

15° EĞİMLİ BEŞİK ÇATIYA SAHİP İKİ BİNA MODELİ ÜZERİNDEKİ BASINÇ DAĞILIMLARINA BLOKAJ ETKİSİ

Yücel ÖZMEN^{1,*}, Ertan BAYDAR¹

¹Makine Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080 - Trabzon, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, bina rüzgar yükleri üzerinde blokaj etkisinin araştırılması amacıyla, farklı boyutlara sahip 15° eğimli beşik çatılı iki bina modelinin çatı yüzeylerindeki basınç dağılımları deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler rüzgar tüneline modellenen atmosferik sınır tabaka akışında gerçekleştirilmiştir. Akışın modellenmesinde bariyer, eliptik girdap üreticiler ve pürüzlülük elemanları kombinasyonu kullanılmış ve 15 m/s'lik serbest akış hızında, 150 mm yüksekliğinde bir sınır tabaka oluşturulmuştur. Yüzey basınçlarının ortalama ve çalkantı değerlerinin ölçümü, sınır tabaka içerisine yerleştirilmiş modeller üzerinde farklı rüzgar geliş açılarına göre ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilerek emme etkilerinin kritik olduğu bölgeler belirlenmiştir. Blokaj oranındaki farklılığın emme etkisinin kritik olduğu bölgelerdeki yüzey basınç dağılımlarını önemli derecede etkilediği, %8.5 blokaj oranına sahip büyük model üzerindeki emme etkisinin %3.7 blokaj oranına sahip küçük model üzerindeki emme etkisinden yaklaşık %50 daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atmosferik sınır tabaka, Beşik çatı, Blokaj etkisi, Basınç katsayısı, Emme yükü

BLOCKAGE EFFECT TO PRESSURE DISTRIBUTIONS ON THE TWO BUILDING MODELS WITH 15° PITCHED GABLE ROOFS

ABSTRACT

In this study, surface pressure distributions on the two low-rise building models having different dimensions with 15° pitched gable roofs have been investigated experimentally in order to search the blockage effect on the building wind loads. The experiments were carried out in an atmospheric boundary layer that is modeled in the wind tunnel. Atmospheric boundary layer was simulated with combination of barrier, elliptic vortex generators and elements of roughness and a 150 mm height boundary layer was formed at 15 m/s wind velocity. The mean and fluctuating surface pressures were measured on the roofs in detail for various wind directions to observe critical suction zones on the roof surfaces. It is seen that blockage effect seriously affects surface pressures on the critical zones. Blockage ratio of 8.5% caused the suction effects to increase in magnitude by ~50% when compared the blockage ratio of 3.7%.

Keywords: Atmospheric boundary layer, Gable roof, Blockage effect, Pressure coefficient, Suction loads

1. GİRİŞ

Rüzgarın bina çatıları üzerinde meydana getirdiği etkiler, çatı geometrileri ile yakından ilgilidir. Bu etkilerin değerlendirilebilmesi ve kalıcı çözümlerin ortaya koyulabilmesi için, değişik tipte çatılar üzerindeki rüzgar yüklerinin ayrıntılı bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Rüzgar kaynaklı hasar raporlarına göre, beşik tipi çatıları olan alçak binalar rüzgar hasarlarına daha çok maruz kalmaktadır. Bu durum, bu tip çatılara sahip konut, sanayi ve ticari amaçlı binalar etrafındaki akış alanlarının son zamanlarda yaygın bir şekilde incelenmesine yol açmaktadır. Bu incelemeler çoğunlukla rüzgar tüneli testleriyle gerçekleştirilmektedir.

Doğadaki atmosferik sınır tabaka içerisinde bulunan gerçek bir bina etrafındaki rüzgar alanı herhangi bir şekilde sınırlanmamışken, model ölçeğindeki rüzgar tüneli araştırmalarında bina modeli rüzgar

* Sorumlu Yazar: vozmen@ktu.edu.tr

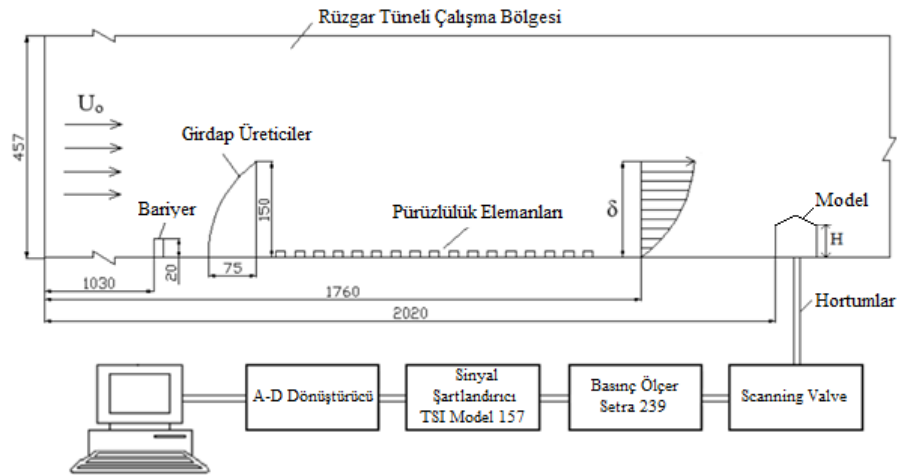
tünelinin iki yan duvarı ve tavanıyla sınırlanmaktadır. Bu durum model ile duvarlar arasındaki bölümlerde akışın ivmelenmesine ve model üzerindeki rüzgar yükünün artmasına neden olmaktadır. Bu olay literatürde blokaj etkisi olarak bilinmektedir. Bu etki, modelin iz düşüm alanının rüzgar tüneli test bölgesi kesit alanına oranı olarak tanımlanan blokaj oranının düşük seçilmesiyle azaltılmaktadır. Rüzgar mühendisliği alanında çalışanlar, dikdörtgen kesitli bina modelleri üzerindeki blokaj etkisine yönelik çok sayıda rüzgar tüneli çalışması yürütmüşlerdir. Awbi [1] iki boyutlu dikdörtgen kesitler için blokaj etkisi ile oluşan hatayı düzeltmeyi amaçlayan bir yöntem önermiştir. Çalışmasında, dikdörtgen kesitin eni ve boyu arasındaki farkın düzeltme aşamasında dikkate alınması gerektiğini ve rüzgar tarafındaki uzun kenarın rüzgar tarafındaki kısa kenara göre blokaj etkisine daha çok maruz kaldığını ifade etmiştir. Kirrane ve Steward [2] rüzgar tünelinin tabanına bağlı modellerde blokaj oranı etkisinin az olduğunu, bu nedenle %10'a kadar blokaj oranında sonuçların bir düzeltmeye gerek olmadan kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Cherry [3] artan blokaj oranının küt cisimler üzerindeki tekrar tutunma uzunluğunu azalttığını ve %5'lik blokaj oranında tutunma uzunluğundaki azalmanın %20 düzeyinde olduğunu ifade etmiştir. Saathoof ve Melbourne [4] dikdörtgen kesitli bir bina modeli üzerindeki yüzey basınçlarını rüzgar tüneli testiyle inceledikleri çalışmalarında, %5'lik blokaj oranının bina köşesi yakınındaki ortalama rüzgar basıncını %15, pik rüzgar basıncını ise %20 oranında artırdığını belirlemişlerdir. Özellikle çalkantı basınçlarının rüzgar tüneli blokaj oranından daha çok etkilendiklerini ortaya koymuşlardır. Cook [5] blokaj oranında güven sınırının %5 olduğunu belirtmiştir. Noda ve ark. [6] blokaj etkisini incelemek üzere nümerik çalışmalar yürütmüştür. Qilin [7] bir kanat modeli üzerindeki direnç katsayısını rüzgar tüneli testiyle belirlediği çalışmada, blokaj oranının %15 olması durumunda ölçülen direnç katsayısının doğru değer ancak %88 ine ulaştığını ifade etmiştir. Jorge [8] iki boyutlu silindir etrafındaki akışta blokaj etkisinin ortalama direnç katsayısı ve yüzey basınç dağılımı üzerindeki etkisini rüzgar tüneli çalışmasıyla incelemiştir. Farklı çaplara sahip silindirler kullanarak blokaj oranını arttırdığı çalışmada yüzey basıncının minimum değerinin artan blokaj oranıyla azaldığını belirlemiştir. Wang ve ark. [9] dikdörtgen kesitli yüksek bina yüzeylerindeki basınç dağılımı üzerinde blokaj etkisini rüzgar tüneli çalışmasıyla incelemişlerdir. Blokaj etkisinin ihmal edilemeyecek düzeyde olduğunu ve yüksek blokaj oranlarında basınç katsayılarının gerçek değer iki katına çıkabileceğini belirtmişlerdir. Dikdörtgen kesitli binalar üzerindeki blokaj mekanizmasının son derece karmaşık olduğunu ve model boyutlarının seçiminde dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Literatürde çatıların aerodinamiğine yönelik araştırmaların çoğu basınç dağılımları ile ilgilidir. Kind [10] rüzgar tünelinde gerçekleştirdiği bir çalışmada, en kritik emme değerlerinin alçak, orta ve yüksek bina durumları için çoğunlukla aynı olduğunu ve çatı kenarlarına çok yakın küçük bölgeler üzerinde oluştuğunu belirlemiştir. Kanda ve Maruta [11] beşik çatıya sahip uzun alçak binalar üzerindeki ortalama ve pik rüzgar basınç karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Bina tasarım değerlerine karar vermek için, 0°'lik rüzgar açısının geçerli olmadığını, ortalama ve pik basınçların kritik negatif değerlerinin 45°'lik rüzgar açısında çatı arka yüzeyinde oluştuğunu ifade etmişlerdir. Case ve Isyumov [12] eşit yükseklik ve genişliğe sahip farklı uzunluktaki beşik çatılı üç alçak bina modelini, 1:100 ölçekli olarak sınır tabaka rüzgar tünelinde test etmişlerdir. Farklı rüzgar açıları ve farklı arazi şartları için anlık yüzey basınçlarını ölçerek, kentsel arazi koşullarında rüzgar yüklerinin açık kırsal arazi koşullarına göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Alçak binalar üzerindeki rüzgar basınçları ile ilgili bir literatür çalışması, Uematsu ve Isyumov [13] tarafından sunulmuştur. Ginger ve ark. [14] tipik bir alçak bina çatısı üzerindeki ortalama ve pik basınç dağılımlarını, 1:50 ölçekli rüzgar tüneli model çalışması ile belirlemişlerdir. En kritik rüzgar yüklerinin rüzgar tarafındaki çatı kenarına yakın bölgede oluştuğunu bulmuşlardır. Prasad ve ark. [15] 15°, 20°, 30° ve 45° eğim açılara sahip beşik ve kırma çatılı alçak bina modelleri üzerindeki basınç dağılımlarını incelemişler ve kırma çatı yüzeylerindeki emme yüklerinin beşik çatılara göre %42 daha az olduğunu belirlemişlerdir. Gavanski ve ark. [16] çatı tipi, çatı eğimi, bina yüksekliği ve arazi tipi gibi parametrelerin alçak bir bina modeli üzerindeki basınç dağılımlarına etkisini deneysel olarak incelemişler, çatı ve arazi tipinin basınç dağılımlarını büyük ölçüde etkilediklerini belirlemişlerdir.

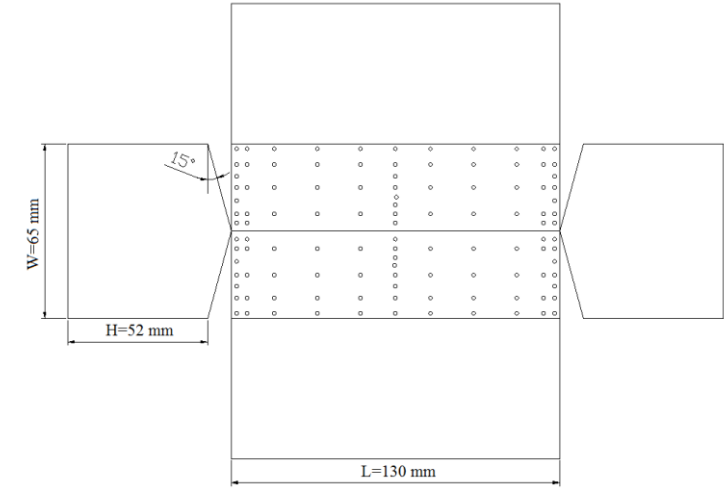
Blokaj oranı rüzgar tüneli çalışmalarında ölçüm sonuçlarının doğruluğunu büyük ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, farklı boyutlara sahip 15° eğimli beşik çatılı iki bina modelinin çatı yüzeylerindeki basınç dağılımları deneysel olarak belirlenmiştir. Blokaj oranının basınç dağılımları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yerel yüzey basıncının ortalama ve çalkantı değerleri, farklı rüzgar geliş açlarına göre ayrıntılı bir şekilde elde edilmiştir. Basınç dağılımlarından, çatı yüzeylerinde basıncın negatif pik değerler aldığı kritik bölgeler belirlenmiş ve blokaj oranındaki farklılığın ortalama ve pik basınç dağılımları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

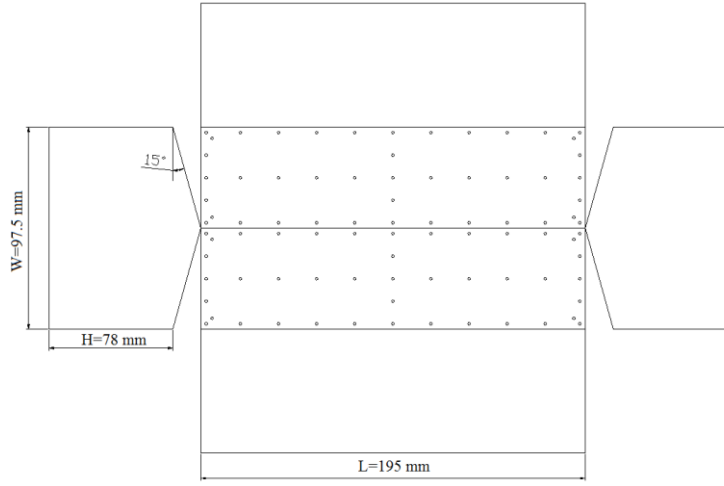
Deneyler için, KTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde bulunan üfleme, açık devreli rüzgar tüneli kullanılmıştır. Şekil 1’de görülen tünel test bölgesi boyunca bariyer, girdap üretici ve pürüzlülük elemanları kombinasyonu kullanılarak, $\delta=150$ mm yüksekliğinde atmosferik bir sınır tabaka oluşturulmuştur. Çalışmada, $\alpha=15^\circ$ çatı eğimine sahip $H \times W \times L=52 \times 65 \times 130$ mm ve $H \times W \times L=78 \times 97.5 \times 195$ mm boyutlarında iki bina modeli kullanılmıştır (Şekil 2). Büyük model, küçük modelin boyutları %50 oranında artırılarak oluşturulmuştur. Blokaj oranları küçük model için %3.7, büyük model için ise %8.5 olarak gerçekleşmiştir. Model yüzeylerindeki yerel basınçların ortalama ve çalkantı değerlerinin ölçülebilmesi için, model yüzeylerine açılan 1 mm çaplı deliklere basınç ölçüm prizleri yerleştirilmiştir. Özellikle çatı köşeleri ve çatı sırtı gibi kritik bölgelerde ölçüm noktaları yoğunlaştırılmıştır. Basınç prizlerinin basınç ölçere bağlantısı Scanning valf ile sağlanmıştır. Ölçme sisteminde, TSI IFA-100 System Intelligent Flow Analyzer cihazının Sinyal Şartlandırıcı modülü, Setra 239 Model Basınç Ölçer, A/D dönüştürücü, veri analizi yapan bir paket program ve bilgisayar bulunmaktadır (Şekil 1). 1000 Hz’lik örnekleme oranında ve 16 s’lik ölçüm süresinde alınan basınç sinyalleri, 300 Hz’de filtrelenerek, TSI IFA-100 ThermoPro paket programı ile kaydedilmiştir. Yüzey basıncı ölçümleri, modellerin orta eksenleri boyunca, 15° lik aralıklarla değişen rüzgar açılarında (θ) gerçekleştirilmiştir. Ortalama ve çalkantı basıncı ölçümlerindeki belirsizlikler sırasıyla, $\pm\%3$ ve $\pm\%4.5$ mertebelerindedir [17].



Şekil 1. Rüzgar tüneli çalışma bölgesi ve basınç ölçme sistemi



(a)



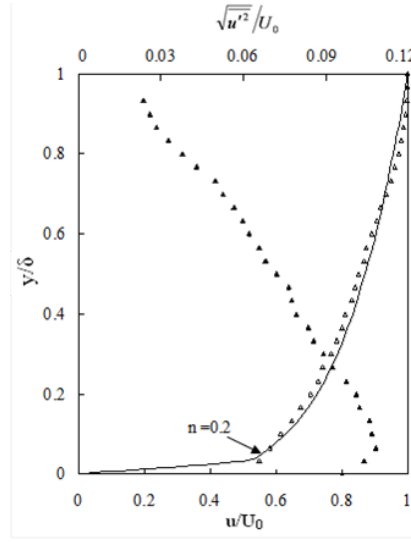
(b)

Şekil 2. Model boyutları ve basınç ölçüm deliklerinin konumları
(a) Küçük model (b) Büyük model

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Atmosferik sınır tabaka akışında ölçülen referans ortalama hız ve türbülans hız profilleri, Şekil 3’de verilmiştir. Referans sınır tabaka ortalama hız dağılımının $n=0.2$ ’lik üs kanunu ile oldukça iyi bir uyum içinde olduğu ve türbülans şiddetinin, serbest akış bölgesinde yaklaşık %2 değerinden, duvar yakınında %12’ye kadar ulaştığı görülmektedir.

Bina modelleri üzerindeki yüzey basınçları, boyutsuz basınç katsayıları şeklinde değerlendirilmiştir. Küçük ve büyük bina modellerine ait basınç dağılımlarındaki farklılık, blokaj etkisinin yanı sıra model yüksekliği seviyesinde hız değerlerindeki farklılıktan da kaynaklanmaktadır. Blokaj oranının basınç dağılımları üzerindeki etkisini tam olarak belirlemek amacıyla, boyutsuz basınç katsayıları model yüksekliği seviyesindeki hız değerlerine göre tanımlanmış dinamik basınç değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Referans sınır tabaka hız ve türbülans profilleri

Boyutsuz ortalama basınç katsayısı,

$$\bar{C}_p = \frac{\bar{P} - P_s}{\rho U_H^2 / 2} \quad (1)$$

Çalkantı basınç katsayısı (rms)

$$\tilde{C}_p = \frac{\tilde{P} - P_s}{\rho U_H^2 / 2} \quad (2)$$

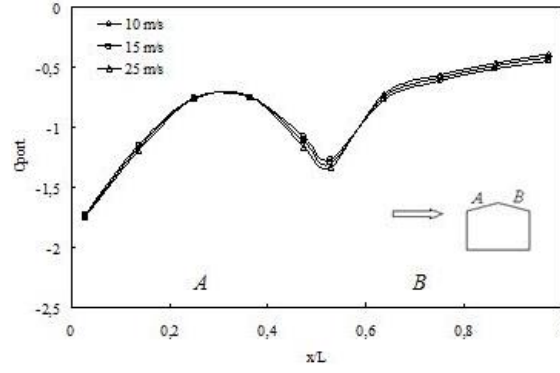
Maksimum pik basınç katsayısı,

$$\hat{C}_p = \frac{\hat{P} - P_s}{\rho U_H^2 / 2} \quad (3)$$

Minimum pik basınç katsayısı,

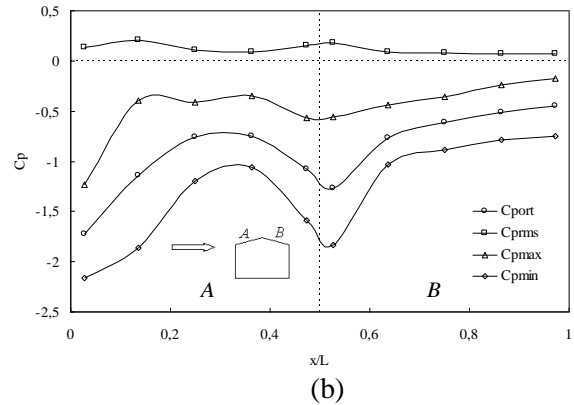
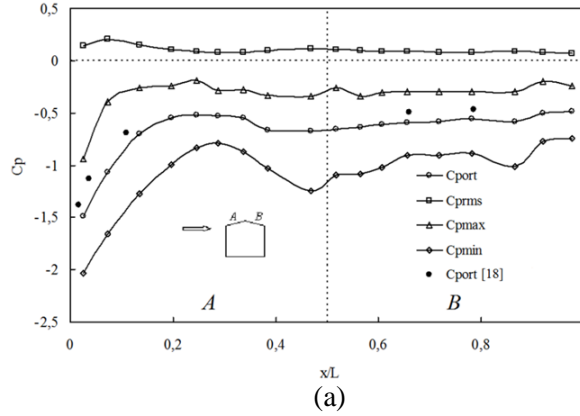
$$\check{C}_p = \frac{\check{P} - P_s}{\rho U_H^2 / 2} \quad (4)$$

bağıntılarıyla elde edilmiştir. Bu bağıntılarda; \bar{P} yerel ortalama yüzey basıncını, \tilde{P} yüzey basıncının çalkantı bileşenini, \hat{P} maksimum pik basıncı, \check{P} minimum pik basıncı ve P_s , atmosferik basıncı ifade etmektedir. U_H ise model yüksekliği seviyesindeki hız değerini göstermektedir. Model yüzeylerindeki basınç dağılımları üzerinde Reynolds sayısının etkisini araştırmak üzere farklı serbest akış hızlarında yüzey basınç dağılımları elde edilmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi, basınç dağılımları Reynolds sayısından etkilenmemekte, akış alanı Reynolds sayısından bağımsız olmaktadır. Bu durum aynı Reynolds sayısını sağlamak üzere büyük model durumunda tünel hızını azaltma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Çalışmada model yüksekliklerine ve 15 m/s'lik serbest akış hızına bağlı Reynolds sayıları sırasıyla 52000 ve 78000 değerindedir.



Şekil 4. Farklı akış hızlarında akış yönünde ortalama basınç katsayısı dağılımları

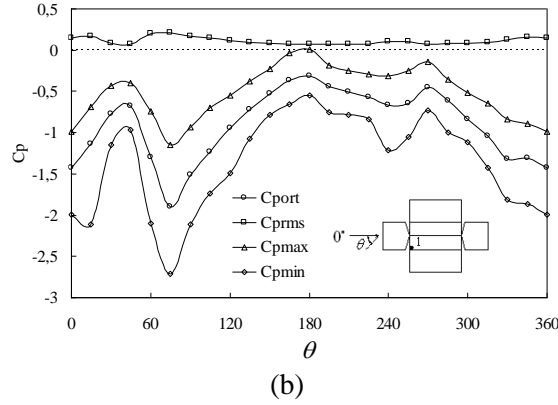
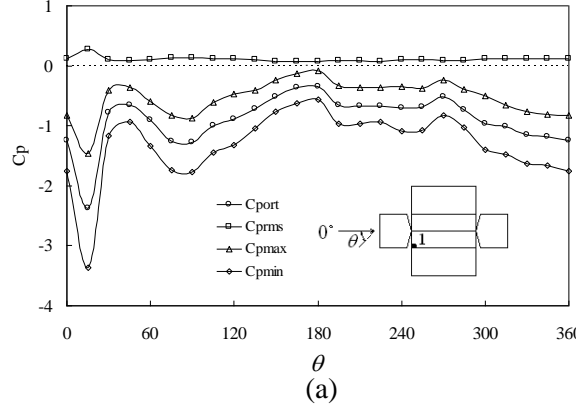
15° eğimli beşik çatılı küçük ve büyük bina modellerin orta eksenleri boyunca yüzey basınçlarının ortalama, rms, maksimum ve minimum değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 5a-b'de görülmektedir. Her iki model üzerinde de, çatı ön kenarlarından itibaren akış ayrılması nedeniyle, çatı ön yüzeylerinde daha etkili olmak üzere çatılar üzerinde negatif basınç alanları oluşmaktadır. Küçük bina modeli üzerinde ölçülen ortalama basınç katsayısı dağılımı, Easom [18] tarafından ölçülmüş ortalama basınç dağılımıyla uyum içerisindedir (Şekil 5a). Büyük bina modelinin çatısı üzerindeki kritik negatif basınçlar çatı ön kenarının yanı sıra çatı sırtında da etkili olmaktadır (Şekil 5b). Çatılar üzerindeki yerel basınçların minimum pik değerleri, ortalama değerlerin yaklaşık % 30 altındadır.



Şekil 5. $\theta = 90^\circ$ için orta eksen boyunca akış yönünde basınç katsayısı değişimleri
(a) Küçük model (b) Büyük model

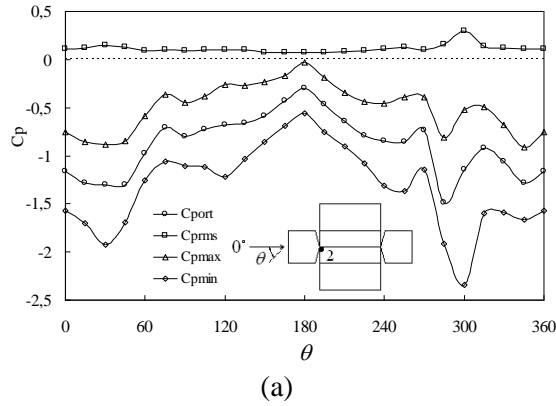
Küçük ve büyük bina modellerinin çatı köşelerinde açılmış 1 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama, rms, maksimum ve minimum basınçların rüzgar açısına göre değişimleri sırasıyla Şekil 6a-

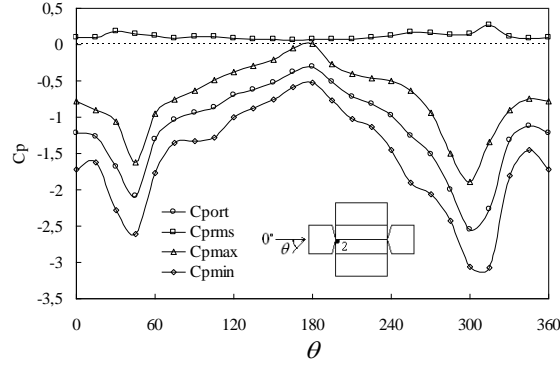
b’de verilmiştir. Küçük bina modeli için, rüzgar tarafındaki ön çatı köşesi yakınında açılmış 1 numaralı basınç deliğinde 15° aralıklarla tüm rüzgar açılarındaki ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısının -3.36 değeriyle, 15° ’lik rüzgar açısında oluştuğu görülmektedir (Şekil 6a). Aynı çatı eğimine sahip büyük bina modelinde ise, 1 numaralı basınç deliğinde ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısı -2.71 değeriyle, 75° ’lik rüzgar açısında oluşmaktadır. Negatif basıncın kritik olduğu bölgelerde basıncın rms değerinde de artış görülmektedir.



Şekil 6. Çatı köşelerinde ölçülmüş yerel basınçların rüzgar geliş açlarına göre değişimleri
(a) Küçük model (b) Büyük model

Şekil 7a-b’de, sırasıyla küçük ve büyük bina modellerinin çatı sırt köşelerinde açılmış 2 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama, rms, maksimum ve minimum basınçların rüzgar açısına göre değişimleri verilmiştir. Küçük bina modelinin 2 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayıları -1.92 ve -2.34 değerleriyle sırasıyla 30° ve 300° ’lik rüzgar açılarındaki gerçekleşmiştir (Şekil 7a). Büyük bina modeli üzerinde aynı basınç deliğinde ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayıları ise -2.60 ve -3.06 değerleriyle 45° ve 315° rüzgar açılarındaki oluşmaktadır (Şekil 7b).



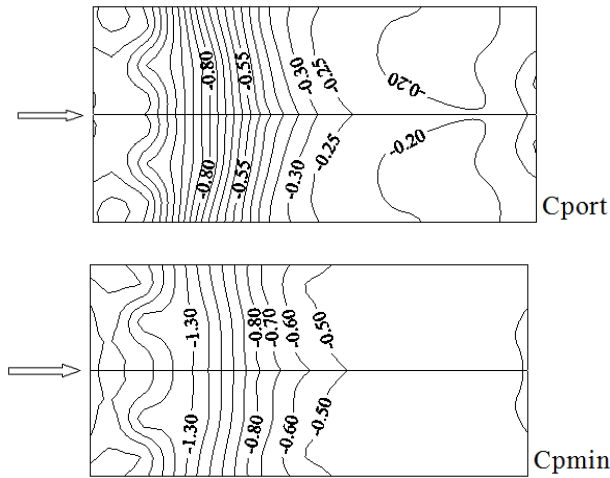


(b)

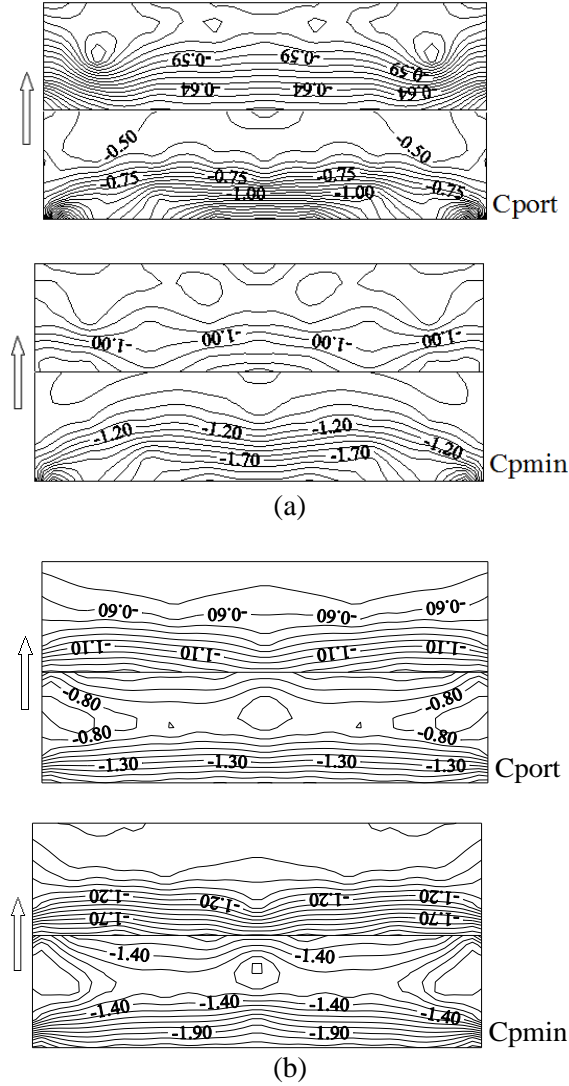
Şekil 7. Çatı sırt köşelerinde ölçülmüş yerel basınçların rüzgar geliş açılarına göre değişimleri (a) Küçük model (b) Büyük model

Şekil 8-10 küçük ve büyük bina modellerinin çatı yüzeyleri üzerindeki yerel basınçların ortalama ve minimum değerlerini eş basınç alanları şeklinde, sırasıyla, 0° , 45° ve 90° 'lik rüzgar geliş açılarına göre göstermektedir. 0° rüzgar açısı için Şekil 8a'da küçük model için verilen ölçümlerin sonuçlarına göre, çatının tümü üzerindeki basınç alanı negatif olmaktadır. Kritik basınç katsayısı değerlerinin, rüzgar tarafındaki çatı köşeleri yakınında ortalama -0.80 ve minimum -1.30 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Hem ortalama hem de minimum basınç katsayılarının ölçüm yapılan tüm noktalarda negatif değerler alması, çatı üzerinde bir emme etkisinin olduğunu göstermektedir. Çatı ön kenarında kritik olan bu etki çatının arka kenarına doğru ilerledikçe azalmaktadır. Aynı rüzgar açısındaki büyük model durumunda ise, çatı üzerindeki ortalama basınçlar -1.30 ve -0.30, minimum basınçlar ise -1.50 ile -0.80 aralığında oluşmaktadır. Küçük model üzerindeki basınç dağılımına benzer şekilde büyük model üzerinde de çatı ön kenarında kritik olan emme etkisi çatı arka kenarına doğru ilerledikçe azalmaktadır (Şekil 8b).

Şekil 9a'da, 45° rüzgar açısı için küçük modele ait ortalama ve minimum yerel basınç dağılımları verilmektedir. Çatı üzerindeki kritik değerler, rüzgar tarafındaki çatı ön sırt köşesi yakınında ortalama -1.15 ve minimum -1.60 olarak ölçülmüştür. Rüzgar tarafındaki ön beşik, sırt ve ön saçak bölgesi emme etkisinin en kritik olduğu bölgelerdir. Çatı arka yüzeyindeki emme ön yüzeye göre daha zayıf olmaktadır. Şekil 9b'de aynı rüzgar açısı için verilen büyük modele ait basınç dağılımları değerlendirildiğinde kritik değerlerin ortalama -1.20 ve minimum -1.50 olarak rüzgar tarafındaki çatı sırtı yakınında oluştuğu görülmektedir.



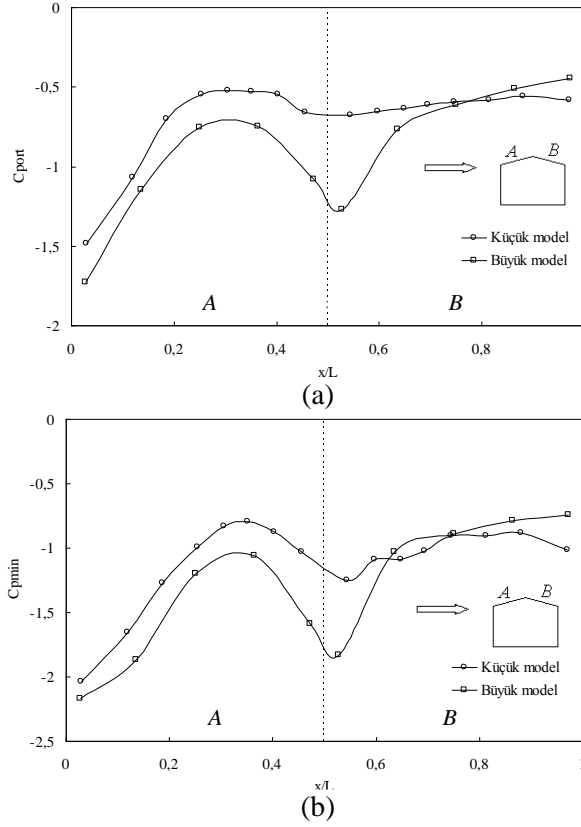
(a)



Şekil 10. $\theta = 90^\circ$ rüzgar geliş açısında 15° eğimli çatının yüzeyindeki eş basınç alanları
(a) Küçük model (b) Büyük model

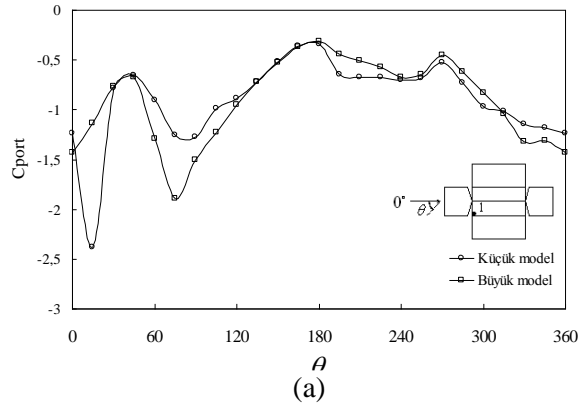
Şekil 10a'da, 90° lik rüzgar açısında küçük model için yapılan ölçümler verilmiştir. Model üzerindeki kritik ortalama ve minimum basınç katsayıları, rüzgar tarafındaki çatı kenarı yakınında sırasıyla -1 ve -1.70 olarak gerçekleşmiştir. Rüzgar tarafındaki çatı ön ve yan kenarları boyunca emme etkisi çatı yüzeyinin arka bölümüne göre daha kritiktir. Aynı rüzgar açısındaki büyük model durumunda, ortalama basınçlar ön yüzeyde -1.30 ile -0.80 ve arka yüzeyde -1.10 ile -0.60 aralıklarında, minimum basınçlar ise ön yüzeyde -1.90 ile -1.40 ve arka yüzeyde -1.70 ile -1.20 aralıklarında oluşmaktadır (Şekil 10b).

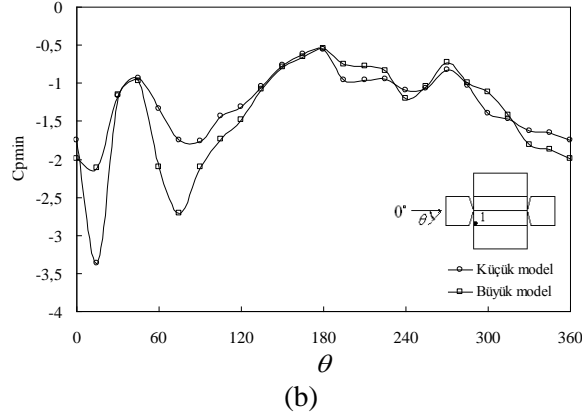
$\theta = 90^\circ$ lik rüzgar açısında iki modelin orta eksenleri boyunca akış yönündeki yüzey basınçlarının ortalama ve minimum değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 11a-b'de görülmektedir. Hem ortalama hem de minimum basınç dağılımları değerlendirildiğinde büyük model üzerindeki emme basınçları küçük model üzerindeki değerlere göre daha kritik olmakta, özellikle çatı sırtında emme etkileri arasında büyük fark oluşmaktadır. Çatı kenarlarında yaklaşık %20 civarında olan fark çatı sırtında %50 seviyesine ulaşmaktadır. Eş basınç alanı grafiklerinde de gözlenen bu fark blokaj etkisi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu durum büyük model yüzeylerinde ölçülen basınçların blokaj etkisi nedeniyle düzeltilmesi ihtiyacını zorunlu kılmaktadır.



Şekil 11. $\theta = 90^\circ$ için orta eksen boyunca akış yönünde iki modele ait basınç katsayısı değişimleri
(a) Ortalama (b) Minimum

Küçük ve büyük bina modellerinin çatı köşelerinde açılmış 1 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama ve minimum basınçların rüzgar açısına göre değişimleri sırasıyla Şekil 12a-b’de verilmiştir. Hem ortalama hem de minimum basınç dağılımları, iki bina modeline ait basınç değerleri arasındaki farkın kritik rüzgar açıları ortaya çıktığını ve yaklaşık %50 düzeyinde olduğunu göstermektedir. Kritik olmayan rüzgar açıları basınç dağılımlarının benzer olduğu görülmektedir.





Şekil 12. Çatı köşelerinde iki modele ait yerel basınçların rüzgar geliş açalarına göre değişimleri (a) Ortalama (b) Minimum

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, bina rüzgar yükleri üzerinde blokaj etkisinin araştırılması amacıyla, farklı boyutlara sahip 15° eğimli beşik çatılı iki bina modelinin çatı yüzeylerindeki basınç dağılımları deneysel olarak incelenmiştir. Her iki model üzerinde de, çatı ön kenarlarından itibaren akış ayrılması nedeniyle, çatı ön yüzeylerinde daha etkili olmak üzere çatılar üzerinde negatif basınç alanları oluşmaktadır. Büyük bina modelinin çatısı üzerindeki kritik negatif basınçlar çatı ön kenarının yanı sıra çatı sırtında da etkili olmaktadır. Modeller üzerinde tüm rüzgar açılarında ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısı -3.36 değeriyle, 15° lik rüzgar açısında küçük model üzerinde oluşmaktadır. Çatılar üzerindeki yerel basınçların minimum pik değerleri, ortalama değerlerin yaklaşık % 30 altındadır. Negatif basınçların kritik olduğu bölgelerde basıncın rms değerlerinde de artış olmaktadır. $\theta=0^\circ$ lik rüzgar açısında, çatıların ön kenarlarında kritik olan emme etkisi çatıların arka kenarlarına doğru ilerledikçe azalmaktadır. $\theta=45^\circ$ lik rüzgar açısında, rüzgar tarafındaki ön beşik, sırt ve ön saçak bölgeleri emme etkisinin en kritik olduğu bölgelerdir. Çatıların arka yüzeylerindeki emme ön yüzeylere göre daha zayıf olmaktadır. $\theta=90^\circ$ lik rüzgar açısında ise, rüzgar tarafındaki çatı ön ve yan kenarları boyunca emme etkisi çatıların yüzeylerinin arka bölümlerine göre daha kritiktir. Çatılar üzerinde en kritik ortalama ve minimum pik basınçlar rüzgar tarafındaki çatı köşeleri ve sırt köşelerinde oluşmaktadır. Hem ortalama hem de minimum basınç dağılımları değerlendirildiğinde büyük model üzerindeki emme basınçları küçük model üzerindeki değerlere göre daha kritik olmakta, özellikle çatı sırtında emme yükleri arasında büyük fark oluşmaktadır. Çatı kenarlarında yaklaşık %20 civarında olan bu fark çatı sırtında %50 seviyesine ulaşmaktadır. Eş basınç alanı grafiklerinde de gözlenen bu fark blokaj etkisi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu durum büyük model yüzeylerinde ölçülen basınçların blokaj etkisi nedeniyle düzeltilmesi ihtiyacını zorunlu kılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Awbi HB. Wind tunnel wall constraint on two-dimensional rectangular section prisms. J Wind Eng Ind Aerod 1978; 3(4): 285-306.
- [2] Kirrane PP, Steward SJ. The effect of blockage on shear flow in the wind tunnel. Thesis, Department of Aeronautical Engineering, University of Bristol, No: 221, 1978.
- [3] Cherry NJ. The effects of stream turbulence on a separated flow with reattachment. PhD, Imperial College, University of London, 1982.
- [4] Saathoof PJ, Melbourne WH. Freestream turbulence and wind tunnel blockage effects on streamwise surface pressures. J Wind Eng Ind Aerod 1987; 26: 353-370.

- [5] Cook NJ. The Designer's Guide to Wind Loading of Building Structures. Part II: Static Structures, London, UK: Butterworths, 1990.
- [6] Noda M, Utsunomiya H, Nagao F. Basic study on blockage effects in turbulent boundary layer flows. *J Wind Eng Ind Aerod* 1995; 55: 645-656.
- [7] Qilin Y. Error analysis and correction for wind tunnel testing data. National Defence Industry Press, Beijing, 1996.
- [8] Jorge MFG. Blockage effect on circular cylinders and its wake. VKI Project Report, No: 9, 2004.
- [9] Wang L, Liang SG, Tang HQ, Song WW. Investigation on wind tunnel blockage effect of super high-rise building. The Seventh International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBAA7), Shanghai, China, 2012.
- [10] Kind RJ. Worst suctions near edges of flat rooftops with parapets. *J Wind Eng Ind Aerod* 1988; 31: 251-264.
- [11] Kanda M, Maruta E. Characteristics of fluctuating wind pressure on long low-rise buildings with gable roofs. *J Wind Eng Ind Aerod* 1993; 50: 173-182.
- [12] Case PC, Isyumov N. Wind loads on low buildings with 4:12 gable roofs in open country and suburban exposures. *J Wind Eng Ind Aerod* 1998; 77-78: 107-118.
- [13] Uematsu Y, Isyumov N. Wind pressures acting on low-rise buildings. *J Wind Eng Ind Aerod* 1999; 82: 1-25.
- [14] Ginger JD, Reardon GF, Whitbread BJ. Wind load effects and equivalent pressures on low-rise house roofs. *Eng Struct* 2000; 22: 638-646.
- [15] Prasad D, Uliate T, Ahmed MR. Wind loads on low-rise building models with different roof configurations. *Fluid Mec Res* 2009; 36(3): 231-243.
- [16] Gavanski E, Kordi B, Kopp GA, Vickery PJ. Wind loads on roof sheathing of houses. *J Wind Eng Ind Aerod*. 2013; 114: 106–121.
- [17] Holman JP. *Experimental Methods for Engineers*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1994.
- [18] Easom G. Improved turbulence models for computational wind engineering, PhD, School of Civil Engineering, The University of Nottingham, 2000.