적으로 부압이 크게 증가하는 경우도 발생하였다.<그림 4(f)>.

SE방향에서 101동, 103동을 제거했을 때의 105동의 왼쪽 변의 최소풍압계수는 제거하지 않았을 경우 보다 현격하게 부압이 감소하였으며 특히 왼쪽 상측 변과 하측 변에서는 최소풍압계수가 약 -1.7정도 차이가 있었다<그림 6(c), (f)>.

S방향에서의 101동, 103동을 제거했을 때의 105동의 최소풍압계수에서 오른쪽 하측 변에서 박리 현상으로 인하여 101동, 103동을 제거하지 않았을 때의 105동의 최소풍압계수보다 국부적으로 부압이 증가하는 경우도 발생하였다<그림 8(c), (f)>. 또한 S방향에서의 101동, 103동을 제거했을 때의 106동의 왼쪽변의 최소풍압계수는 제거하지 않았을 경우보다 전체적으로 현격하게 부압이 감소하는 것이 관찰되었다<그림 9(c), (f)>.

이와 같이 101동, 103동을 제거하고 실험한 경우에는 정압이 크게 작용하고 101동, 103동을 제거하지 않은 경우에 부압이 지배적으로 작용하는 것으로 관찰되었다. 즉, 101동, 103동이 바람막이가 되어 준다고 해서 반드시 풍하중이 작게 작용하는 것은 아니며, 경우에 따라서는 큰 부압이 작용할 수도 있다는 것을 의미한다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 실제 태풍에 의해 외장재 파손이 격심하게 일어났던 부산지역에 있는 한 고층아파트 단지의 피해사례를 집중적으로 검토하였다. 그 원인을 파악하기 위해 풍압실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

- (1) 아파트 단지 내의 고층아파트 건축물의 외장재에 작용하는 풍압분포는 풍향과 주변 건물의 상호작용에 크게 의존한다.
- (2) 주변건물이 없어서 바람을 직접 맞을 때에는 105동과 106동은 주로 정압이 작용하였지만, 주변건물이 둘러싸고 있을 때의 105와 106동은 큰 부압이 작용하는 것을 관찰할 수 있었다.
- (3) 풍하중 기준은 건축물이 단독으로 서 있는 경우를 상정하여 제정된 것이지만, 실제에 있어서는 주변 건축물군의 영향으로 인하여 기류가 바뀔으로써 압력이 크게 변하므로 건축물이 군을 이루고 있을 경우에는 풍동실험을 수행하는 것이 적절하다.
- (4) 고층 아파트 단지를 계획할 때에는 발코니 창유리의 안전성 확보뿐만 아니라 구조체의 안전을 위해서도 인접 건축물군의 상호간의 영향을 고려하여 풍하중을 적절히 산정하여야 한다.

실제 태풍은 풍향의 변화가 다양하고 아파트 인동간격에 따른 건축물의 상호간섭작용에 의한 기류의 변화가 다양하므로 고층 아파트 설계시 풍향에 의한 풍압의 변화와 아파트 인동간격에 따른 기류의 변화가 외장재에 어떤 영향을 미치는지에 대하여 많은 연구가 수행될 필요가 있다.

#### 감사의 글

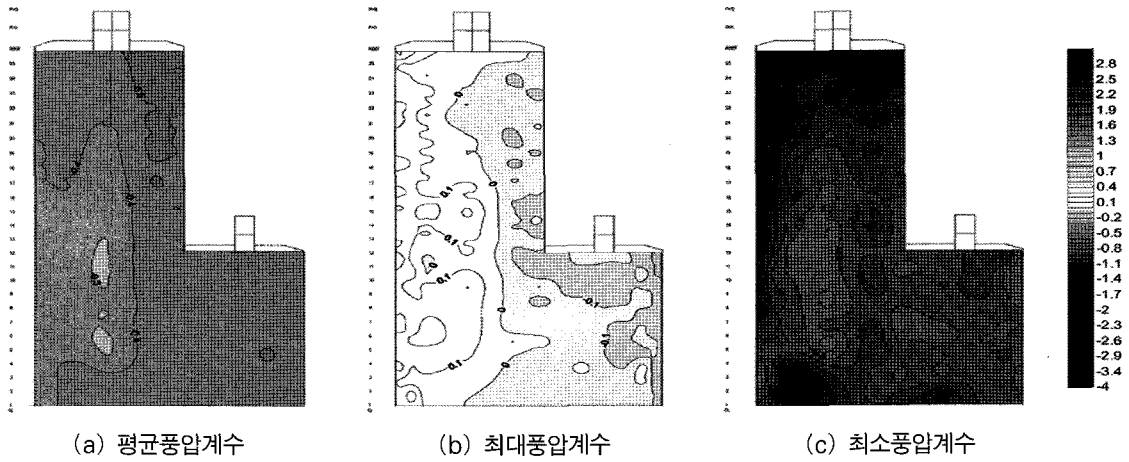
이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2005-003-D00426).

#### 참고문헌

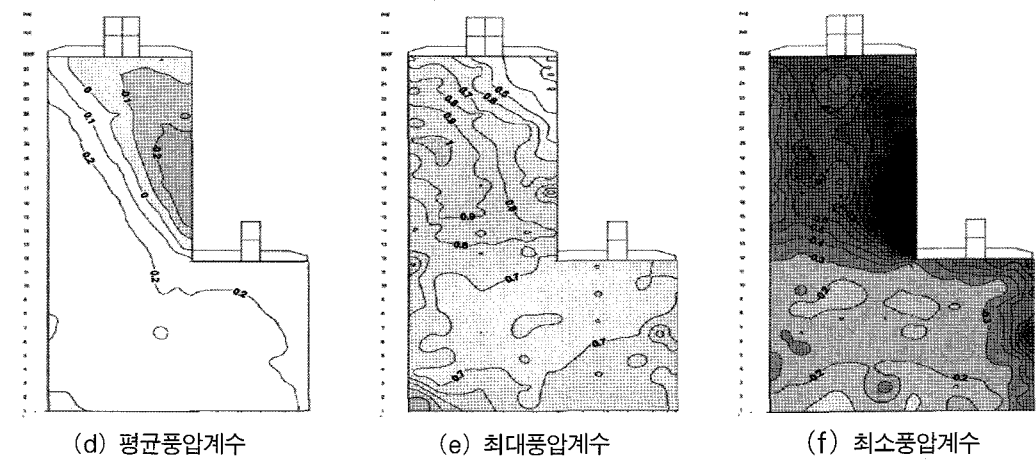
1. 대한건축학회, 건축물 하중 기준 및 해설, 2000
2. 일본건축센터, 실무자를 위한 건축물 풍동실험 가이드북, 1994
3. 한국기상청(<http://www.kma.go.kr>), 기상관측자료
4. Yukio Tamura, Akihito Yoshida, Kangpyo Cho, "Post Disaster Investigation of Typhoon No.14 "MAEMI"", *Journal of Japan Society for Natural Disaster Science*, Vol.22, No.4, pp.355~364

5. Gowda, B. H. L. and Sitheeg, M. H., "Interference effects on the wind pressure distribution on prismatic bodies in tandem arrangement", *Ind. J. Technol.*, Vol.31, 1993, pp.485~495
6. Tanike, Y., "Interference mechanism for enhanced wind forces on neighboring tall buildings", *J. Wind Engng Indust. Aerodynam.* Vol.41, pp.859~866
7. English, E. C. "Shielding factors for paired rectangular prisms : an analysis of along- wind mean response data from several sources", *Proc, 7th US National Conf*, 1993, pp.193~201
8. 조강표, 김원술, 황규석, "강풍시 고층아파트 건축물의 외장재 파손," 대한건축학회, 학술발표대회논문집, 제25권 제1호(통권 제49집), 2005. 10. 23~25, pp.91~94
9. 조강표, 홍성일, 김원술, "고층 아파트 건축물 창유리의 내풍안전성," 대한건축학회 논문집, 제22권, 제1호, pp.77~85

101동, 103동을 제거하지 않았을 경우

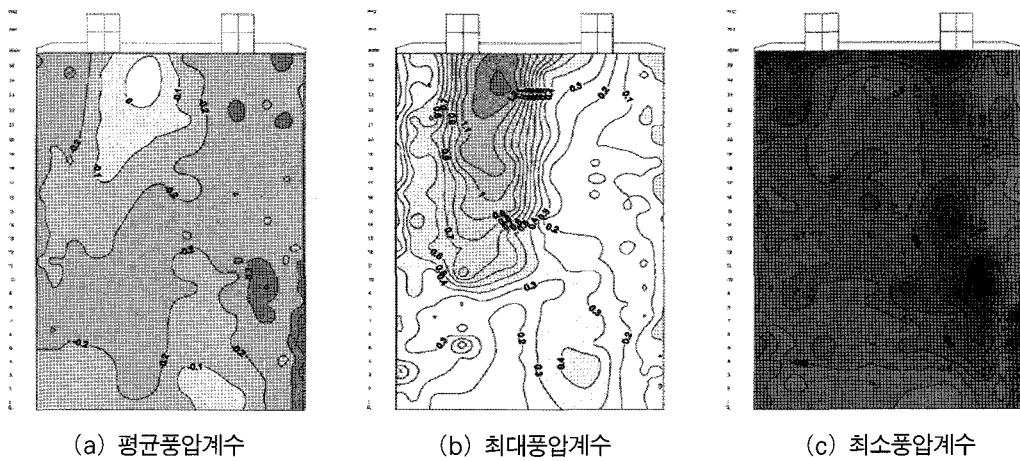


101동, 103동을 제거했을 경우



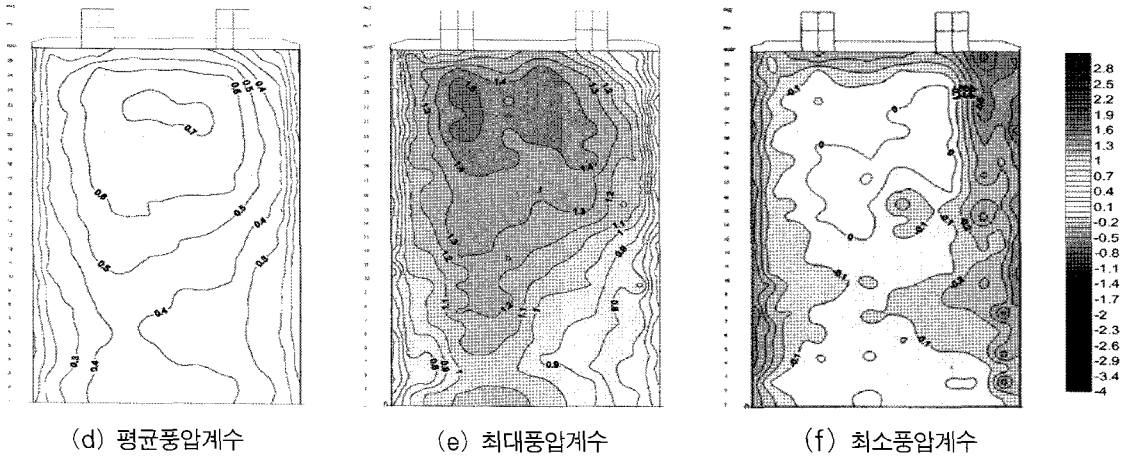
〈그림 4〉 105동 ESE 풍향 풍압계수 분포도

101동, 103동을 제거하지 않았을 경우



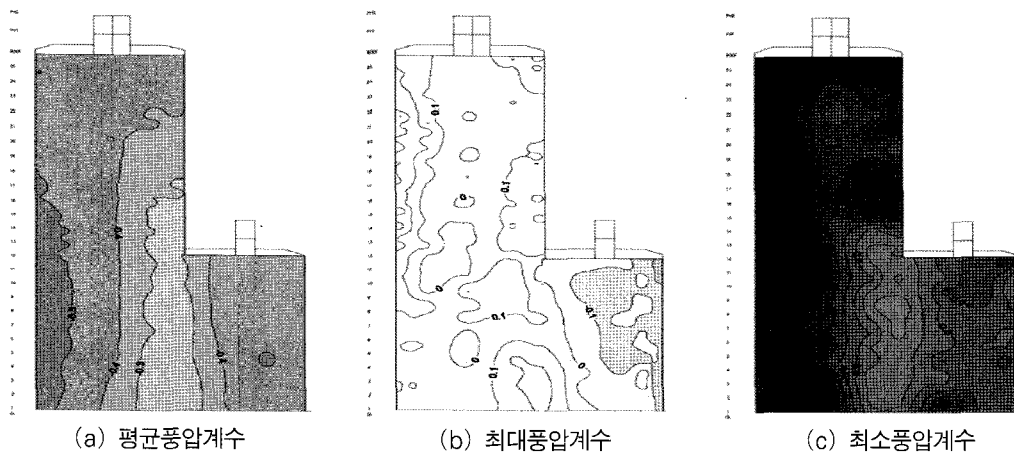
〈그림 5〉 106동 ESE 풍향 풍압계수 분포도

101동, 103동을 제거했을 경우

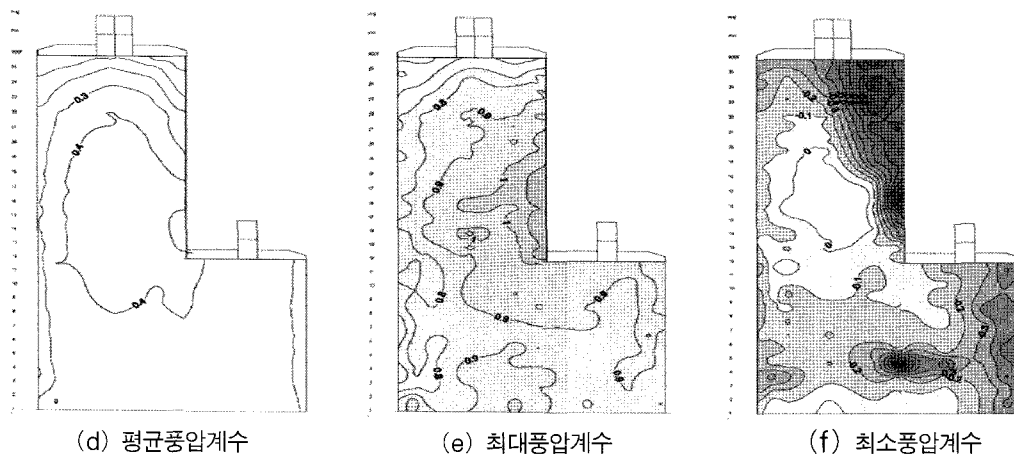


〈그림 5〉 106동 ESE 풍향 풍압계수 분포도 (계속)

101동, 103동을 제거하지 않았을 경우

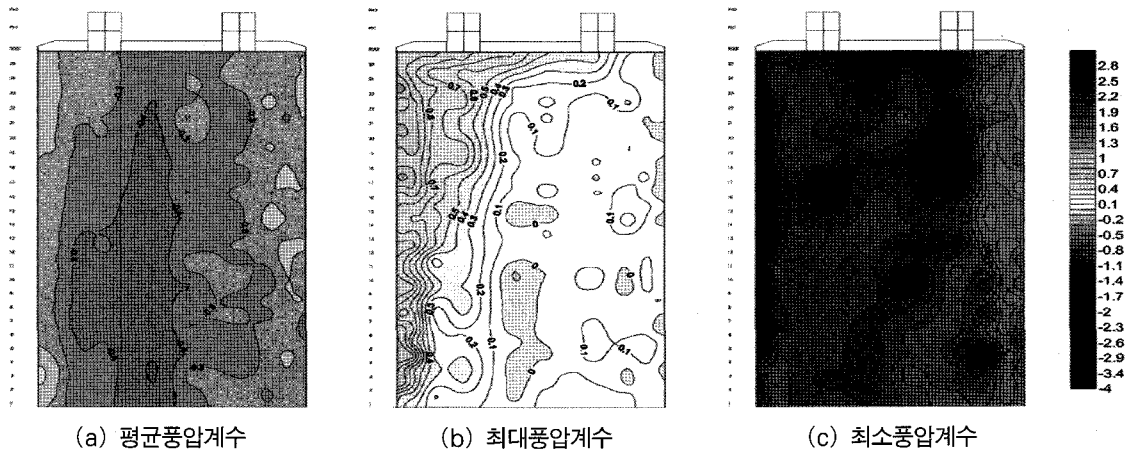


101동, 103동을 제거했을 경우

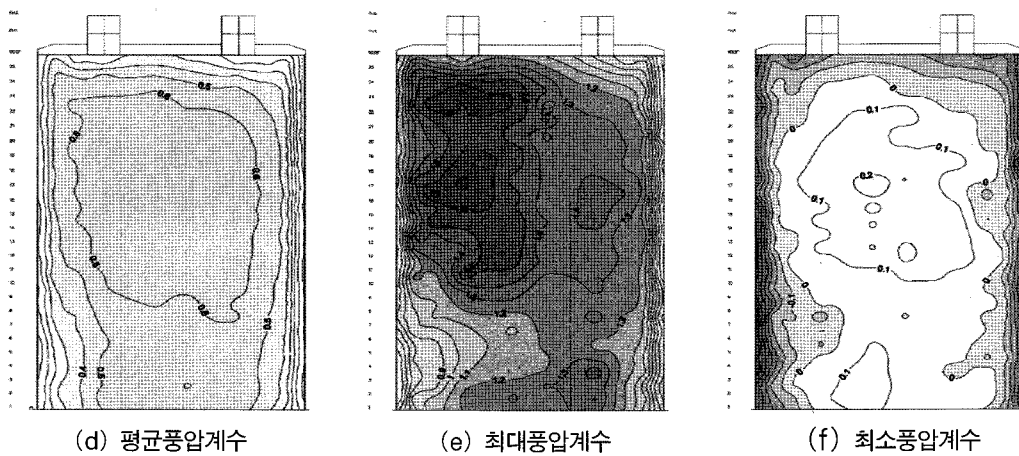


〈그림 6〉 105동 SE 풍향 풍압계수 분포도

101동, 103동을 제거하지 않았을 경우

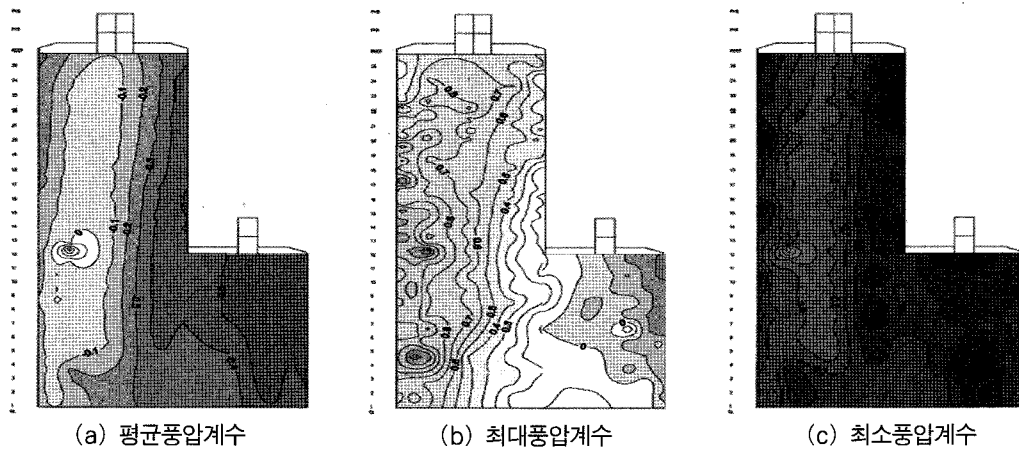


101동, 103동을 제거했을 경우



<그림 7> SE 풍향 풍압계수 분포도(106동)

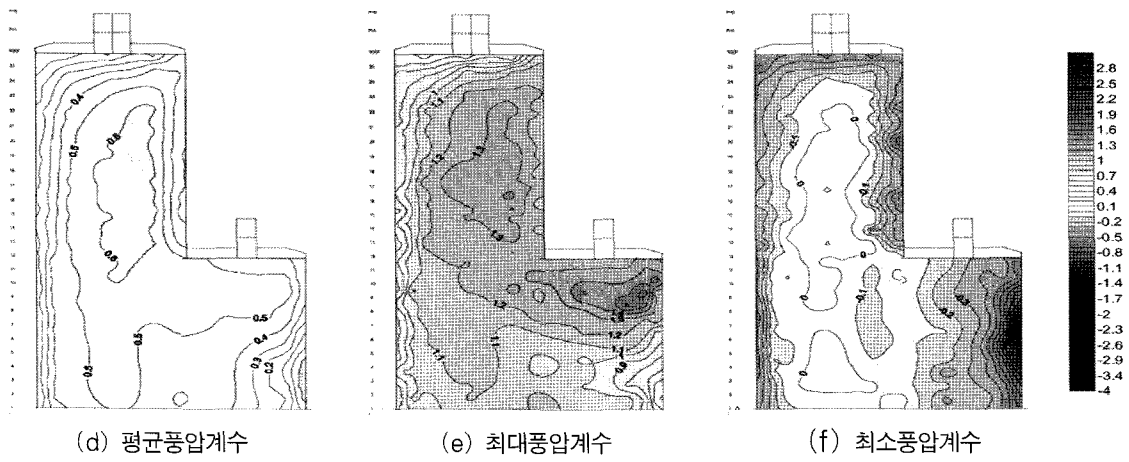
101동, 103동을 제거하지 않았을 경우



<그림 8> 105동 S 풍향 풍압계수 분포도

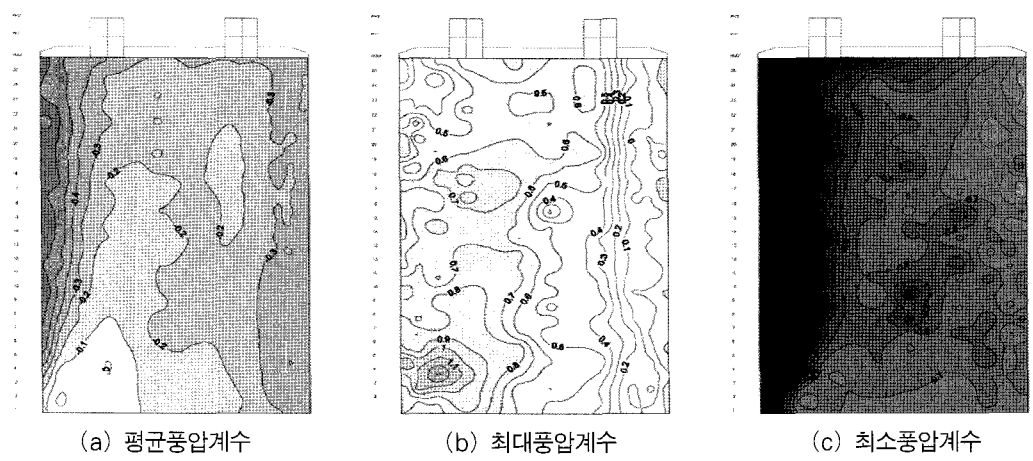


101동, 103동을 제거했을 경우

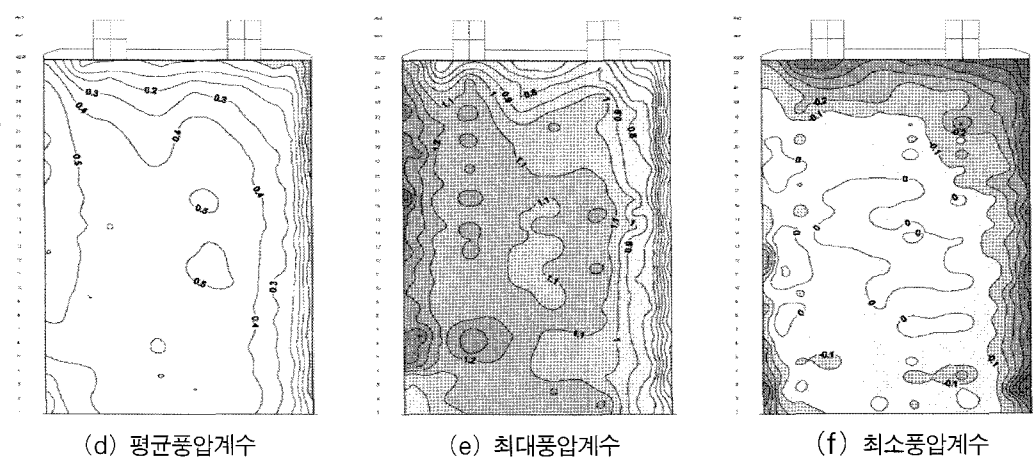


〈그림 8〉 105동 S 풍향 풍압계수 분포도 (계속)

101동, 103동을 제거하지 않았을 경우



101동, 103동을 제거했을 경우



〈그림 9〉 106동 ESE 풍향 풍압계수 분포도