



EUROCODE 1-4 STANDARDINA GÖRE KÖPRÜ TABLIYE RÜZGÂR YÜKÜNÜ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ali Ekber SEVER^{*1}, İsa YÜKSEL²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta
²Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa

Makale Bilgisi

Geliş tarihi: 22.06.2022
Kabul Tarihi: 27.06.2022
Yayın tarihi: 30.06.2022

ÖZET

Bu çalışmada betonarme köprü tabliyelerine etkiyen rüzgar yüklerini etkileyen parametreler araştırılmaktadır. Söz konusu parametrelerin neler olduğu, bunların tabliyeye etkiyen rüzgar yükünü ne mertebede değiştirdiğinin tespiti yapılacaktır. Bu amaçla EN 1991-1-4 (Eurocode -1-4) standardı esas alınarak köprü tabliyelerine etkiyen x doğrultusundaki rüzgar yükleri hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda kapalı arazilerden açık arazilere doğru gidildikçe x yönündeki rüzgar yükünün arttığı tespit edilmiştir. Rüzgar hızı, tabliye boyu ve yerden yükseklik arttıkça x yönündeki rüzgar yükü artmıştır. Parapet sisteminin boşluk oranının azalmasıyla birlikte köprü tabliyesine x yönünde etkiyen rüzgar yükünün arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler;
Rüzgar yükü, köprü tabliyesi, Eurocode -1-4.

EVALUATION OF THE PARAMETERS AFFECTING THE BRIDGE DECK WIND LOAD IN ACCORDING TO EUROCODE 1-4

Article Info

Received: 22.06.2022
Accepted: 27.06.2022
Published: 30.06.2022

ABSTRACT

In this study, the parameters affecting the wind loads acting on reinforced concrete bridge decks are investigated. It will be determined what the said parameters are and how much they change the wind load acting on the deck. For this purpose, the wind loads in the x direction acting on the bridge decks were calculated based on the TS EN 1991-1-4 (Eurocode -1-4) standard. As a result of the analyzes made, it has been determined that the wind load in the x direction increases as you go from closed lands to open lands. As the wind speed, deck length and ground clearance increased, the wind load in the x direction increased. It has been determined that the wind load acting on the bridge deck in the x direction increases with the decrease in the void ratio of the parapet system.

Keywords;
Wind load, Eurocode 1-4, bridge deck.

1. Giriş

Yapı mühendisliğinde rüzgârın yapılar üzerindeki etkileri oldukça önemlidir. Dünya nüfusunun hızla artması, şehirleşme ve iklim değişikliği gibi sebeplere bağlı olarak çeşitli doğal afetlerin gelecekte daha da artacağı beklenmektedir. Rüzgârın bina, köprü ve diğer mühendislik yapıları üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak veya ortadan kaldırmak için rüzgâra dayanıklı inşâ teknikleri ve tasarım

metotları geliştirilmelidir. Halen, dünya genelinde, yapıların rüzgâr yüklerine göre tasarlanması için çeşitli yönetmelikler/standartlar mevcuttur. Bunlardan en bilindik olanları ASCE/SEI 7-16 (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, 2016) ve EUROCODE 1-4 (Eurocode 1 Actions on Structures, 2005) standartlarıdır. Rüzgar yükleri, yüksek ve uzun açıklıklı yapıların tasarımında göz ardı edilmemesi gereken önemli

dinamik yüklerdir. EN 1991 standardı, özellikle köprüler ve köprü yolları gibi ulaşım yapılarında rüzgar etkilerinin belirlenmesi için ayrıntılı tablolar ve hesaplama yöntemleri ortaya koymaktadır. Bu standardda özellikle köprülere etki eden rüzgar yükleri ve tasarım kriterleri hem köprü tabliyesi hem de köprü ayakları için belirlenir (Kirişçi, 2016).

Köprüler de çağımızın çok önemli mühendislik yapıları arasında yer almakta olup, köprülerin yapısal tasarımında kullanılacak rüzgar yüklerinin gerçekçi yaklaşımlarla doğru hesaplanması büyük önem arz eder.

Kimura (2016), rüzgârın köprüler üzerindeki etkilerini incelemiş, bazı yönetmeliklere göre rüzgâra dayanıklı uzun açıklıklı köprü tasarımını analiz etmiştir. Bu çalışma sonucunda uzun açıklıklı bir köprü için rüzgâra karşı önlem alınmasının önemli olduğunu söylemiştir.

Tabliye geometrisinin, köprünün aerodinamik davranışı üzerinde oldukça önemli etkisi vardır. Literatürde tabliye geometrisi ve köprü aerodinamiğinin ilişkisini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Cai vd. 2014, Larsen ve Wall 2012, Nagao vd. 1993).

Bu makalede ülkemizde sıklıkla kullanılan betonarme köprü tabliyelerine etkileyen rüzgar yüklerini etkileyen parametreler araştırılacaktır. Bu amaçla öncelikle tabliye rüzgar yükünü etkileyen parametreler belirlenecek daha sonra betonarme bir köprü modeli oluşturulacak ve bu model üzerinden Eurocode -1-4 standardı kullanılarak x yönündeki tabliye rüzgar yükleri hesaplanacaktır. Yapılan hesaplamalar sonucunda bu parametrelerin tabliye rüzgar yükünü nasıl etkilediğinin tespiti yapılacaktır. Grandic ve diğ. (2011), rüzgâr yükünün köprü tabliyesi üzerindeki etkilerini Eurocode -1-4 standardına göre parametrik olarak analiz etmişlerdir. Bu çalışmalarında esas rüzgâr hızının temel değeri, arazi kategorisi, yol kenarı korkuluk sistemi ve köprü tabliyesinin yerden yüksekliği parametrelerini değiştirerek x yönündeki tabliye rüzgar yükünü hesaplamışlardır. Bu parametrelerin değiştirilmesi ile rüzgâr yükünün önemli ölçüde değiştiğini tespit etmişlerdir.

2. Eurocode -1-4 Standardında Köprü Tabliyesine X Yönünde Etkiyen Rüzgar Yükü

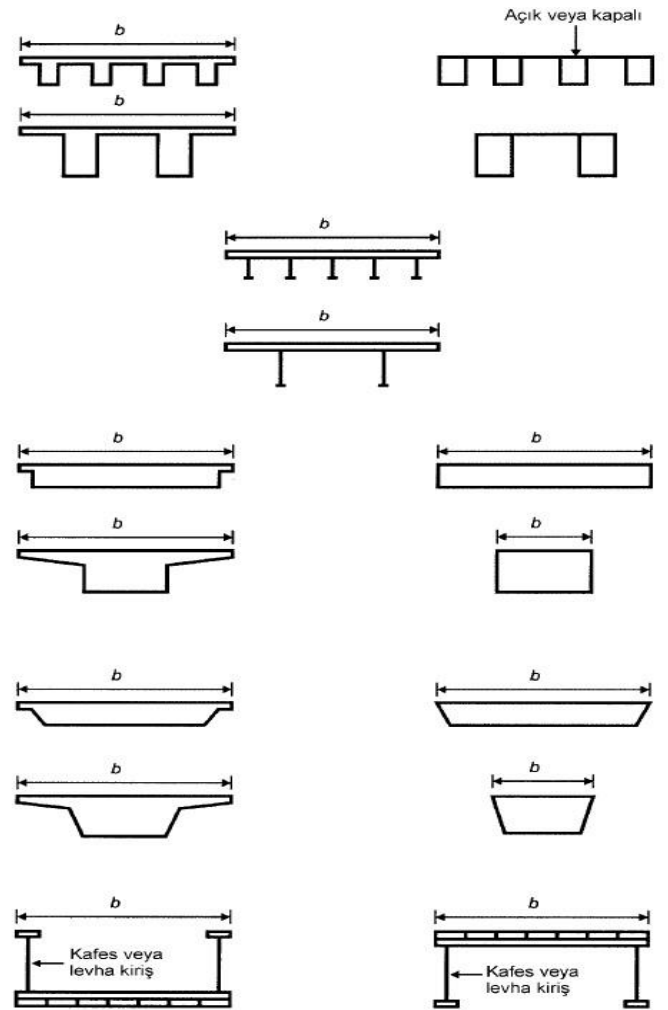
2.1. Giriş

Eurocode -1-4 standardı, kablolu köprüler hariç sadece açıklığı 200 metreden az köprüler için kullanılabilir. Bu kısımda anlatılacak olan hesap sadece sabit derinlikli ve kesit alanı Şekil 1’de gösterildiği gibi olan, bir veya daha çok açıklıklı tek

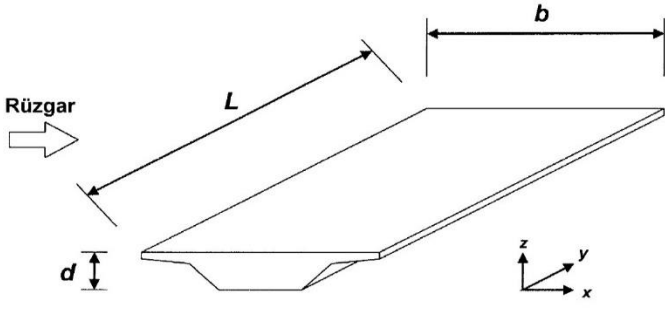
bir tabliyeden oluşan köprüler için geçerlidir. Eurocode -1-4 e göre Açıklığı 40 m’den az olan otoyolu ve tren yolu köprülerinin tabliyeleri için genelde bir dinamik tepki işleminin kullanılması gerekmez.

Rüzgar, köprü tabliyesi üzerinde 3 doğrultuda kuvvet meydana getirir. Bu doğrultular Şekil 2’de gösterilmiştir. Burada; x doğrultusu tabliye genişliğine paralel doğrultu, y doğrultusu tabliye uzunluğuna paralel doğrultu ve z doğrultusu ise tabliyeye dik doğrultudur. b, x doğrultusundaki genişlik, L, y doğrultusundaki uzunluk ve d ise z doğrultusundaki derinliktir.

Eurocode-1-4 standardına göre y yönündeki rüzgâr kuvvetleri millî Ek’te verilebilmektedir. Tavsiye edilen değerler: Plak kirişli köprüler için, x yönündeki rüzgâr kuvvetlerinin % 25’i, kafes kirişli köprüler için, x yönündeki rüzgâr kuvvetlerinin % 50’sidir. Köprü tabliyesine y yönünde etkileyen rüzgar kuvvetleri hesabı için x yönünde hesaplanan rüzgar kuvvetlerinin %25’inin alınması yeterlidir. Bu sebeple bu çalışmada sadece x yönündeki rüzgar yükleri hesaplanacaktır.



Şekil 1. Normal yapımlı tabliyeler (Eurocode -1-4)



Şekil 2. Tabliye üzerindeki rüzgar etkilerinin yönü (Eurocode -1-4).

2.2. X yönündeki Rüzgar Yüğü

Yapılan değerlendirme sonucunda bir dinamik tepki işleminin kullanılmasının gerekli olmadığı durumlarda x yönündeki rüzgâr kuvveti Denklem (1) kullanılarak hesaplanabilir (Eurocode -1-4):

$$F_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} \quad (1)$$

Burada:

V_b : Esas rüzgar hızı,

C : Rüzgar yük katsayısı,

$A_{ref,x}$: X yönündeki referans alan,

ρ : Havanın yoğunluğu (standartta tavsiye edilen değer $1,25 \text{ kg/m}^3$ 'tür).

Esas rüzgar hızı V_b , Denklem (2) kullanılarak hesaplanmaktadır (Eurocode -1-4).

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} \quad (2)$$

Burada:

V_b : Arazi kategorisi II'de yer seviyesinden 10 metre yükseklikte yılın herhangi bir bölümünün ve rüzgâr yönünün bir fonksiyonu olarak tanımlanan esas rüzgâr hızı,

$V_{b,0}$: Esas rüzgar hızının temel değeri (milli ekte verilebilir),

C_{dir} : Doğrultu katsayısı (milli ekte verilebilir, tavsiye edilen değer 1,0'dır),

C_{season} : Mevsim katsayısıdır (milli ekte verilebilir, tavsiye edilen değer 1,0'dır).

Rüzgar yük katsayısı C , x yönü için Denklem (3) kullanılarak hesaplanmaktadır (Eurocode -1-4).

$$C = c_e(z) \cdot c_{f,x} \quad (3)$$

Bu denklemde;

$c_e(z)$: Maruz kalma katsayısı,

$c_{f,x}$: X yönündeki kuvvet katsayısıdır.

X yönündeki kuvvet katsayısı Denklem (4) yardımıyla bulunabilir (Eurocode -1-4).

$$c_{f,x} = c_{f,x,0} \quad (4)$$

Burada;

$c_{f,x,0}$: Serbest uç akımı olmayan kuvvet (sürüklenme) katsayısıdır. Rüzgâr akımı sadece iki yüzey (köprü tabliyesinin üst ve alt yüzeyi) boyunca dağıldığından köprülerde genellikle serbest uç akımı oluşmaz. Normal köprüler için $c_{f,x,0}$ değeri 1,3 olarak alınabilir. Alternatif olarak $c_{f,x,0}$ değeri Şekil 3'ten alınabilir $c_o(z)=1,0$ olan düz araziler için maruz kalma katsayısı $c_e(z)$ Şekil 5'te yer seviyesinden yüksekliğin ve arazi kategorilerinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

Eurocode -1-4'te beş farklı arazi kategorisi tanımlanmıştır:

0 - Açık deniz etkisine maruz deniz veya kıyı alanı,
I - Göller veya ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan ve engebeli olmayan düz ve yatay alan,
II - Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alan,

III - Düzgün yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alan (kasabalar, yörekent, ormanlık alan gibi),

IV - Yüzeyinin en az % 15'i, yükseklik ortalaması 15 m'yi aşan binalarla kaplı alandır.

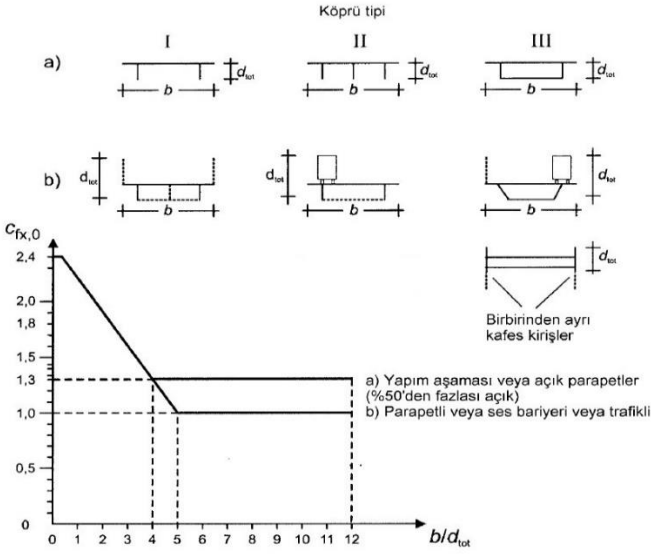
Trafik yükünü içermeyen yük kombinasyonları ve dikdörtgen kirişli köprüler için x yönündeki referans alan, $A_{ref,x}$ Denklem (5) ile hesaplanmaktadır (Eurocode -1-4).

$$A_{ref,x} = d_{tot} \cdot L \quad (5)$$

Bu denklemde;

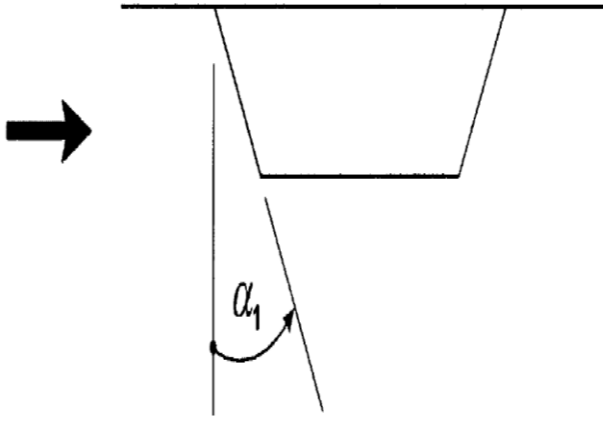
d_{tot} : Toplam derinlik (Şekil 6 ve Tablo 1'de görüldüğü üzere $d_{tot}=d+d_1$),

L : Köprü tabliyesinin açıklığıdır (m).

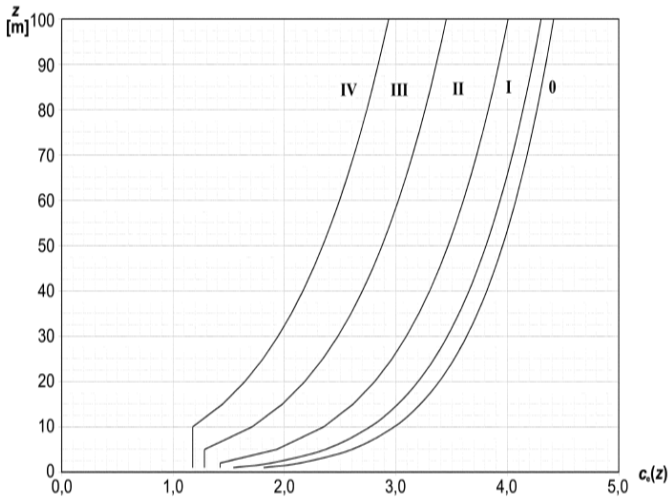


Şekil 3. Kuvvet katsayısı $c_{fx,0}$ (Eurocode -1-4)

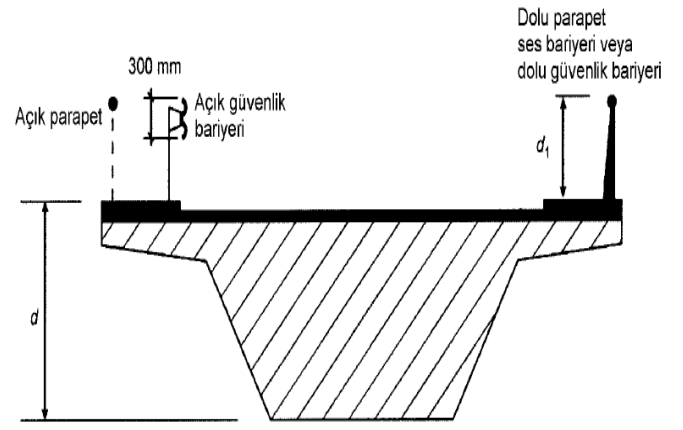
Bir köprü tabliyesinin yanal eğimli olduğu durumlarda (Şekil 4) $c_{fx,0}$, % 25'i geçmeyecek şekilde her bir derecelik eğim için % 3 artırılmalıdır.



Şekil 4. Yanal eğimli köprü enkesiti (Eurocode -1-4).



Şekil 5. $c_0=1,0$ için maruz kalma katsayısı $c_e(z)$ (Eurocode -1-4).



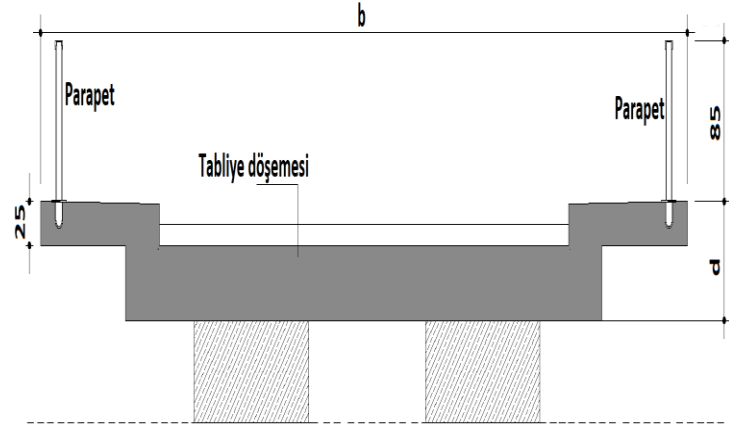
Şekil 6. $A_{ref,x}$ için kullanılacak derinlik (Eurocode -1-4).

Tablo 1. $A_{ref,x}$ için kullanılacak derinlik (Eurocode -1-4)

Yol kenarı korkuluk sistemi	Bir kenarda	İki kenarda
Açık parapet veya açık güvenlik bariyeri (A)	$d + 0.3 \text{ m}$	$d + 0.6 \text{ m}$
Dolu parapet veya dolu güvenlik bariyeri (B)	$d + d_1$	$d + 2d_1$
Açık parapet ve açık güvenlik bariyerleri (C)	$d + 0.6 \text{ m}$	$d + 1.2 \text{ m}$

3. Parametrik Analiz

Bu çalışmada Şekil 7'de gösterilen betonarme köprü'nün rüzgar yükü hesabı yapılacaktır. Şekil 7'de verilen uzunlukların birimi cm'dir.



Şekil 7. Köprü enkesiti.

3.1. Seçilen Parametreler

Çalışma kapsamında seçilen parametreler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Seçilen parametreler

Paremetre	1. Değer	2. Değer	3. Değer
$V_{b,0}$ (m/sn)	15	30	-
Yerden yükseklik, z (m)	10	25	-
Korkuluk sistemi (her iki kenarda)	(A)	(B)	-
Arazi kategorisi	0	II	IV
Tabliye derinliği, d (m)	1	-	-
Tabliye genişliği, b(m)	10	16	-
Tabliye boyu, L (m)	20	30	-

Ülkemizde bir rüzgar haritası olmadığı için $V_{b,0}$, esas rüzgar hızının temel değeri için milli ek bulunmamaktadır. Standartta tavsiye edilen değer 25 m/sn'dir. Rüzgar kuvvetinin $V_{b,0}$ ile nasıl değiştiğini görebilmek amacıyla sırasıyla 15 ve 30 m/s alınmıştır. Her iki değer için ayrı ayrı rüzgar kuvvetleri hesaplanacaktır.

Ülkemizdeki karayolları standardına göre minimum köprü yüksekliği 4.5 metre olmalıdır. Tabliyenin yerden yüksekliği ile rüzgar kuvveti arasındaki ilişkiyi anlayabilmek amacıyla bu parametreye 10, ve 25 metre üzere 2 değer verilmiştir.

Eurocode -1-4 standardında korkuluğun bir veya her iki kenarda bulunması durumlarına göre toplam derinlik değişmektedir. Bu çalışmada rüzgar yükü, korkuluğun her iki tarafta olduğu 2 durum için hesaplanacaktır. Burada (A), açık parapet veya açık güvenlik bariyeri, (B), dolu parapet veya dolu güvenlik bariyerini göstermektedir.

Arazi kategorisi için standartta 5 farklı kategori (0, I, II, III ve IV) tanımlanmıştır. Rüzgar yükleri sadece 0, II ve IV numaralı arazi kategorileri için hesaplanacaktır.

Betonarme plak köprülerde tabliyeler ortalama olarak 1 – 2.5 m derinliğinde inşa edildiği için rüzgar yükleri hesabında tabliye derinliği için 1 m seçilmiştir.

Taşıt köprülerinde 2 ve 4 şeritli yollar için sırasıyla 10 ve 16 m genişlikleri yeterlidir. Köprü modelinin 2 ve 4 şeritli olması durumunda rüzgar yükünün nasıl değişeceğini görebilmek amacıyla tabliye genişliği 10 ve 16 m olarak alınmıştır.

Tabliyenin enine eğimi 0° olarak alınmıştır.

4. Araştırma Bulguları

Köprü tabliyesine x yönünde etkiyen rüzgar yükleri Denklem (1) ile hesaplanmış, Şekil 5'ten elde edilen maruz kalma katsayıları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Maruz kalma katsayıları.

z (m)	Arazi Kategorileri		
	0	II	IV
10	3.22	2.61	1.45
25	3.63	3.1	1.95

Tabliye genişliği ve tabliye derinliğine bağlı olarak bulunan kuvvet katsayıları ve tabliyenin toplam derinliği ile uzunluğuna bağlı olarak değişen referans alan değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. $c_{f,x}$ ve $A_{ref,x}$ değerleri.

Parapet sistemi	d_{tot} (m)	b (m)	b/ d_{tot}	$c_{f,x}$	$A_{ref,x}$ (m ²) (L=20 m)	$A_{ref,x}$ (m ²) (L=30 m)
(A)	1,6	10	6,25	1,3	32	48
(B)	2,7		3,70	1,33	54	81
(A)	1,6	16	10	1,3	32	48
(B)	2,7		5,93	1	54	81

Rüzgar yük katsayısı C, Denklem (3) kullanılarak tabliyenin yerden yüksekliği, arazi kategorileri ve korkuluk düzenine bağlı olarak bulunmuştur. Hesaplanan rüzgar yük katsayıları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Rüzgar yük katsayıları.

z (m)	b (m)	Parapet sistemi	C, Rüzgar yük katsayıları		
			0	II	IV
10	10	(A)	3,90	3,06	1,55
		(B)	3,99	3,13	1,58
25	10	(A)	4,59	3,86	2,34
		(B)	4,69	3,95	2,39
10	16	(A)	3,90	3,06	1,55
		(B)	3,00	2,35	1,19
25	16	(A)	4,59	3,86	2,34
		(B)	3,53	2,97	1,80

Tablo 2'deki parametrelerin değiştirilmesi sonucunda hesaplanan x yönündeki rüzgar yükleri Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir (havanın yoğunluğu standartta tavsiye edilen değer olan 1,25 kg/m³ olarak alınmıştır).

Tablo 6. $V_{b,0}=15$ m/s olduğu durumda $F_{w,x}$.

z (m)	b (m)	Parapet düzeni	$F_{w,x}$ (L=20 m için) (KN)			$F_{w,x}$ (L=30m için) (KN)		
			0	II	IV	0	II	IV
10	10	(A)	17,6	13,7	7,0	26,3	20,6	10,4
		(B)	30,3	23,7	12,0	45,4	35,6	18,0
25		(A)	20,7	17,4	10,5	31,0	26,1	15,8
		(B)	35,7	30,0	18,2	53,5	45,0	27,3
10	16	(A)	17,6	13,7	7,0	35,1	27,5	13,9
		(B)	22,8	17,8	9,0	45,6	35,7	18,1
25		(A)	20,7	17,4	10,5	41,3	34,7	21,1
		(B)	26,8	22,6	13,7	53,6	45,1	27,3

Tablo 7. $V_{b,0}=30$ m/s olduğu durumda $F_{w,x}$.

z (m)	b (m)	Parapet düzeni	$F_{w,x}$ (L=20 m için) (KN)			$F_{w,x}$ (L=30m için) (KN)		
			0	II	IV	0	II	IV
10	10	(A)	70,2	55,0	27,8	105,3	82,5	41,8
		(B)	121,2	94,9	48,1	181,8	142,4	72,1
25		(A)	82,6	69,5	42,1	123,9	104,2	63,2
		(B)	142,6	120,0	72,7	213,9	180,0	109,1
10	16	(A)	70,2	55,0	27,8	140,4	110,0	55,7
		(B)	91,1	71,4	36,1	182,3	142,8	72,3
25		(A)	82,6	69,5	42,1	165,2	139,0	84,2
		(B)	107,2	90,2	54,7	214,4	180,4	109,4

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Eurocode -1-4 standardına göre köprü tabliyesine x yönünde etkiyen rüzgar yüklerinin çeşitli parametrelere göre hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Arazi kategorisi 0'dan arazi kategorisi IV'e doğru gidildikçe x yönündeki rüzgar yükünün azaldığı görülmüştür. Bir başka deyişle açık arazilerden kapalı arazilere doğru gidildikçe rüzgar yükü azalmaktadır. Bunun sebebi Şekil 5'te verilen maruz kalma katsayısının arazi kategorisi 0'dan arazi kategorisi 4'e doğru gidildikçe azalmasıdır. Maruziyet katsayısı azaldıkça Denklem (3) ile hesaplanan rüzgar yük katsayısı azalmakta ve dolayısıyla $F_{w,x}$ azalmaktadır. Bu azalma doğrusal değildir. Grandic ve diğ. (2011), ve Choi (2009),

yaptıkları çalışmalar sonucunda açık arazilerden kapalı arazilere doğru gidildikçe rüzgar yükünün arttığını ortaya koymuşlardır.

2. Köprü tabliyesinin yerden yüksekliği arttıkça x yönündeki rüzgar yükü artmıştır. Bunun sebebi Şekil 5'te verilen maruz kalma katsayısının yükseklik arttıkça artmasıdır.

3. Esas rüzgar hızının temel değeri arttıkça x yönündeki rüzgar yükü önemli ölçüde artmaktadır. Bu beklenen bir durumdur. Denklem (1)'e göre x yönündeki rüzgar yükü, rüzgar hızının karesiyle orantılıdır. Bu sebeple $F_{w,x}$, rüzgar hızının karesiyle orantılı bir şekilde artmaktadır. Arundhathi (2022), yaptığı çalışma sonucunda rüzgar hızının artmasıyla birlikte tabliyeye etkiyen rüzgar yükünün arttığını ortaya koymuştur.

4. Tabliye boyu büyüdükçe x yönündeki rüzgar yükünün arttığı tespit edilmiştir. Bu artışın nedeni

tabliye boyunun artmasıyla beraber rüzgarın etkidiği referans alanın artmasıdır.

5. Parapet sisteminin boşluk oranının artmasıyla beraber rüzgar yükünün azaldığı tespit edilmiştir. Bir başka deyişle dolu parapet kullanılması durumunda daha yüksek rüzgar yükü meydana gelmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Grandic vd. 2011, Bruno ve Mancini 2002, Liu vd. 2017).

6. Dolu parapet kullanılması durumunda tabliye genişliği arttıkça rüzgar yükünün azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi Şekil 3'te verilen kuvvet katsayısının dolu parapet için b/d oranı 0-5 aralığında iken azalması ve 5'ten sonra sabit olarak 1,0 değerini almasıdır. Açık parapet kullanılması durumunda ise b/d oranının artması rüzgar yükünü etkilememiştir. Bunun sebebi, açık parapet kullanıldığında b/d oranının 4'ten büyük olması durumunda kuvvet katsayısının sabit olarak 1.3 değerini almasıdır. Bulunan sonuçlara benzer olarak literatürde yapılan çalışmalar sonucunda, b/d oranı büyüdükçe x yönündeki tabliye rüzgar yükünün azaldığı ortaya koyulmuştur (Lin vd. 2005, Huang vd. 2012).

5. Teşekkür

Bu çalışma Ali Ekber SEVER'in yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

6. Kaynaklar

- Arundhathi, K. V. (2022). Transient Analysis on Bridge Deck Slab under the Action of Moving Load and Wind Load. ASCE/SEI 7-05, -10, 16. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE, 2005, 2010, 2015. ISBN: 978-0-7844-1085-1.
- Bruno, L., & Mancini, G. (2002). Importance of deck details in bridge aerodynamics. *Structural Engineering International*, 12(4), 289-294.
- Cai, S. C., Zhang, W., & Montens, S. (2014). Wind effects on long-span bridges. In *Bridge Engineering Handbook* (pp. 551-573). CRC Press.
- Choi, E. C. (2009, November). Proposal for unified terrain categories exposures and velocity profiles. In seventh Asia-pacific conference on wind engineering, Taipei, Taiwan.

EN 1991-1-4, Eurocode 1 – Actions on structures: Part 1-4: General actions – Wind actions, CEN, Brussel, 2005.

Grandić, S. I., Ivančić, A., & Liker, B. (2011). Parametric analysis of wind action on slab bridge deck.

Huang, M. H., Lin, Y. Y., & Weng, M. X. (2012). Flutter and buffeting analysis of bridges subjected to skew wind. *Journal of Applied Science and Engineering*, 15(4), 401-413.

Kimura, K. (2016). Wind loads. In *Innovative Bridge Design Handbook* (pp. 37-48). Butterworth-Heinemann.

Kiriççi V., Investigation of wind loads effect on Osman Gazi Bridge using CFD, Ms. Thesis, Anadolu University, 2016 (in Turkish).

Larsen, A., & Wall, A. (2012). Shaping of bridge box girders to avoid vortex shedding response. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 104, 159-165

Lin, Y. Y., Cheng, C. M., Wu, J. C., Lan, T. L., & Wu, K. T. (2005). Effects of deck shape and oncoming turbulence on bridge aerodynamics. *Tamkang Journal of Science and Engineering* 8(1), 43-56.

Liu, L., Zhang, L., Wu, B., & Chen, B. (2017). Effect of Accessory Attachment on Static Coefficients in a Steel Box Girder for Long-Span Suspension Bridges. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 10(1).

Nagao, F., Utsunomiya, H., Oryu, T., & Manabe, S. (1993). Aerodynamic efficiency of triangular fairing on box girder bridge. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 49(1-3), 565-574.