

UÇAK SIĞINAKLARININ DIŞ KABUĐUNU EPDM SU YALITICISI İLE KAPLARKEN KABUK ÜZERİNDE MEYDANA GELEN RÜZGAR YÜKLERİVE BU YÜKLERE KARŐI ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLERİN İNCELENMESİ

Dr. Erdener İLDİZ Yönetim Kurulu Başkanı
İLDİZ DONATIM SAN. ve TİC. A.Ő.

ÖZET

Bu çalışmada, uçak sığınaklarının dış kabuğunun su yalıtımında EPDM kullanılırken, dış kabuk üzerinde meydana gelen rüzgar yükünün etkileri incelenmiş, çözüm önerileri sunulmuştur.

BilindiĐi gibi uçak sığınakları hava meydanlarında açık alanlarda bulunmaktadır. Bu meydanlar geniş açıklığa sahip olduğundan, güçlü rüzgarlar oluşmakta, sığınaklar üzerinde oluşan alçak basınç nedeniyle, dış kabuk üzerinde büyük kaldırma kuvvetleri oluşmaktadır. Bu kuvvetler, önlem alınmadığı takdirde, dış kabuğa zarar vermekte ve kaplama malzemelerini söküp atabilmektedir.

Bu çalışmada, söz konusu kaldırma kuvvetinin hesaplanması ve bu kuvvetleri dengelemek için alınması gereken önlemler araştırılmıştır.

GİRİŐ

Bu çalışma uçak sığınakları üzerinde uygulanmakta olan EPDM su yalıtımı üzerindeki rüzgar etkisini incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Rüzgarın kaldırma kuvveti karşısında kaplama malzemesinin güvenliğinin sağlanabilmesi için gerekli olan sabitleme noktalarının sayısı ve yerleri tespit edilmiştir.

Uçak sığınakları, 31.28m uzunluğunda, 18.13m genişliğinde ve 26.70m çevreye sahip eliptik geometridedir. EPDM su yalıtımının uygulanabilmesi için, sığınaklar üzerine BTS (sıcak kaynatma bandı) şeritleri dübel ile sabitlenecektir. EPDM su yalıtım malzemesi de BTS şeritleri üzerine, yüksek sıcaklık uygulanarak kaynaştırılacaktır. 100km/saat hızla esen rüzgarın, sığınakın eliptik geometrisi nedeniyle oluşturduğu basınç farkından doğan kaldırma kuvveti nedeniyle gerekli olan dübel sabitleme sayısı ve yerleri bulunmalıdır.

SIĞINAK ÜZERİNDE MEYDANA GELEN KUVVETLERİN HESAPLANMASI

İlk adım olarak, eliptik yapıdaki sığınakların yüzeyinde meydana gelecek basınç farklarını bulmak gerekmektedir. Basınç farkları 10° lik aralıklarla bulunacaktır. Rüzgardan dolayı oluşacak basınç farklarını bulmak amacıyla, aşağıda görölen formöl ile hesaplamalar yapılmıştır (1) Kullanılan formöl, dairesel yüzeylerdeki rüzgar nedeniyle meydana gelen basınç farklarını bulmak içindir. Burada eliptik

yüzeyin dairesel olduğu kabul edilerek formülde basitleştirmeye gidilmiştir. Bu basitleştirme ile eliptik yüzeylerden elde edilecek kaldırma kuvveti değerleri arasında çok fazla bir sapma söz konusu değildir. Aşağıda görüldüğü üzere hesaplamalar yapılmıştır.

$$P = p_{\infty} + \frac{1}{2} \rho V^2 (1 - 4 \sin^2 Q)$$

P : Basınç farkı
 p_{∞} : Atmosfer basıncı ($101.3 \cdot 10^3 \text{N/m}^2$)
 ρ : Hava yoğunluğu (1.225kg/m^3)
 V^2 : Rüzgar hızı (m/sn)

$$\begin{aligned} 1 \text{m/sn} &= 3.6 \text{km/saat} & 1 \text{N} &= 0.1 \text{kgf} & p_{\infty} &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kgf/m}^2 \\ 100 \text{km/saat} &= 27.8 \text{m/sn} & 1 \text{N} &= 0.1 \text{kg/m sn}^2 & p_{\infty} &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 0) \\ P &= 173000 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{17.3k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 10) \\ P &= 41600 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{+4.16k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 20^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 20) \\ P &= 25200 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{+2.52k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 30^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 30) \\ P &= 0 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{0k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 40^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 40) \\ P &= -31000 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{-3.1k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 50^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 50) \\ P &= 63800 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{-6.38k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 60^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 60) \\ P &= -94700 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{-9.47k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 70^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 70) \\ P &= -120000 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{-12k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 80^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 80) \\ P &= -136000 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{-13.6k N/m^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 90^\circ \text{ için; } P &= 101.3 \cdot 10^2 \text{kg/m sn}^2 + \frac{1}{2} \cdot 1.225 \text{kg/m}^3 \cdot (27.8 \text{m/sn})^2 \cdot (1 - 4 \sin^2 90) \\ P &= -142000 \text{ kg/m sn}^2 = \mathbf{-14.2k N/m^2} \end{aligned}$$

Sıgınak üzerindeki basınç farkları şematik hale getirildiğinde, EK-B de görülen diyagram ortaya çıkmaktadır. $90^\circ - 30^\circ$ aralığında negatif (-) basınç yani kaldırma kuvveti, $30^\circ - 0^\circ$ aralığında pozitif (+) basınç yani itme kuvveti oluşmaktadır.

SIĞINAK ÜZERİNDE MEYDANA GELEN KUVVETLERİN DENGELENMESİ

Bu aşamadan sonra yapılması gereken, oluşan basınç farklarından doğan kaldırma kuvvetine dayanabilecek su yalıtımı için gerekli hesaplama yapmaktır. Kullanılması gereken BTS şeridi sayısını bulmak gerekmektedir. Bunu da BTS in taşınması gereken toplam yükü ve buradan BTS' in çekme dayanımını kullanarak bulabiliriz. Yaklaşık olarak, her 10° lik aralığın genişliği 1.5m, alanı 46.4 m² dir. 90° - 80° arasındaki alanda meydana gelen toplam kaldırma kuvveti; 14.2k N /m² *46.4 m²=658.88kN dır.

BTS çekme dayanımı : 8kN/m olduğuna göre; (2)

658.88kN / 8kN/m= 82.36m BTS kullanılması gerekmektedir. 150cm uzunluğu bulunan bir 10° lik aralıkta **30cm** arayla, en fazla 5 yerden BTS i sabitleyebiliriz. Bunun nedeni, 30cm lik aralıkta, 25cm lik kısım EPDM ile kaynaştırılabilir. 82.36m / 0.25m=330 noktadan BTS i sabitlemek gerekir. Her şeritte en fazla 5 sabitleme noktası bulunduğundan; 330/5=66 adet BTS şeridi kullanılması gerekmektedir. 66 adet BTS şeridi 31.28m uzunluğundaki sığınağın üzerine **47cm** arayla yerleştirilmelidir.

Bu sabitleme sıklığında her bir dübele düşen kuvvet dübelin tespit ettiği alana düşen kuvvet kadar olmaktadır;

$$A=0,47 \text{ m} * 0,30 \text{ m} =0,141\text{m}^2$$

90° için; P=14.2k N /m² olduğuna göre bir dübelin tespit ettiği bölgeye düşen kuvvet;

$$F=P*A$$

$$F=14.2\text{k N /m}^2 *0,141\text{m}^2 = 2,00 \text{ kN olmaktadır.}$$

Aynı bölgedeki BTS nin taşıyabileceği kuvvet BTS çekme dayanımı : 8kN/m olduğuna göre;

8 kN/m*0,30 m=2,4 kN olmaktadır. 1 adet dübelin çekme dayanımı ~ 0,5 kN olmakla (3) birlikte BTS nin karşılayabildiği kuvvet etki eden kuvvetten büyük olduğu için dübel açısından kritik bir durum oluşmamaktadır.

66 adet BTS şeridi bulunması gerektiğine göre diğer aralıklardaki sabitleme sayıları ve aralıkları;

80° - 70° aralığı için; 13.6k N /m² *46.4 m²=631.04kN toplam yük
631.04kN / 8kN/m=78.88 m BTS
78.88 m / 0.25m=315.52 adet sabitleme noktası
315.52/66=5 yerden
150cm/5=**30cm** arayla sabitlenmeli

70° - 60° aralığı için; 12k N /m² *46.4 m²=556.8kN toplam yük
556.8kN / 8kN/m=69.6 m BTS
69.6 m / 0.25m=278.4 adet sabitleme noktası
278.4/66=5 yerden
150cm/5=**30cm** arayla sabitlenmeli

60° - 50° aralığı için; 9.47k N /m² *46.4 m²=439.4kN toplam yük
439.4kN / 8kN/m=54.926 m BTS
54.926 m / 0.25m=219.7 adet sabitleme noktası
219.7/66=4 yerden 150cm/4=**37.5cm** arayla sabitlenmeli

50° - 40° aralığı için; 6.38k N /m² *46.4 m²=296.96kN toplam yük
296.96kN / 8kN/m=37.12 m BTS
37.12 m / 0.25m=148.48 adet sabitleme noktası
148.48/66=3 yerden
150cm/3=**50cm** arayla sabitlenmeli

40° - 30° aralığı için; $3.1k N / m^2 * 46.4 m^2 = 143.84kN$ toplam yük
 $143.84kN / 8kN/m = 17.98m$ BTS
 $17.98 m / 0.25m = 71.92$ adet sabitleme noktası
 $71.92/66 = 2$ yerden
 $150cm/2 = 75cm$ arayla sabitlenmeli

30° de 0kN ve 0° ye kadar pozitif (+) basınç çıktığı için bu alanda kaldırma kuvveti yerine itme kuvveti oluşmaktadır. 150cm arayla sabitlenebilir. BTS şeridi üzerindeki düvellerin aralarına EPDM kaynaştırılacaktır. Bu verilerden yararlanılarak oluşturulmuş düvel şeması EK-C de görülmektedir. 0°-30° aralığındaki bölgede estetik amaçlarla EPDM in BTS e yine 30cm aralıklarla kaynaştırılmasında yarar vardır.

Yapılmış olan analizlere göre; sığınakların üzerinde belirli bir noktadan sonra (30°) oluşan alçak basınçtan kaynaklanan bir kaldırma kuvveti oluşmakta ve bu kaldırma kuvvetini karşılamak amacıyla belirli aralıklarla düvelleme yapılması gerekmektedir. Uygulanan düvellerin aralarında BTS ile EPDM birbirlerine sabitlenir. Analizlerden ortaya çıkan, kaldırma kuvvetinin sığınığın üst kısımlarında arttığını göstermektedir. Uygulanan düvellerin ve sabitleme noktalarının yoğunluğu üst kısımlarda arttırılmalıdır. (4)

Analizlerde ortaya çıkan aralık değerleri, rüzgarın esiş hızına ve BTS in çekme dayanımına bağlı olarak değişim göstermektedir. En uygun çözünü bulmak için değişik alternatif değerler kullanılabilir.

SONUÇ

a) Normalde, bölgede karşılaşılan rüzgar hızı 30 – 40 km/saat civarındadır. Bu incelemede 100km/saat lik rüzgar hızı kullanılmıştır. Uygulama güvenliği çok yüksektir.

b) Eliptik bir geometriye sahip olan sığınak için yapılan yukarıdaki analizler, dairesel yüzey için oluşturulmuş formülasyon ile çözülmüştür. Daireye çok yakın bir geometriye sahip olan eliptik formdaki sığınak için, ihmal edilebilecek bir hata yaratmaktadır.

c) Analizlerden ortaya çıkan sonuçlardan anlaşıldığı gibi, rüzgardan kaynaklanan kaldırma kuvveti 30° den başlayarak 90° ye kadar artış göstermektedir. Bu aralıkta düvel sayısında bir artırma yapmak gerekmektedir. Buna karşılık 30° ile 0° aralığında kaldırma kuvveti yerine itme kuvveti oluştuğundan, rüzgarın oluşturacağı bir risk bulunmamaktadır. Bu bölgedeki kaynatma sıklığı estetik amaçlarla (sarkma, ısı değişiminden kaynaklanan genleşme vb.) olması gerekenden daha fazla kullanılmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1

- 1.** Prof. Dr. Süleyman Torun, “Uçak Yapıları”, Anadolu Üniversitesi, H.M.Y. Okulu Yayını, 1990
- 2.** Giscosa, “Technical SpecificationsManuel”, 1998
- 3.** Hilti, “Applications and Products”, 2000
- 4.** İLDİZ DONATIM SAN. VE TİC. A.Ş.’nin 31/AĞUSTOS/2001 gün ve 2982-01/VI6249 sayılı Raporu.