

45° EĞİME SAHİP BEŞİK VE KIRMA ÇATILAR ÜZERİNDEKİ RÜZGÂR YÜKLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Yücel Özmen *

Doç. Dr.,
KTÜ, Makina Mühendisliği Bölümü,
Trabzon
yozmen@ktu.edu.tr

Ertan Baydar

Prof. Dr.,
KTÜ, Makina Mühendisliği Bölümü,
Trabzon
baydar@ktu.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada, bina çatılarını hasara uğratabilen rüzgâr yüklerinin araştırılması amacıyla, 45° eğime sahip beşik ve kırma çatılı bina modelleri yüzeylerindeki basınç dağılımları deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel rüzgâr 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, beşik ve kırma çatılı iki bina modeli üzerinde farklı rüzgâr geliş açılarına göre ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilerek emme etkilerinin kritik olduğu bölgeler belirlenmiştir. Kırma çatı üzerindeki emme etkisinin, beşik çatıya göre daha düşük olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Atmosferik sınır tabaka, beşik çatı, kırma çatı, basınç katsayısı, emme yükü

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF WIND LOADS ON 45° PITCHED GABLE AND HIP ROOFS

ABSTRACT

In this study, flow fields around a low-rise building model with 45° pitched gable and hip roofs have been investigated experimentally in order to search the wind loads that can damage the building roofs. 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 building models having gable and hip roofs immersed in boundary layer in detail for various wind directions to observe critical suction zones on the roof surfaces. It is found that suction effect on the hip roof is lower than suction effect on the gable roof.

Keywords: Atmospheric boundary layer, gable roof, hip roof, pressure coefficient, suction loads

* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 19.01.2015

Kabul tarihi : 09.06.2015

Özmen, Y., Baydar, E. 2015. "45° Eğime Sahip Beşik ve Kırma Çatılar Üzerindeki Rüzgâr Yüklerinin Deneysel İncelenmesi," Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 665, s. 53-61.

1. GİRİŞ

Rüzgârın bina çatıları üzerinde meydana getirdiği etkiler, bina çatı geometrileri ile yakından ilgilidir. Binaların çatı geometrilerindeki farklılık rüzgâr-çatı etkileşiminin de farklı olmasına yol açmaktadır. Bu etkilerin değerlendirilebilmesi ve kalıcı çözümlerin ortaya koyulabilmesi için, değişik tipteki çatılar üzerindeki rüzgâr yüklerinin ayrıntılı bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Rüzgâr kaynaklı hasar raporlarına göre, beşik tipi çatıları olan alçak binalar rüzgâr 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. Literatürde çatıların aerodinamiğine yönelik araştırmaların çoğu basınç dağılımları ile ilgilidir.

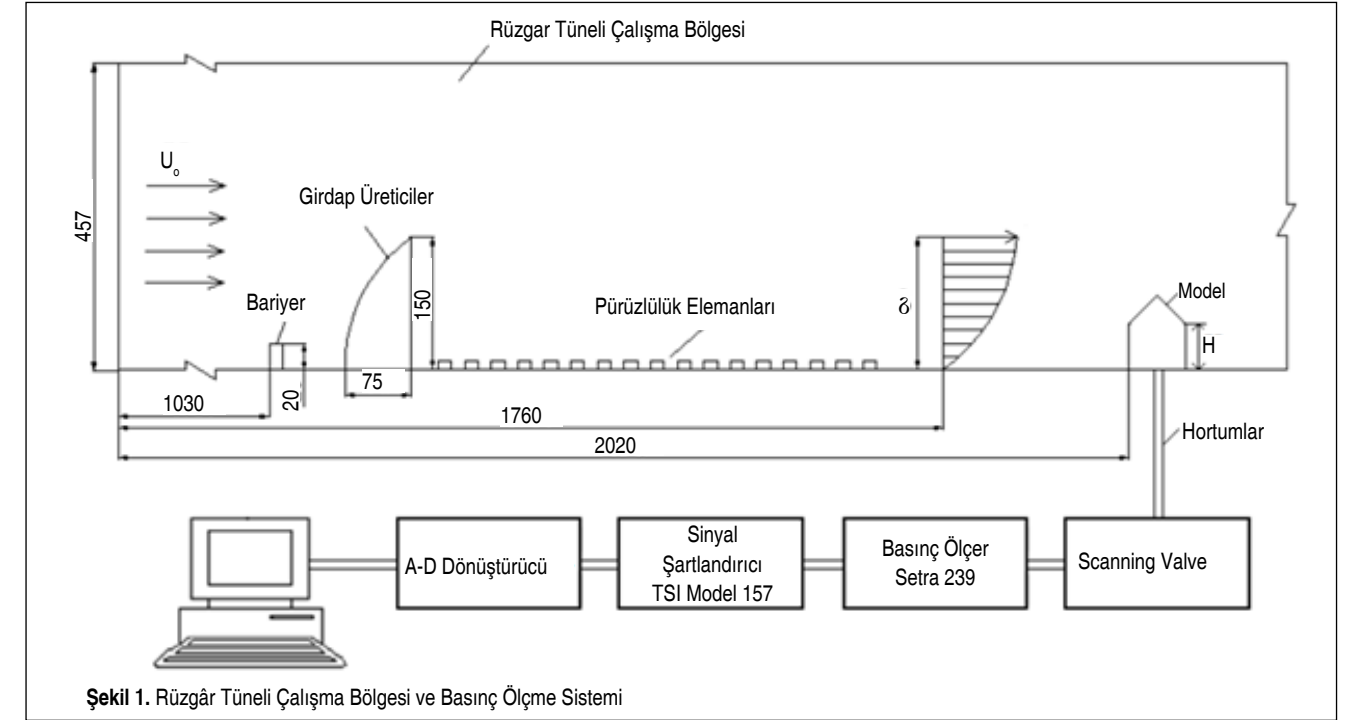
Davenport ve Surry [1], alçak bina çatıları üzerindeki basınç dağılımlarını inceleyerek, ortalama ve minimum basınç katsayılarının düz arazilerde, pürüzlü arazilerden daha küçük olduğunu göstermişlerdir. Çatı üzerindeki ortalama basınçların, rüzgârın çatı sırtına açılı gelmesi durumunda, çatı sırtına dik veya paralel gelme durumuna göre daha kritik olduğunu ortaya koymuşlardır. Stathopoulos [2], dört farklı eğim açısına sahip beşik çatı modellerini incelediği çalışmada, eğim açısı değişikçe, çatı basınç dağılımlarında farklar oluştuğunu, çatı sırtında akış ayrılmasının meydana geldiğini ve çatı eğiminin bir fonksiyonu olarak basınç değişikliklerinin akış ayrılmasıyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Kind [3], rüzgâr tüneline 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. Meecham ve arkadaşları [4], kırsal ve kentsel arazi şartlarında, kırma ve beşik çatılar üzerindeki rüzgâr basınç dağılımlarını belirlemek üzere rüzgâr tüneli deneyleri yapmışlardır. Ortalama ve çalkantı basıncı ölçümlerinden, yerel negatif basınçlar açısından aynı geometri ve aynı rüzgâr hızında kırma çatıların beşik çatılardan %50 daha avantajlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Kanda ve Maruta [5], beşik çatıya sahip uzun alçak binalar üzerindeki ortalama ve pik rüzgâr basınç karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Bina tasarım değerlerine karar vermek için, 0°'lik rüzgâr açısının geçerli olmadığını, ortalama ve pik basınçların kritik negatif değerlerinin 45°'lik rüzgâr açısında çatı arka yüzeyinde oluştuğunu ifade etmişlerdir. Case ve Isyumov [6], eşit yükseklik ve genişliğe sahip farklı uzunluktaki beşik çatılı üç alçak bina modelini, 1:100 ölçekli olarak sınır tabaka rüzgâr tüneline test etmişlerdir. Farklı rüzgâr açıları ve farklı arazi şartları için anlık yüzey basınçlarını ölçerek, kentsel arazi koşullarında rüzgâr yüklerinin açık kırsal arazi koşullarına göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Xu ve Reardon [7], 15°, 20°, ve 30° çatı eğimindeki üç kırma çatılı bina modeli üzerindeki basınç dağılımlarını ölçerek, beşik çatı sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Ortalama ve pik basınç ölçümlerinden,

çatı eğiminin basınç dağılımını etkilediğini bulmuşlardır. Alçak binalar üzerindeki rüzgâr basınçları ile ilgili bir literatür çalışması, Uematsu ve Isyumov [8] tarafından sunulmuştur. Ginger ve arkadaşları [9], tipik bir alçak bina çatısı üzerindeki ortalama ve pik basınç dağılımlarını, 1:50 ölçekli rüzgâr tüneli model çalışması ile belirlemişlerdir. En kritik rüzgâr yüklerinin rüzgâr tarafındaki çatı kenarına yakın bölgede oluştuğunu bulmuşlardır. Ahmad ve Kumar [10], kırma çatılara sahip alçak bina modelleri üzerindeki rüzgâr basınçlarına çatılardaki geometrik değişikliklerin etkisini rüzgâr tüneli çalışmasıyla incelemişlerdir. Ginger ve Holmes [11], yüksek eğime sahip beşik çatılı bir bina modeli üzerindeki basınç dağılımlarını deneysel olarak belirlemişlerdir. Negatif basınç katsayılarının rüzgârın açılı olması durumunda daha kritik olduğunu ortaya koymuşlardır. Quan ve arkadaşları [12], 0° ~ 45° eğim açısı aralığına sahip beşik çatılı alçak bina modelleri üzerindeki basınç dağılımlarını kentsel arazi şartlarında elde etmişlerdir. Prasad ve arkadaşları [13], 15°, 20°, 30° ve 45° eğim açılına 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. Beşik çatılı bir bina modeli üzerindeki rüzgâr yüklerinin rüzgâr tüneli testleriyle incelendiği bir çalışma, John ve arkadaşları [14] tarafından yapılmıştır. Kasırga etkisindeki beşik çatılı bir bina modeli etrafında akış alanı ve rüzgâr yükleri arasındaki etkileşimi incelemeyi amaçlayan bir diğer çalışma, Hu ve arkadaşları [15] tarafından gerçekleştirilmiştir. Huang ve arkadaşları [16], eğim açısı 0°-30° arasında değişen beşik çatılı alçak binalar üzerindeki rüzgâr yüklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Gerçek ölçekli test binası üzerinde ve rüzgâr tüneline model ölçekli bina üzerinde ölçülen ortalama ve çalkantı basınç dağılımlarının birbirine benzer olduğunu bulmuşlardır. Gavanski ve arkadaşları [17], çatı tipi, çatı eğimi, bina yüksekliği ve arazi tipi gibi parametrelerin alçak bir bina modeli üzerindeki basınç dağılımlarına etkisini deneysel olarak incelemişler, çatı tipinin ve arazi tipinin basınç dağılımlarını büyük ölçüde etkilediklerini belirlemişlerdir.

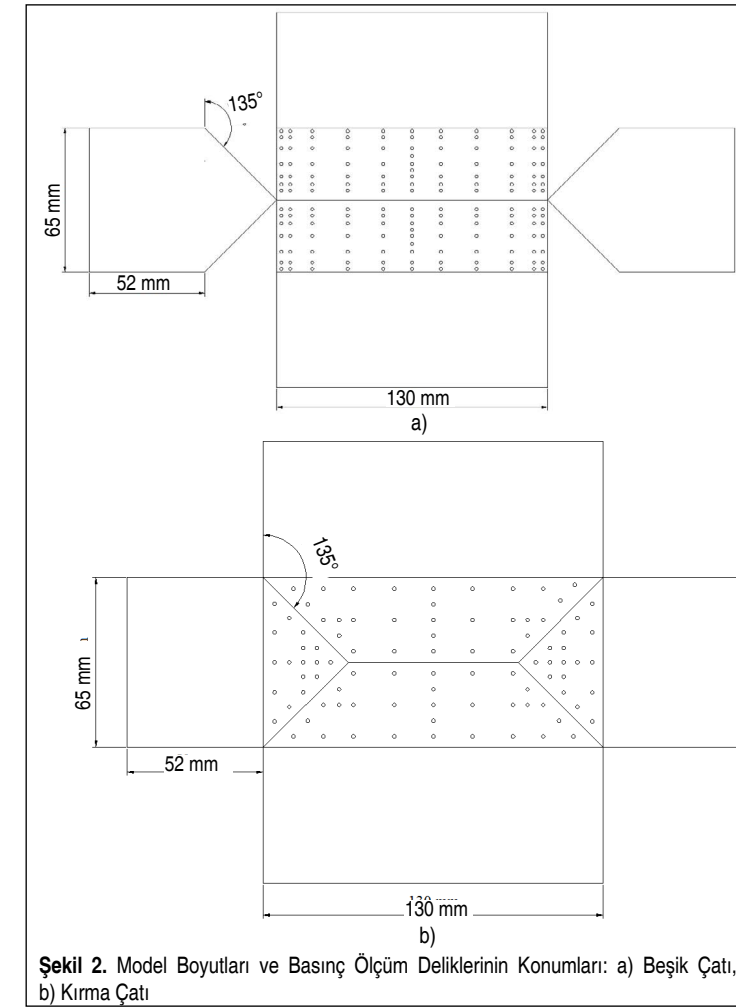
Bu çalışmada, 45° eğime sahip beşik ve kırma çatılı bina modellerinin yüzeylerindeki basınç dağılımlarının deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Çatı geometrisindeki farklılığın bina modelleri üzerindeki basınç dağılımına etkisini belirlemek amacıyla, yerel yüzey basıncının ortalama ve çalkantı değerleri, farklı rüzgâr geliş açılarına göre ayrıntılı bir şekilde elde edilmiştir. Basınç dağılımlarından, çatı yüzeylerinde basıncın negatif pik değerler aldığı kritik bölgeler belirlenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler için, Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Laboratuvarında bulunan üfleme, açık devreli rüzgâr tüneli kullanılmıştır. Şekil 1'de



Şekil 1. Rüzgâr Tüneli Çalışma Bölgesi ve Basınç Ölçme Sistemi



Şekil 2. Model Boyutları ve Basınç Ölçüm Deliklerinin Konumları: a) Beşik Çatı, b) Kırma Çatı

görülen tünel test bölgesi boyunca bariyer, girdap üretici ve pürüzlülük elemanları kombinasyonu kullanılarak, $\delta=150$ mm yüksekliğinde atmosferik bir sınır tabaka oluşturulmuştur. Çalışmada, yüksekliği $H=52$ mm, genişliği $W=65$ mm ve uzunluğu $L=130$ mm olan $\alpha=45^\circ$ çatı eğimine sahip beşik ve kırma çatılı iki bina modeli kullanılmıştır (Şekil 2). Bina modelleri, Belgian Building Research Institute (BBRI) test binasının 1:100 ölçekli iki modeli olarak belirlenmiştir. Model çatı yüzeyindeki yerel basıncın ortalama ve çalkantı değerlerinin ölçülebilmesi için, model çatı yüzeylerine açılan 1 mm çaplı deliklere basınç ölçüm prizleri yerleştirilmiştir. Özellikle çatı köşeleri ve çatı sırtı gibi kritik bölgelerde ölçüm noktaları yoğunlaştırılmıştır. Basınç prizlerinin basınçölçere 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 rüzgâr açılarında (θ) gerçekleştirilmiştir. Ortalama ve çalkantı basıncı ölçümlerindeki belirsizlikler, sırasıyla $\pm\%3$ ve $\pm\%4,5$ mertebesinde (Holman [18]).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Atmosferik sınır tabaka akışında ölçülen referans ortalama hız ve türbülans hız profilleri, Şekil 3'te 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. Çalışmada, model yüksekliğine bağlı Reynolds sayısı 52000 değerindedir. Model yüzeylerindeki basınç dağılımları üzerinde Reynolds sayısının etkisini araştırmak amacıyla farklı akış hızlarında ölçümler yapılmıştır. Basınç dağılımlarının Reynolds sayısından etkilenmediği ve akış alanının Reynolds sayısından bağımsız olduğu görülmüştür. Bu nedenle deneyler, kritik rüzgâr etkisi oluşturan bir serbest akış hız değeri olarak 15 m/s'de gerçekleştirilmiştir.

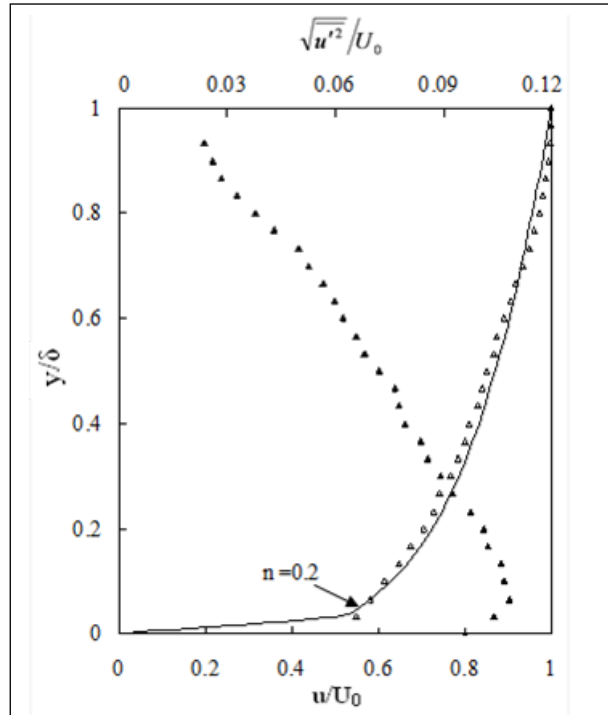
Bina modelleri üzerindeki yüzey basınçları, boyutsuz basınç katsayıları şeklinde değerlendirilmiştir.

Boyutsuz ortalama basınç katsayısı,

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

Çalkantı basınç katsayısı (rms),

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



Şekil 3. Referans Sınır Tabaka Hız ve Türbülans Profilleri

Maksimum pik basınç katsayısı,

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

Minimum pik basınç katsayısı,

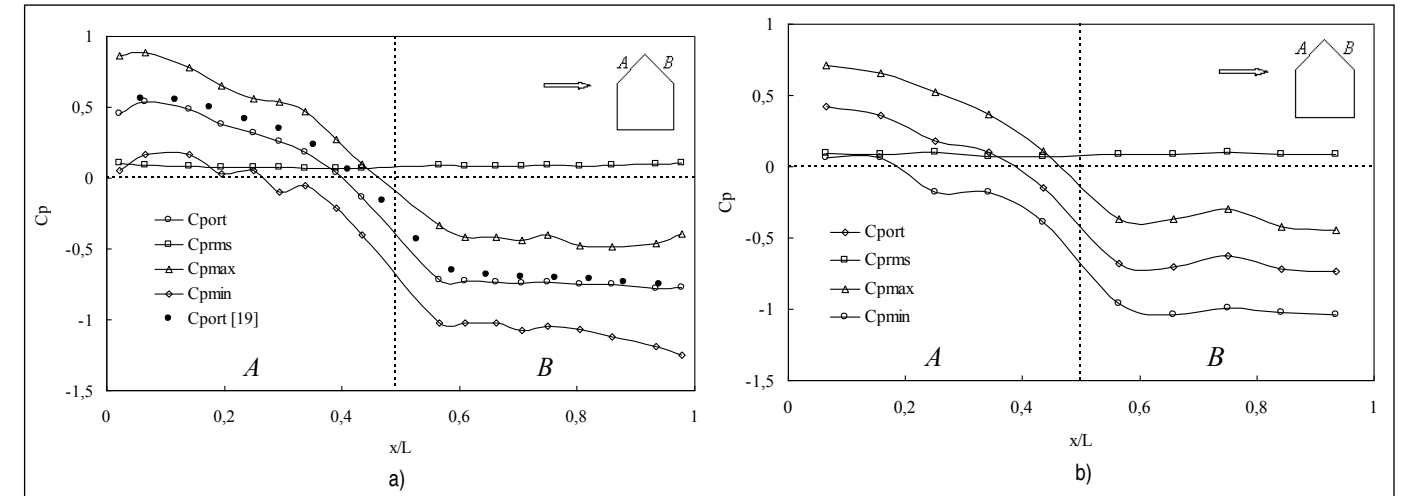
$$\check{C}_p = \frac{\check{P} - P_s}{\rho U^2 / 2} \quad (4)$$

bağıntılarıyla hesaplanmıştır. Bu bağıntılarda \bar{P} , yerel ortalama yüzey basıncını; \hat{P} , yüzey basıncının çalkantı bileşenini; \check{P} , maksimum pik basıncı; \tilde{P} , minimum pik basıncı ve P_s , atmosferik basıncı ifade etmektedir.

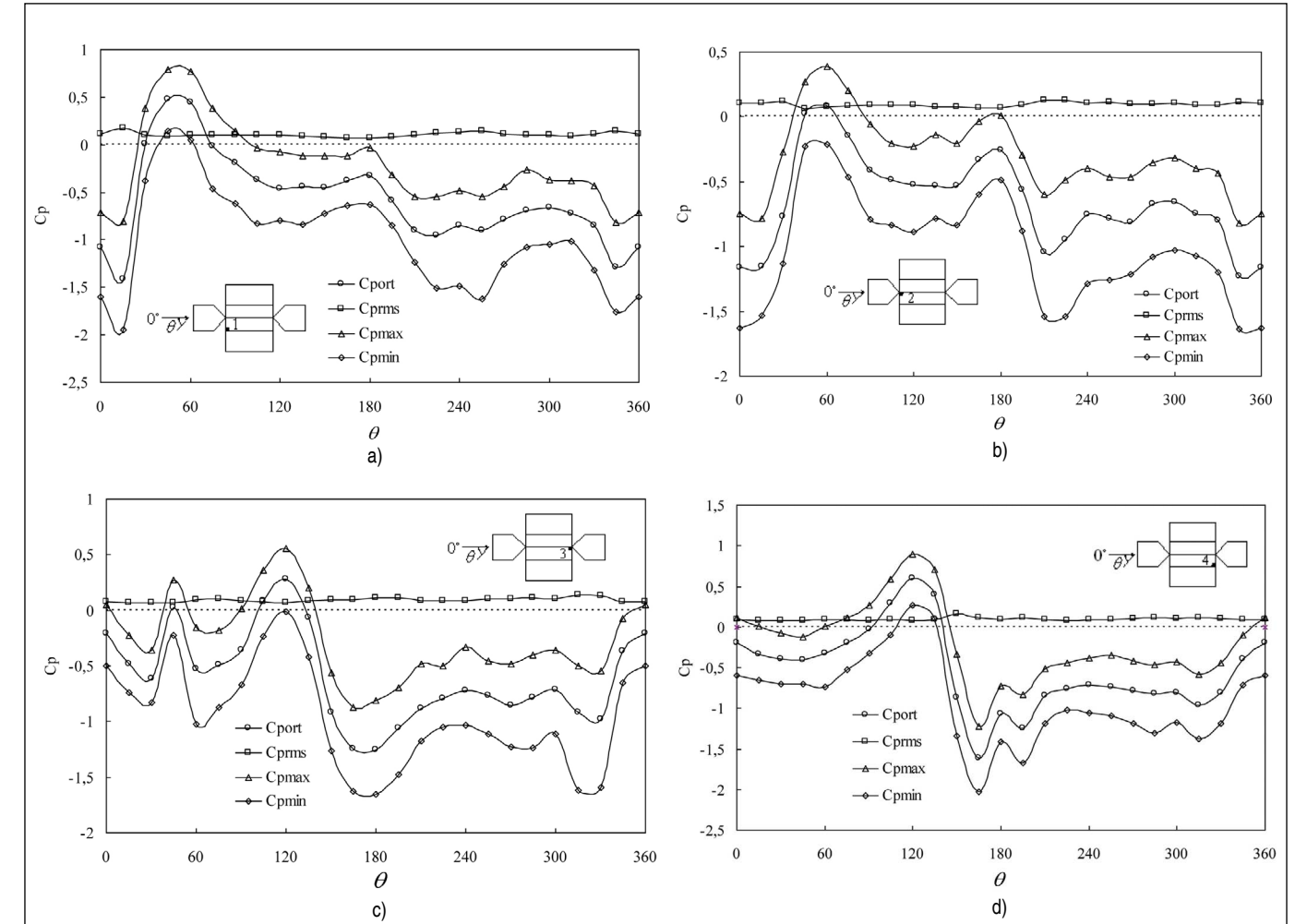
45° eğimli beşik ve kıрма çatılı bina modellerin orta eksenleri boyunca yüzey basınçlarının ortalama, rms, maksimum ve minimum değerlerinin değişimi, sırasıyla Şekil 4a-b'de görülmektedir. Rüzgâra doğrudan maruz kalan çatı ön yüzeylerinin büyük bölümünde basınç dağılımları pozitif olmaktadır. Çatı sırtından itibaren akış ayrılması nedeniyle, çatı arka yüzeylerinde negatif basınç alanları oluşmaktadır. Beşik çatı üzerinde ölçülen ortalama basınç katsayısı dağılımı, Parmentier ve arkadaşları [19] tarafından ölçülmüş, ortalama basınç dağılımıyla uyum içerisinde.

Şekil 5a-d'de, beşik çatılı bina modelinin çatı ve sırt köşelerinde açılmış 1, 2, 3 ve 4 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama, rms, maksimum ve minimum basınçların rüzgâr açısına göre değişimleri verilmiştir. Rüzgâr tarafındaki ön çatı köşesi yakınında açılmış 1 numaralı basınç deliğinde 15° aralıklarla tüm rüzgâr açıları ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısının -1,95 değeriyle, 15°'lik rüzgâr açısında oluştuğu görülmektedir. Rüzgâr tarafındaki ön çatı sırt köşesi yakınında açılmış 2 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayıları -1,62 ve -1,54 değerleriyle, sırasıyla 0° ve 225°'lik rüzgâr açıları gerçekleşmiştir. Rüzgâr tarafında olmayan çatı sırt köşesi yakınında açılmış 3 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayıları -1,65 ve -1,61 değerleriyle, sırasıyla 180° ve 315°'lik rüzgâr açıları oluşmaktadır. Rüzgâr tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınındaki 4 numaralı basınç deliğinde ise en kritik minimum basınç katsayısının -2,02 değeriyle, 165°'lik rüzgâr açısında oluştuğu görülmektedir. Rüzgâr tarafında çatı ve sırt köşelerinde ölçülmüş (1 ve 2 numaralı basınç delikleri) basınç değerleri, arka kısımdaki çatı ve sırt köşelerinde ölçülmüş (3 ve 4 numaralı basınç delikleri) değerlerle, rüzgâr geliş açıları dikkate alındığında benzerlik göstermektedir.

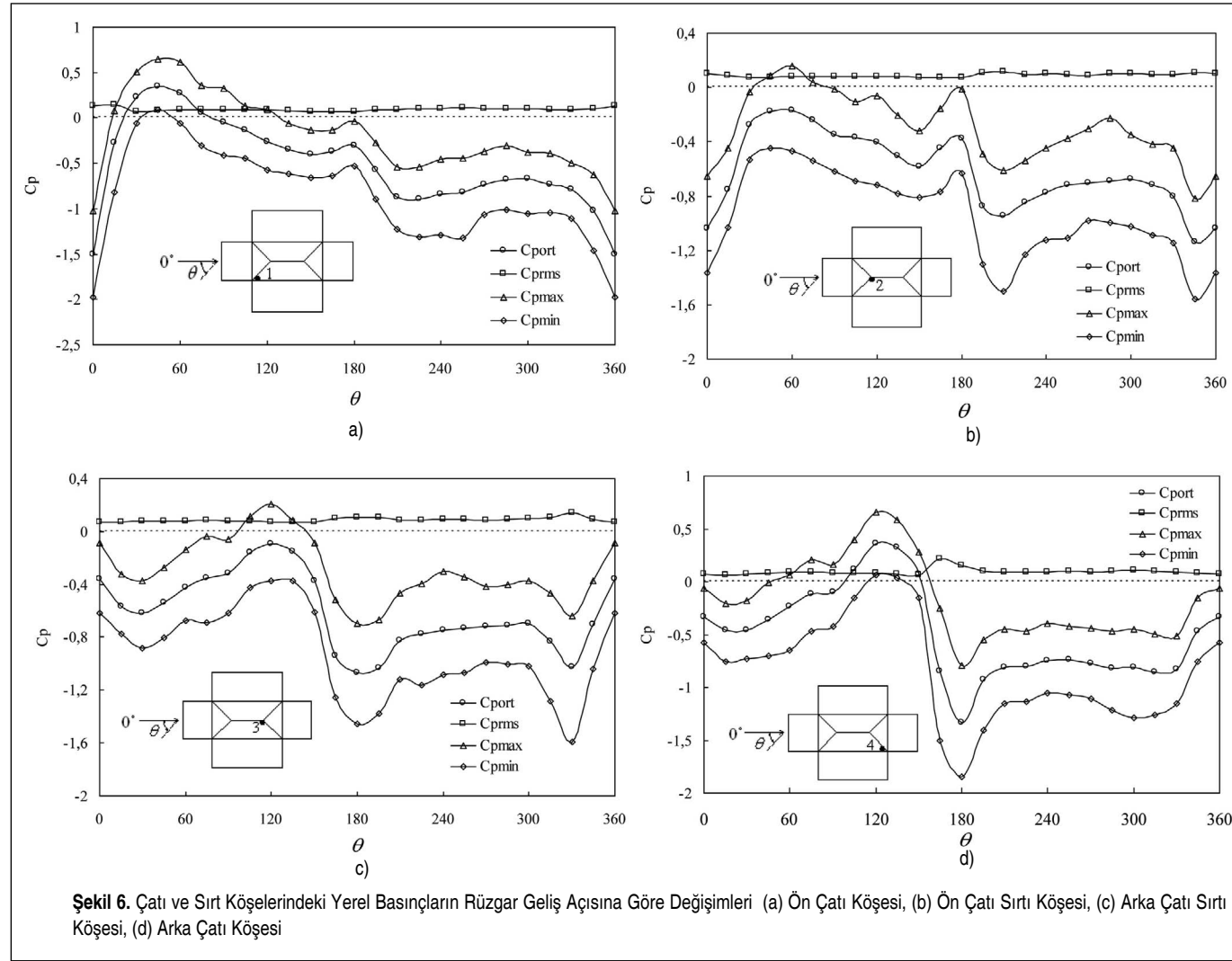
Şekil 6a-d'de, kıрма çatılı bina modelinin çatı ve sırt köşelerinde açılmış 1, 2, 3 ve 4 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama, rms, maksimum ve minimum basınçların rüzgâr açısına göre değişimleri verilmiştir. Rüzgâr tarafındaki



Şekil 4. $\theta = 90^\circ$ için Model Orta Ekseni Boyunca Akış Yönünde Basınç Katsayısı Değişimi: a) Beşik Çatı, b) Kıрма Çatı



Şekil 5. Çatı ve Sırt Köşelerindeki Yerel Basınçların Rüzgâr Geliş Açısına Göre Değişimleri: a) Ön Çatı Köşesi, b) Ön Çatı Sırtı Köşesi, c) Arka Çatı Sırtı Köşesi, d) Arka Çatı Köşesi

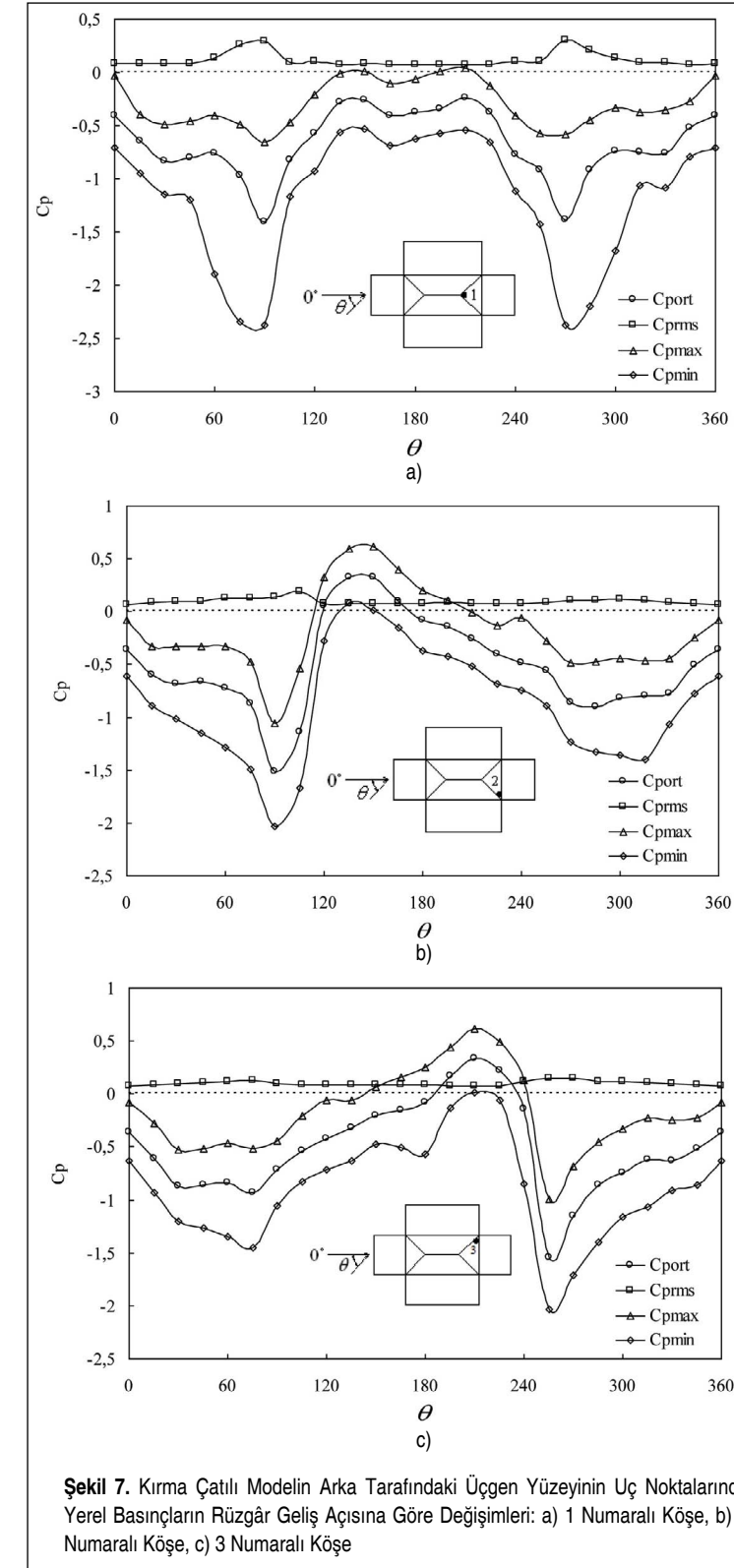


ön çatı köşesi yakınında açılmış 1 numaralı basınç deliğinde 15° aralıklarla tüm rüzgâr açılarındaki ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısının $-1,97$ değeriyle, 0° 'lik rüzgâr açısında oluştuğu görülmektedir. 2 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayısı $-1,6$ değeriyle, 345° 'lik rüzgâr açısında gerçekleşmiştir. 3 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayıları $-1,45$ ve $-1,6$ değerleriyle, sırasıyla 180° ve 330° 'lik rüzgâr açılarındaki oluşmaktadır. 4 numaralı basınç deliğinde ise en kritik minimum basınç katsayısının $-1,84$ değeriyle, 180° 'lik rüzgâr açısında oluştuğu görülmektedir. Beşik çatıdaki duruma benzer şekilde, 1 ve 2 numaralı basınç deliklerinde ölçülmüş basınç değerleri ile 3 ve 4 numaralı basınç deliklerinde ölçülmüş basınç değerleri arasında paralellik mevcuttur.

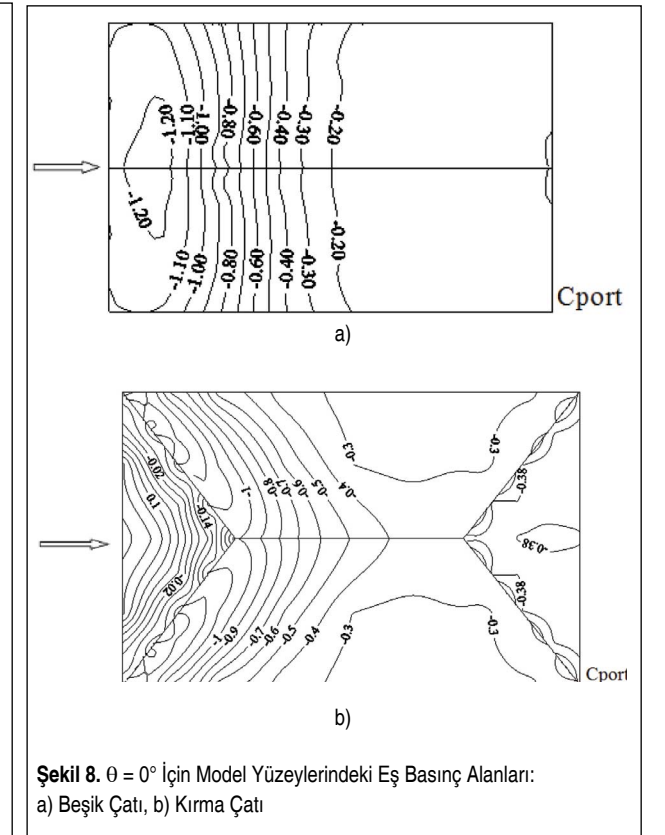
Şekil 7a-c'de, aynı kırma çatılı bina modelinde çatının rüzgâra göre arka tarafındaki üçgen yüzeyinde uç noktalarda ölçülen basınçların rüzgâr açısına göre değişimleri verilmiştir. 1 numaralı basınç deliğinde ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısının $-2,38$ değeriyle, 90° ve 270° rüzgâr açıla-

ında oluştuğu ve bir simetrisinin söz konusu olduğu görülmektedir. 2 ve 3 numaralı basınç deliklerinde ölçülen en kritik minimum basınç katsayıları ise sırasıyla, 90° ve 225° 'lik rüzgâr açılarındaki -2 olarak gerçekleşmiştir. 2 ve 3 numaralı basınç deliklerinde kritik emme basıncının aynı değer olarak ölçülmesi, bu iki noktadaki basınç dağılımlarının aynı formda olduğunu göstermektedir.

Beşik ve kırma çatılı bina modellerinin çatı yüzeylerindeki ortalama basınç dağılımları, $\theta=0^\circ$ rüzgâr geliş açısı için eş basınç alanları şeklinde Şekil 8a-b'de verilmektedir. Beşik çatının tümü üzerindeki basınç alanı negatif olmaktadır. Basınç katsayılarının ölçüm yapılan tüm noktalarda negatif değerler alması, çatılar üzerinde emme etkisinin olduğunu göstermektedir. Beşik çatının ön kenarında beşik boyunca kritik olan bu etki, çatının arka kenarına doğru ilerledikçe azalmaktadır. En kritik ortalama basınç katsayısı değeri, rüzgâr tarafındaki çatı sırt köşesi yakınında $-1,25$ olarak gerçekleşmektedir (Şekil 8a). Rüzgâr tarafındaki ön yüzeyinin bir bölümü dışında, kırma çatılı bina modelinin çatı yüzeylerinde de basınç alanı negatif olmaktadır. Beşik çatıya benzer şekilde, kırma çatının

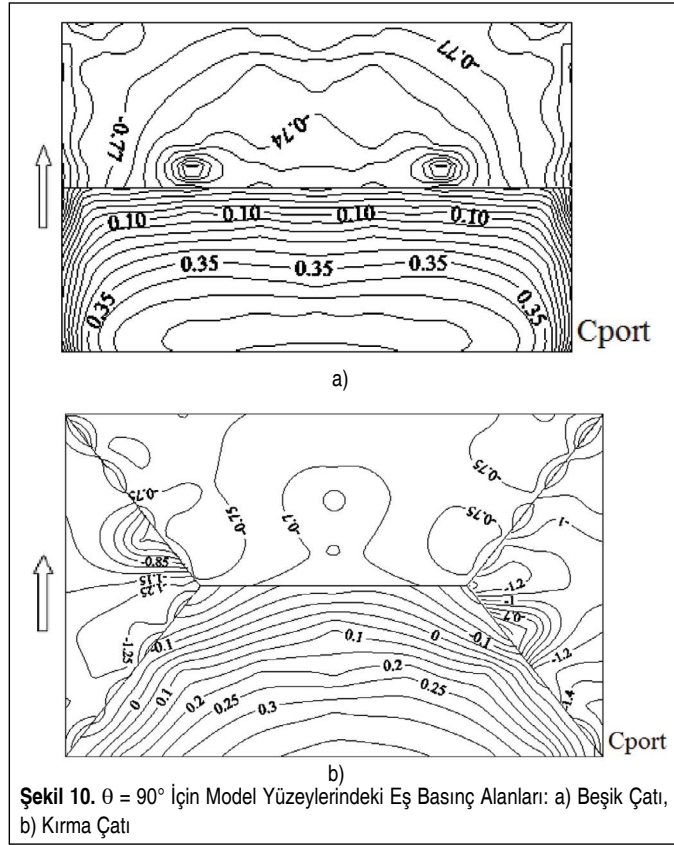
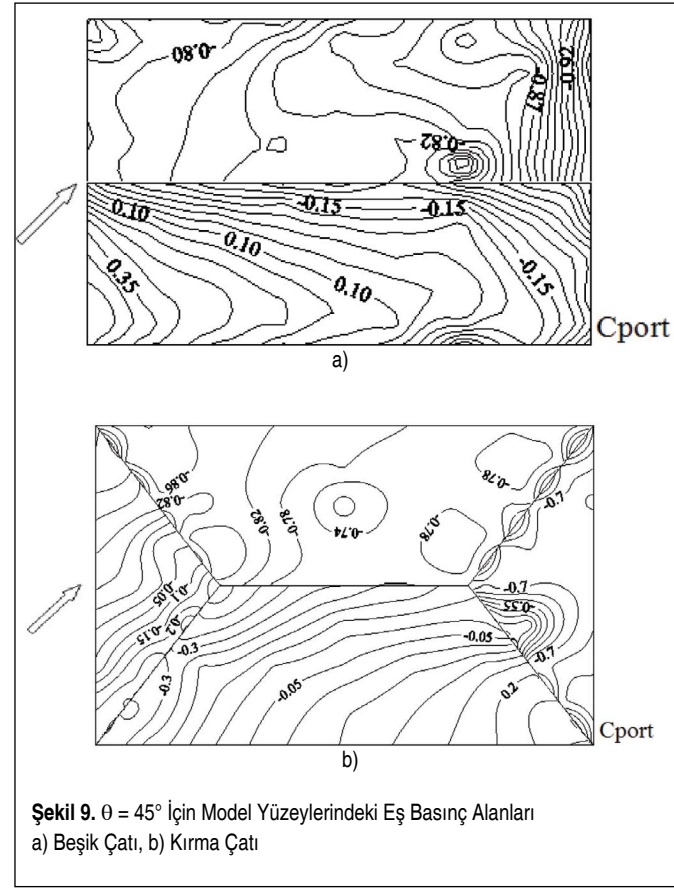


rüzgâra yakın bölümlerinde kritik olan emme etkisi, çatı yan yüzeyleri boyunca ilerledikçe azalmaktadır. En kritik ortalama basınç katsayısı değeri, rüzgâr tarafındaki çatı köşesi yakınında $-1,51$ olarak gerçekleşmektedir (Şekil 8b).



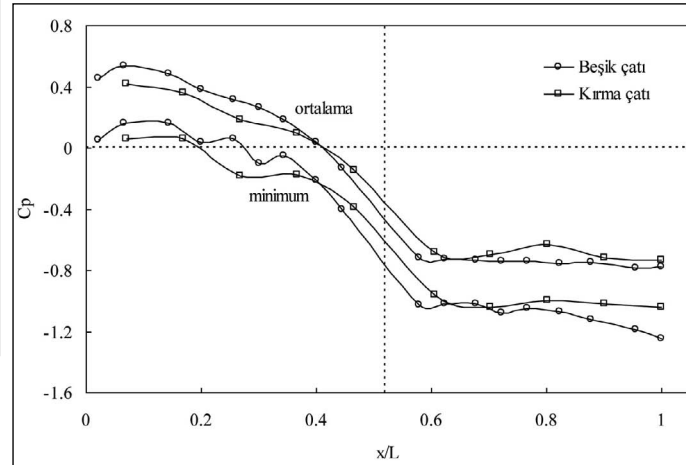
Beşik ve kırma çatılı bina modellerinin yüzeyleri üzerindeki ortalama basınç dağılımları, $\theta=45^\circ$ rüzgâr geliş açısı için eş basınç alanları şeklinde Şekil 9a-b'de verilmektedir. Beşik çatı üzerindeki en kritik değer, rüzgâr tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında ortalama $-0,95$ olarak ölçülmüştür. Çatının rüzgâra göre arka bölgesi, kritik emme etkisi açısından daha riskli olmakta, kritik değerler çatı köşesi ve sırt köşesi yakınında oluşmaktadır (Şekil 9a). Kıрма çatının rüzgâra doğrudan maruz kalan ön yüzeylerinin bazı bölümlerinde pozitif basınç alanları oluşmaktadır. Kıрма çatı üzerindeki en kritik değer, rüzgâr tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında ortalama $-0,86$ olarak ölçülmüştür (Şekil 9b).

Beşik ve kırma çatılı bina modellerinin yüzeyleri üzerindeki ortalama basınç dağılımları, $\theta=90^\circ$ rüzgâr geliş açısı için eş basınç alanları şeklinde Şekil 10a-b'de verilmektedir. Beşik çatı modeli üzerindeki en kritik ortalama basınç katsayısı, rüzgâr tarafında olmayan çatı arka sırt köşeleri yakınında $-0,82$ olarak gerçekleşmiştir. Çatı ön yüzeyinde rüzgârın itme etkisi nedeniyle pozitif basınç alanı oluşmaktadır. Çatı arka yüzeyi ise çatı sırtından ayrılan akış nedeniyle emme etkisi göstermektedir (Şekil 10a). Beşik çatı üzerindeki dağılıma benzer şekilde, kırma çatının rüzgâra doğrudan maruz kalan ön yüzeyinde basınç alanı pozitif olmaktadır. Çatının yan ve arka yüzeylerinde ise akış ayrılması nedeniyle negatif basınç



alanları oluşmaktadır. Kıрма çatının yan üçgen yüzeyleri üzerindeki basınç dağılımları, bu yüzeylerdeki emme etkisinin diğer yüzeylere göre daha kritik olduğunu göstermektedir. Kıрма çatı modeli üzerindeki en kritik ortalama basınç katsayısı, çatı yan yüzeyleri üzerinde -1,4 olarak ölçülmüştür (Şekil 10b).

Şekil 11'de, 45° eğimli beşik ve kıрма çatılı bina modellerinin çatı yüzeyindeki basınç katsayılarının orta eksen boyunca değişimi verilmektedir. Kıрма çatıda ölçülen basınçların beşik çatıya göre, ön yüzeyde daha düşük, arka yüzeyde daha yüksek olduğu görülmektedir. Basınç çalkantılarının minimum değerleri, ortalama basınç dağılımına benzer şekilde, kıрма çatıda daha düşüktür. Özellikle kıрма çatının arka kenarı yakınındaki emme yükü, beşik çatıya göre yaklaşık %20 daha az olmaktadır.



Şekil 11. $\theta = 90^\circ$ Rüzgâr Geliş Açısında 45° Eğimli Beşik ve Kıрма Çatılı Bina Modellerinin Orta Eksenleri Boyunca Ortalama ve Minimum Basınç Katsayısı Değişimleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada, 45° eğime sahip beşik ve kıрма çatılı bina modellerinin yüzeylerindeki basınç dağılımları deneysel olarak incelenmiştir. Çatı geometrisindeki farklılığın bina modelleri üzerindeki basınç dağılımına etkisi belirlenmiştir. Her iki çatı tipinde de rüzgâra doğrudan maruz kalan çatı ön yüzeylerinin büyük bölümünde basınç dağılımları pozitif olmaktadır. Çatı sırtından itibaren akış ayrılması nedeniyle, çatı arka yüzeylerinde negatif basınç alanları oluşmaktadır. Çatılar üzerindeki yerel basınçların minimum pik değerleri, ortalama değerlerin yaklaşık %30 altındadır. Beşik çatı durumunda, rüzgâr taraftaki çatı ve sırt köşelerinde ölçülen en kritik minimum basınç katsayıları 0°, 15° ve 225°'lik rüzgâr açılarında oluşmaktadır. Kıрма çatı durumunda ise kritik basınçlar 0° ve 345°'lik rüzgâr açılarında ölçülmektedir. Çatı köşelerindeki minimum pik basınçlar, ortalama basınçlardan yaklaşık %45 daha düşük olmaktadır.

Kırma çatının rüzgâra göre, arka tarafındaki üçgen yüzeyinde uç noktalarda ölçülen emme basınçları daha kritik değerler

almakta, bu noktalardaki en kritik minimum basınç katsayıları 90° ve 270°'lik rüzgâr açılarında oluşmaktadır. $\theta=90^\circ$ rüzgâr açısında kıрма çatının yan üçgen yüzeyleri üzerindeki eş basınç alanı şeklindeki basınç dağılımları, bu yüzeylerdeki emme etkisinin diğer yüzeylere göre daha kritik olduğunu göstermektedir. Aynı eğim açısına sahip beşik ve kıрма çatılar üzerinde ölçülen basınç dağılımları birlikte değerlendirildiğinde, her iki çatı üzerinde de farklı kritik emme bölgeleri oluşmakla birlikte, beşik çatı üzerindeki yerel pik basınçların kıрма çatıya göre daha kritik olduğu, $\theta=90^\circ$ rüzgâr açısında kıрма çatının arka kenarı yakınındaki emme yükünün beşik çatıya göre yaklaşık %20 daha az olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarından hareketle, kıрма çatılar üzerindeki emme yüklerinin beşik çatılara göre daha az olması nedeniyle, kıрма çatıların kritik rüzgâr etkileri karşısında beşik çatılara göre daha güvenli olacağı uygulamaya yönelik pratik bir bilgi olarak ifade edilebilir.

SEMBOLLER

C_p	Yüzey basınç katsayısı
$C_{p_{ort}}$	Ortalama yüzey basınç katsayısı
$C_{p_{rms}}$	RMS yüzey basınç katsayısı
$C_{p_{max}}$	Maksimum yüzey basınç katsayısı
$C_{p_{min}}$	Minimum yüzey basınç katsayısı
H	Model yüksekliği
L	Model uzunluğu
P	Yüzey basıncı
P_s	Atmosfer basıncı
Re	Reynolds sayısı
U_∞	Serbest akış hızı
W	Model genişliği
u	Yatay doğrultudaki hız bileşeni
$\sqrt{u^2}$	Yatay doğrultuda türbülans hızı
v	Düşey doğrultuda hız bileşeni
x	Yatay koordinat
y	Düşey koordinat
δ	Sınır tabaka kalınlığı
α	Çatı eğimi
θ	Rüzgâr geliş açısı

KAYNAKÇA

- Davenport, A. G., Surry, D. J. 1974. "The Pressures on Low Rise Structures in Turbulent Wind," Canadian Structural Engineering Conference, Ottawa, p. 1-39.
- Stathopoulos, T. 1984. "Wind Loads on Low-Rise Buildings with Various-Sloped Roofs," Engineering Structures, vol. 23, p. 813-824.
- Kind, R. J. 1988. "Worst Suctions Near Edges of Flat Roofs with Parapets," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 31, p. 251-264.
- Meecham, D., Surry, D., Davenport, A. G. 1991. "The Magnitude and Distribution of Wind-Induced Pressures on Hip and Gable Roofs," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 38, p. 257-272.
- Kanda, M., Maruta, E. 1993. "Characteristics of Fluctuating Wind Pressure on Long Low-Rise Buildings with Gable Roofs," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 50, p. 173-182.
- Case, P. C., Isyumov, N. 1998. "Wind Loads on Low Buildings with 4:12 Gable Roofs in Open Country and Suburban Exposures," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 77-78, p. 107-118.
- Xu, Y. L., Reardon, G. F. 1998. "Variations of Wind Pressure on Hip Roofs with Roof Pitch," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 73, p. 267-284.
- Uematsu, Y., Isyumov, N. 1999. "Wind Pressures Acting on Low-Rise Buildings," J. Wind Eng. Ind., Aerodyn., vol. 82, p. 1-25.
- Ginger, J. D., Reardon, G. F., Whitbread, B. J. 2000. "Wind Load Effects and Equivalent Pressures on Low-Rise House Roofs," Engineering Structures, vol. 22, p. 638-646.
- Ahmad, S., Kumar, K. 2002. "Effect of Geometry on Wind Pressures on Low-Rise Hip Roof Buildings," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 90, p. 755-779.
- Ginger, J. D., Holmes J. D. 2003. "Effect of Building Length on Wind Loads on Low-Rise Buildings with a Steep Roof Pitch," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 91, p. 1377-1400.
- Quan, Y., Tamura, Y., Matsui, M. 2007. "Mean Wind Pressure Coefficients on Surfaces of Gable-Roofed Low-Rise Buildings," Advances in Structural Engineering, vol. 10 (3), 259-272.
- Prasad, D., Uliate, T., Ahmed, M. R. 2009. "Wind Loads on Low-Rise Building Models with Different Roof Configurations," Fluid Mechanics Research, vol. 36 (3), p. 231-243.
- John, A. D., Singla, G., Shukla, S., Dua, R. 2011. "Interference Effect on Wind Loads on Gable Roof Building," Procedia Engineering, vol. 14, p. 1776-1783.
- Hu, H., Yang, Z., Sarkar, P., Haan, F. "Characterization of the Wind Loads and Flow Fields around a Gable-Roof Building Model in Tornado-Like Winds," Exp. Fluids, vol. 51, p. 835-851.
- Huang, P., Wang, X., Gu, M. 2012. "Field Experiments for Wind Loads on a Low-Rise Building with Adjustable Pitch," International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 2012, p. 1-10.
- Gavanski, E., Kordi, B., Kopp, G. A., Vickery, P. J. 2013. "Wind Loads on Roof Sheathing of Houses," J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., vol. 114, p. 106-121.
- Holman, J. P. 1994. Experimental Methods for Engineers, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Parmentier, B., Hoxey, R., Buchlin, J. M., Corieri, P. 2002. "The Assessment of Full-Scale Experimental Methods for Measuring Wind Effects on Low-Rise Buildings," COST Action C14, Impact of Wind and Storm on City Life and Built Environment, 3-4 June 2002, Nantes, France.