

# KİLLİ ZEMİNE OTURAN DERZSİZ BİR KÖPRÜDEKİ SICAKLIK DEĞİŞİMİNİN PARAMETRİK İRDELENMESİ

Sami ARSOY\* , Serkan ENGİN\* ve Erdiç KESKİN\*

\* Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Kocaeli/TÜRKİYE

## ÖZET

Bu çalışmada, kazık, kazık başlığı ve köprü kirişinden oluşan killi zemine oturan derzsiz bir köprü iki boyutlu olarak modellenmiştir. Köprünün sıcaklık, hareketli yük ve köprünün üzerine oturduğu zeminin drenajsız kayma mukavemeti gibi parametreleri değiştirilerek sonlu elemanlar yöntemi ile analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda köprü kirişinde ve kazıkta oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri ile köprünün orta nokta deplasmanlarının değişimi karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dersiz köprü, sıcaklık değişimi, kazık

## PARAMETRIC EVALUATION OF TEMPERATURE VARIATIONS OF A JOINTLESS BRIDGE RESTING ON CLAYEY SOIL

### ABSTRACT

In this study an integral bridge composed of piles, pile caps and bridge girders, constructed on clayey soil has been modeled by two dimensional plain strain finite element model. Analyses considered the changes in temperature, live load and undrained shear strength of the foundation soil. Calculated results consisting of the moments and the shear forces at the bridge girders and piles are compared. Midspan displacements are also compared to those of reference values.

Keywords: Jointless bridge, temperature variation, pile

## 1. GİRİŞ

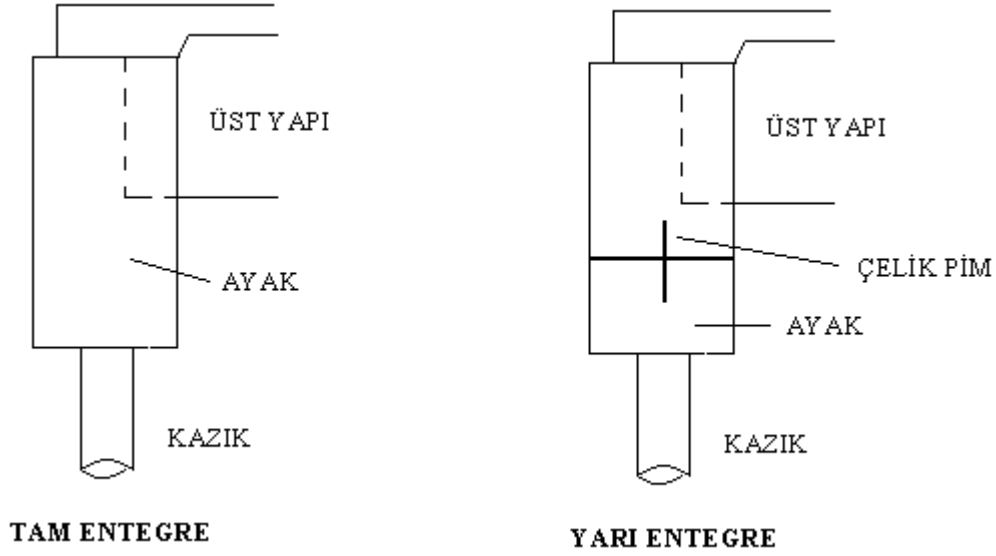
Köprü tasarımı sırasında dikkate alınan parametreler genel olarak köprünün zati yükü, üzerinden geçecek olan araç yükü, rüzgar yükü, deprem yükü, sıcaklık değişimi gibi çevresel faktörler dolayısıyla gelecek olan etkilerdir. Köprüler çelik, betonarme, çelik ve betonarmenin karma kullanılmasıyla oluşturulan kompozit malzemeden imal edilebilir.

Ayrıca köprüler yapım sistemi olarak tek açıklıklı, çok açıklıklı, derzli yada derzsiz olarak tasarlanabilmektedir. Derzli olarak tasarlanan köprülerde yatayda hareket serbestliği sağlanmaktadır. Bu uygulamanın amacı sıcaklık değişimleri sonucunda, meydana gelebilecek yer değiştirmelerin köprüde iç gerilmeler oluşturmasını engellemektir. Ancak derzli köprülerde bu derzlerin bırakılması işçiliğin artmasına ve yapım süresinin uzamasına sebep olduğu için köprü yapım maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca köprüde bırakılan derzler zamanla kum yada yabancı maddeler dolayısıyla dolarak, kapanmakta ve bunun sonucu olarak da sıcaklık etkisiyle iç gerilme oluşmayacak şekilde tasarlanan köprü derzlerin kapanması nedeniyle iç gerilme oluşturacak hale gelebilmektedir. Özellikle ülkemizde derzlerin belli zaman aralıklarında temizlenmesi işlemi yapılmamakta, yapılsa bile bakım maliyetleri yapım sırasındaki derz için harcanan ilave maliyetlerle birleşince amaca ulaşmayan bir imalat için ilave külfetler doğmaktadır.

Derzsiz olarak imal edilen köprülerde ise, köprünün mesnetlerinde yatay hareket serbestliği ortadan kalkmakta, köprü kirişi, köprü mesnedi aracılığıyla, köprü ayağı yada köprü kazığı üzerine oturmaktadır. Bu şekilde imal edilen köprüler yapım, bakım maliyeti açısından derzli köprülere göre daha ekonomik olmaktadır. Ancak bu durumda köprü kirişine rijit yada yarı rijit olarak bağlanan köprü ayağı ve köprü kazığına sıcaklık dolayısıyla ilave kesme kuvveti ve moment etkileri gelmektedir. Eğer bu etkiler köprü kirişi, kazık başlığı ve köprü kazığının güvenle taşıyabileceği sınırların altında kalacak şekilde tasarlanırsa, derzsiz köprüler yapım ve bakım maliyetinin daha az olması sebebiyle derzli köprülere göre daha ekonomik olmaktadır.

Köprü ayakları arasındaki açıklık mesafesi, köprü mesnedi yüksekliği, köprü mesnedi ve köprü kirişi rijitlik oranları, köprü zati yükü, yatay yük, sıcaklık değişimleri, zemin oturması, köprünün mesnetlenme şartları, sünme ve büzülme etkileri dikkate alınarak yapılan çalışmada, köprü ayağı yüksekliği / köprü açıklığı oranı ile alt yapı atalet momenti / üst yapı atalet momenti oranları çarpılmasıyla elde edilen rijitlik ile mesnetlenme tipine göre oluşan moment değerleri karşılaştırılmıştır [1]. Diğer bir çalışmada, iki açıklıklı derzsiz bir köprü, zati yük, sünme, hareketli yük, sıcaklık değişimi, büzülme, zemin oturması gibi etkiler dikkate alınarak alt ve üst yapıda oluşan gerilme değerleri irdelenmiştir. Bu çalışmada sünme ve büzülmenin birbirinin etkisini yok edici yada azaltıcı sonuçlar verdiği kanaatine varılmıştır [2].

Yapılan parametrik çalışmada tek açıklıklı çelik bir köprüde sıcaklık değişimleri ve diğer etkiler dolayısıyla oluşan gerilme değeri okumaları, teorik olarak hesaplanan gerilme değerleri ile karşılaştırılmış, okunan değerlerin hesaplanan değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir [3]. Tek açıklıklı derzsiz bir köprü sonlu elemanlar ile modellenerek, her bir sonlu elemanın en / boy oranına bağlı olarak, köprü eğriliği ve elemanda oluşan moment değişimleri karşılaştırılmıştır [4]. Kazık başındaki yanal deformasyon tam entegre ayakta, yarı entegre ayakta olduğundan daha azdır. Hesaplanan kazık gerilmeleri yarı entegre ayak kullanılması durumunda tam entegre ayak kullanılması durumundan yaklaşık % 40 daha azdır [5].



Şekil 1. Tam ve yarı entegre mesnet tipleri

## 2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada tek açıklıklı, köprü kazığı ve kazık başlığı üzerine oturan derzsiz bir köprünün, zeminin drenajsız kayma direnci, sıcaklık değişimi ve köprü hareketli yükünün değişimine göre köprü kirişinde ve kazıkta oluşan kesme kuvveti, moment ve köprü kirişi orta nokta deplasmanı değişimleri irdelenmiştir. Bu çalışma ile yapım ve bakım maliyetleri derzli köprülere kıyasla daha az olan derzsiz köprülere dikkat çekmek amaçlanmaktadır.

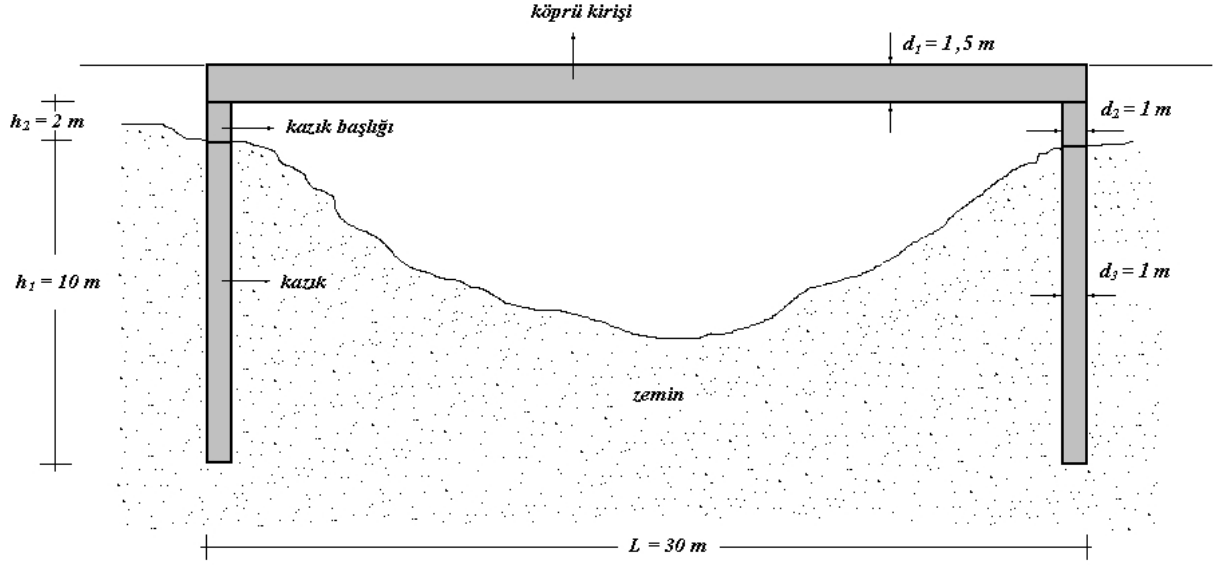
## 3. PARAMETRİK ÇALIŞMA

### 3.1. Köprü Geometrisi

İki boyutlu olarak modellenen köprüde kazıklar, kazık başlığı ve köprü kirişi dairesel kesit olarak düşünülmüştür. Köprü kirişi ile kazık başlığı( köprü ayağı) tam entegre olarak modellenmiştir. Köprü kirişi uzunluğu  $L=30$  m, çapı  $d_1=1,5$  m, kazık başlığı yüksekliği  $h_1=2$  m, çapı  $d_2=1$  m ve kazık uzunluğu  $h_2=10$  m, çapı  $d_3=1$  m alınarak köprü modeli oluşturulmuştur. Genel olarak uygulamalarda kazık başlığının eğilme rijitliği, kazığın eğilme rijitliğine göre daha büyük olmasına rağmen bu çalışmada kazık başlığı ve kazığın eğilme rijitlikleri aynı alınmıştır.

### 3.2. Modelde Kullanılan Parametreler

Sonlu elemanlar analizi sırasında kullanılan zemin parametreleri Tablo 1’de sunulmuş olup, kazık, kazık başlığı ve köprü kirişi ile ilgili parametreler ise iki boyutlu ve düzlem şekil değiştirme (*plane-strain*) kabulüyle uyumlu olarak her bir birim uzunluk için hesaplanmış ve Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Köprü modeli ve boyutları

Tablo 1. Zemin Parametreleri

	<i>Kil I</i>	<i>Kil II</i>	<i>Kil III</i>	<i>Kil IV</i>
$\gamma$ ( $kN/m^3$ )	18	18	18	18
$E$ ( $kN/m^2$ )	2000	4000	8000	16000
$\nu$	0,35	0,35	0,35	0,35
$c$ ( $kPa$ )	50	100	200	400
$\Phi$ ( $^\circ$ )	10	10	10	10

Tablo 2. Yapı Parametreleri

	<i>Köprü Kirişi</i>	<i>Kazık</i>	<i>Kazık Başlığı</i>
$EA$ ( $kN$ )	2,00E7	2,00E7	2,00E7
$EI$ ( $kN/m^2$ )	1,67E6	1,67E6	1,67E6
$w$ ( $kN/m^3$ )	15	15	15
$\nu$	0,15	0,15	0,15

### 3.3. Yükleme Senaryoları

Modeli kurulan köprünün killi bir zeminde, 21° C sıcaklıkta imal edileceği düşünülerek bu sıcaklık değeri referans olarak alınıp, iklim farklılıklarından dolayı sıcaklık değişimlerinin 20'şer derece artacağı yada azalacağı kabul edilmiş, bu kabul sonucunda hesap sıcaklıkları

Tablo 3- Analiz Değişkenleri

<i>Model</i>	<i>Sıcaklık (°C)</i>	<i>Hareketli Yük (kN/m)</i>	<i>Zeminin Drenajsız Kayma Mukavemeti (kPa)</i>
T21-C50-Q15	21	15	50
T21-C100-Q15	21	15	100
T21-C200-Q15	21	15	200
T21-C400-Q15	21	15	400
T21-C50-Q30	21	30	50
T21-C100-Q30	21	30	100
T21-C200-Q30	21	30	200
T21-C400-Q30	21	30	400
T41-C50-Q15	41	15	50
T41-C100-Q15	41	15	100
T41-C200-Q15	41	15	200
T41-C400-Q15	41	15	400
T41-C50-Q30	41	30	50
T41-C100-Q30	41	30	100
T41-C200-Q30	41	30	200
T41-C400-Q30	41	30	400
T61-C50-Q15	61	15	50
T61-C100-Q15	61	15	100
T61-C200-Q15	61	15	200
T61-C400-Q15	61	15	400
T61-C50-Q30	61	30	50
T61-C100-Q30	61	30	100
T61-C200-Q30	61	30	200
T61-C400-Q30	61	30	400
T1-C50-Q15	1	15	50
T1-C100-Q15	1	15	100
T1-C200-Q15	1	15	200
T1-C400-Q15	1	15	400
T1-C50-Q30	1	30	50
T1-C100-Q30	1	30	100
T1-C200-Q30	1	30	200
T1-C400-Q30	1	30	400
T-19-C50-Q15	-19	15	50
T-19-C100-Q15	-19	15	100
T-19-C200-Q15	-19	15	200
T-19-C400-Q15	-19	15	400
T-19-C50-Q30	-19	30	50
T-19-C100-Q30	-19	30	100
T-19-C200-Q30	-19	30	200
T-19-C400-Q30	-19	30	400

Txx-Cyyy-Qzz → xx: analiz sıcaklığı; yyy: zemin drenajsız kayma mukavemeti; zz: köprü hareketli yükü

-19, +1, +41, +61 °C olarak alınmıştır. Köprünün üzerine etkiyen hareketli yük değerleri 15 ve 30 kN/m olarak alınmıştır. Zemin için Mohr-Coulomb modeli seçilerek Tablo 1’de özetlenen parametrelerle analizler yapılmıştır. Numunelerin tüm değişkenlerini içeren parametre değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Sonlu elemanlar programında tanımlanan elemanlara çalışmada kullanılan bilgisayar programıyla sıcaklık değişimi yada yer değiştirme etkileri doğrudan tanımlanamadığı için,

analizler öncelikle köprü kirişinde sıcaklık değişiminin sebep olacağı yer değiştirme daha sonra ise bu yer değiştirmeyi meydana getirecek kuvvet hesaplanarak ve bu kuvvetler sonlu elemanlar programına girilerek analizler yapılmıştır. Analizler piyasada yaygın olarak kullanılan bir program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Zeminin kazık üzerindeki etkisinin sürekli ortam elemanlarıyla sağlandığı düşünülmüş, gerçekte 3 boyutlu olan köprü sistemi 2 boyutlu modellenerek, sadece sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu etkilerin eğilimi elde edilmek hedeflenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen, köprü kirişi orta nokta deplasmanı, kesme kuvveti, açıklık ve kenar momenti değerleri ile kazıkta oluşan kesme kuvveti ve moment değerlerinin değişimi Tablo 4’de gösterilmiştir. Bu değerler referans alınarak sıcaklık artması yada azalması sonucunda oluşan değişimler oransal olarak Tablo 5, 6, 7 ve 8’de verilmiştir.

Sunulan oransal değişimler, sıcaklık değişimi sonucunda oluşan oransal değerler olup aynı zemin drenajsız kayma direnci ve hareketli yük değerine sahip modellerde sıcaklığın 20 °C artması yada azalması sonucu bulunan moment, deplasman ve kesme kuvveti değerleri Tablo 4’de verilen referans değerlere bölünerek, moment, deplasman ve kesme kuvvetlerinin sıcaklık artması yada azalmasıyla oluşan oransal değişimleri bulunmuştur.

Tablo 4. Analiz Sonuçları Referans Değerleri

Model	$\Delta T$ (C°)	Kiriş Orta Nokta Deplasmanı (mm)	Kazık		Köprü Kirişi		
			Kesme kuvveti (kN)	Moment (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)	Kenar Momenti (kN.m)	Açıklık Momenti (kN.m)
T21-C50-Q15	0	373	495	-2980	450	-2980	390
T21-C100-Q15		190	461	-2526	450	-2526	845
T21-C200-Q15		87	315	-2042	450	-2042	1330
T21-C400-Q15		74	327	-1970	450	-1970	1403
T21-C50-Q30	0	538	562	-3610	675	-3610	1443
T21-C100-Q30		311	541	-3288	675	-3288	1779
T21-C200-Q30		150	402	-2880	675	-2880	2185
T21-C400-Q30		122	436	-2859	675	-2859	2205

Tablo 5. Sıcaklığın +20 C° değişmesinin oluşturacağı oransal değişimler

Model	$\Delta T$ (C°)	Kiriş Orta Nokta Deplasmanı (mm)*	Kazık		Köprü Kirişi		
			Kesme kuvveti (kN)*	Moment (kN.m)*	Kesme Kuvveti (kN)*	Kenar Momenti (kN.m)*	Açıklık Momenti (kN.m)*
T41-C50-Q15	+20	0,997	1,010	1,010	1	1,010	0,936
T41-C100-Q15		0,995	1,019	1,011	1	1,011	0,964
T41-C200-Q15		0,989	1,063	1,021	1	1,021	0,971
T41-C400-Q15		0,959	1,110	1,024	1	1,024	0,968
T41-C50-Q30	+20	0,998	1,009	1,011	1	1,011	0,983
T41-C100-Q30		0,990	1,018	1,009	1	1,009	0,983
T41-C200-Q30		0,980	1,047	1,013	1	1,013	0,983
T41-C400-Q30		0,975	1,080	1,015	1	1,015	0,980

\*: Mutlak değerler için bu tabloda verilen katsayıları Tablo 4’te karşılığı olan referans değerlerle çarpılmalıdır.

Tablo 6. Sıcaklığın +40 C° değişmesinin oluşturacağı oransal değişimler

Model	$\Delta T$ (°C)	Kiriş Orta Nokta Deplasmanı (mm)*	Kazık		Köprü Kirişi		
			Kesme kuvveti (kN)*	Moment (kN.m)*	Kesme Kuvveti (kN)*	Kenar Momenti (kN.m)*	Açıklık Momenti (kN.m)*
T61-C50-Q15	+40	0,997	1,022	1,020	1	1,020	0,872
T61-C100-Q15		0,995	1,039	1,025	1	1,025	0,930
T61-C200-Q15		0,989	1,124	1,040	1	1,040	0,942
T61-C400-Q15		0,919	1,214	1,047	1	1,047	0,936
T61-C50-Q30	+40	0,994	1,017	1,018	1	1,018	0,965
T61-C100-Q30		0,984	1,035	1,018	1	1,018	0,966
T61-C200-Q30		0,967	1,097	1,026	1	1,026	0,965
T61-C400-Q30		0,951	1,158	1,031	1	1,031	0,959

\*: Mutlak değerler için bu tabloda verilen katsayıları Tablo 4' teki karşılığı olan referans değerlerle çarpılmalıdır.

Tablo 7. Sıcaklığın -20 C° değişmesinin oluşturacağı oransal değişimler

Model	$\Delta T$ (°C)	Kiriş Orta Nokta Deplasmanı (mm)*	Kazık		Köprü Kirişi		
			Kesme kuvveti (kN)*	Moment (kN.m)*	Kesme Kuvveti (kN)*	Kenar Momenti (kN.m)*	Açıklık Momenti (kN.m)*
T1-C50-Q15	-20	0,997	0,988	0,994	1	0,994	1,064
T1-C100-Q15		0,995	0,980	0,990	1	0,990	1,036
T1-C200-Q15		1,000	0,936	0,984	1	0,984	1,029
T1-C400-Q15		1,041	0,905	0,979	1	0,979	1,031
T1-C50-Q30	-20	1,004	0,989	0,997	1	0,997	1,017
T1-C100-Q30		1,006	0,983	0,990	1	0,990	1,016
T1-C200-Q30		1,013	0,953	0,986	1	0,986	1,049
T1-C400-Q30		1,025	0,938	0,984	1	0,984	1,020

\*: Mutlak değerler için bu tabloda verilen katsayıları Tablo 4' teki karşılığı olan referans değerlerle çarpılmalıdır.

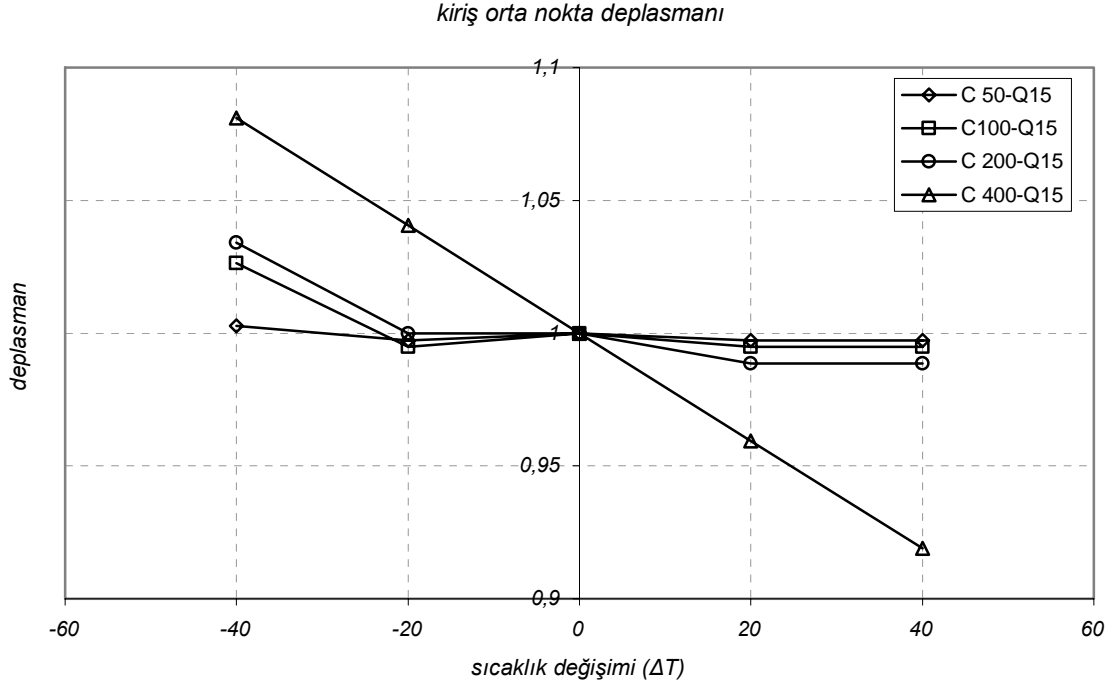
Tablolardaki verilerden de anlaşılacağı üzere, köprü kirişinde oluşan kesme kuvvetleri sıcaklık ve zemin drenajsız kayma direnci değişiminden etkilenmemektedir. Köprü kirişinde oluşan moment ve deplasmanlar ile kazıkta oluşan kesme kuvveti ve momentin değişimlerinin kolay takibi için her bir durum da elde edilen verilerle ilgili grafikler oluşturulmuştur.

Tablo 8. Sıcaklığın -40 °C değişmesinin oluşturacağı oransal değişimler

Model	$\Delta T$ (°C)	Kiriş Orta Nokta Deplasmanı (mm)*	Kazık		Köprü Kirişi		
			Kesme kuvveti (kN)*	Moment (kN.m)*	Kesme Kuvveti (kN)*	Kenar Momenti (kN.m)*	Açıklık Momenti (kN.m)*
T-19-C50-Q15	-40	1,003	0,978	0,986	1	0,986	1,128
T-19-C100-Q15		1,026	0,961	0,979	1	0,979	1,071
T-19-C200-Q15		1,034	0,876	0,965	1	0,965	1,057
T-19-C400-Q15		1,081	0,857	0,956	1	0,956	1,063
T-19-C50-Q30	-40	1,007	0,980	0,990	1	0,990	1,035

T-19-C100-Q30	1,013	0,967	0,982	1	0,982	1,033
T-19-C200-Q30	1,033	0,903	0,973	1	0,973	1,035
T-19-C400-Q30	1,041	0,878	0,968	1	0,968	1,040

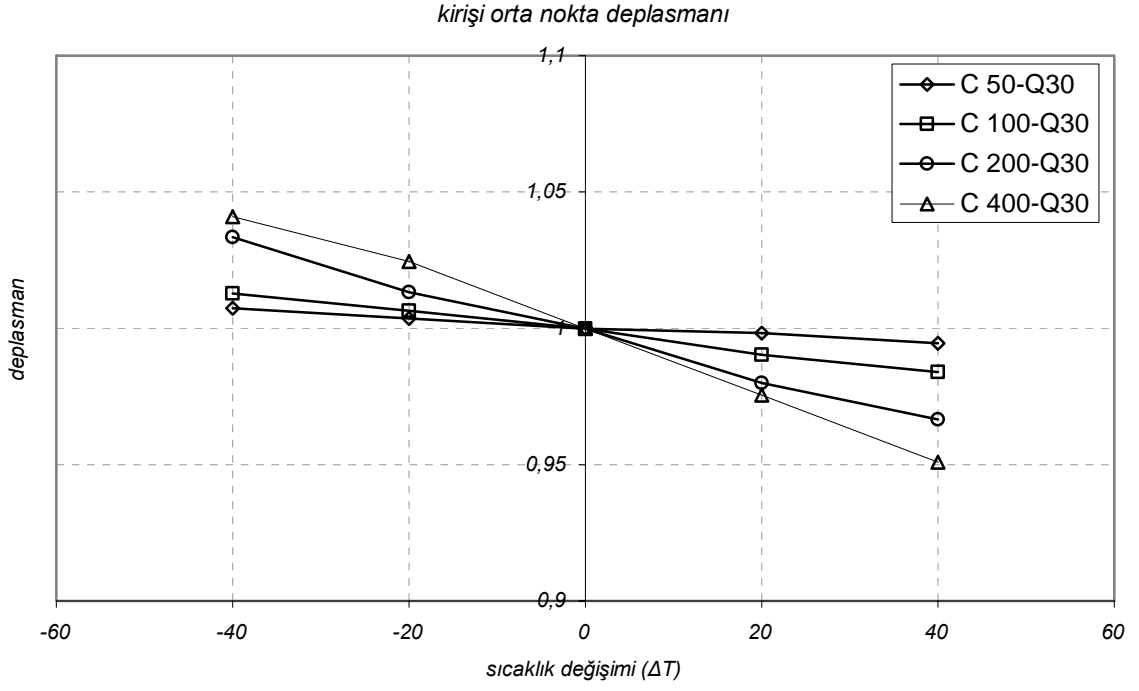
\*: Mutlak değerler için bu tabloda verilen katsayıları Tablo 4' teki karşılığı olan referans değerlerle çarpılmalıdır.



Şekil 3. Köprü kirişi orta nokta deplasmanları değişimi - Q15

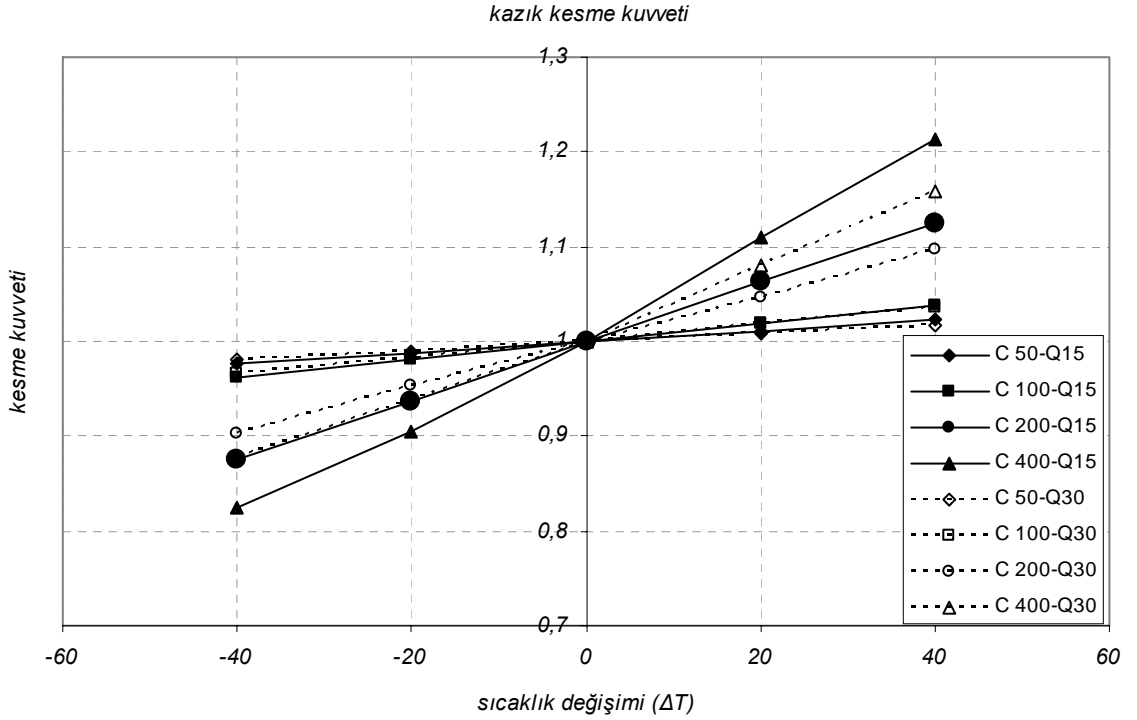
Kiriş orta nokta deplasmanları ile ilgili olarak verilen Şekil 3 ve Şekil 4'de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça orta nokta deplasmanının azaldığı anlaşılmaktadır. Bu davranış, sıcaklık artışı sonucu uzamaya çalışan kirişin, uzamanın bir miktar kazıklar tarafından engellenmesi sonucu kiriş orta noktasının yukarı doğru hareket etme eğilimi sonucu oluşmaktadır.





Şekil 4. Köprü kirişi orta nokta deplasmanları değişimi – Q30

Sıcaklığın referans kabul edilen değerden aşağıya düşmesi de bu etkinin tersini yaratmaktadır. Bu davranış zeminin drenajsız kayma direncinin artması ile daha da belirgin hale gelmektedir.

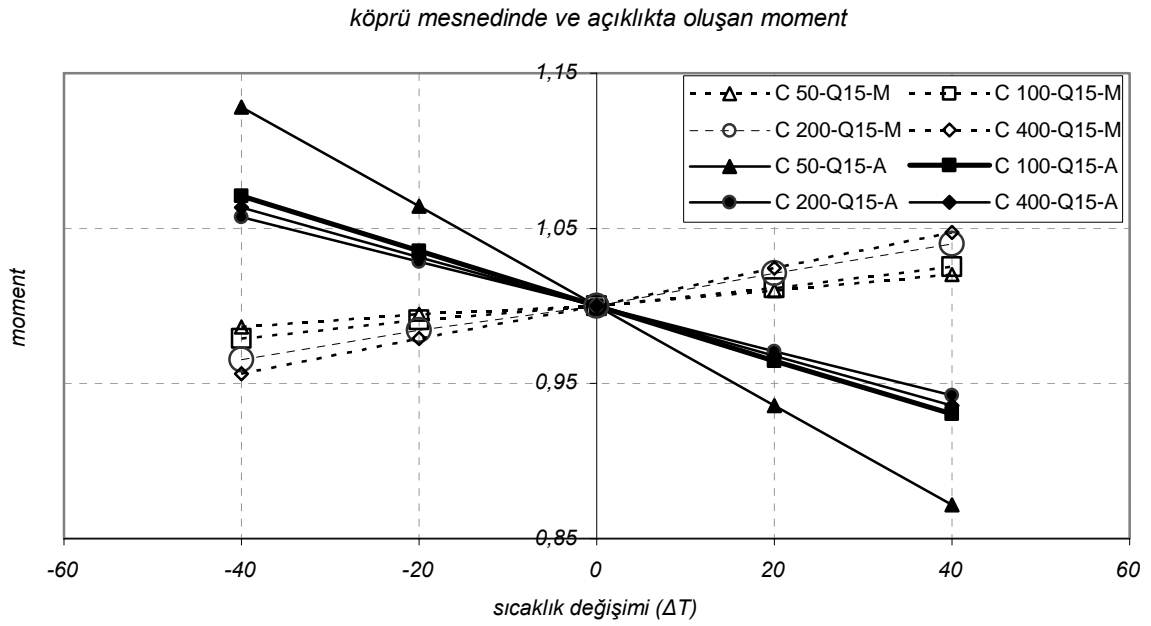


Şekil 5. Kazıkta oluşan en büyük kesme kuvveti değişimi- Q15 ve Q30

Kazıkta oluşan kesme kuvvetleri sıcaklığın değişimi ile yayılı yükün 15 kN/m olması durumunda %22, yayılı yükün 30 kN/m olması durumunda %15 seviyelerine varan oranda değişmektedir. Bu değişim değerleri zeminin drenajsız kayma mukavemeti değerleri arttıkça azalmaktadır (Şekil 5).

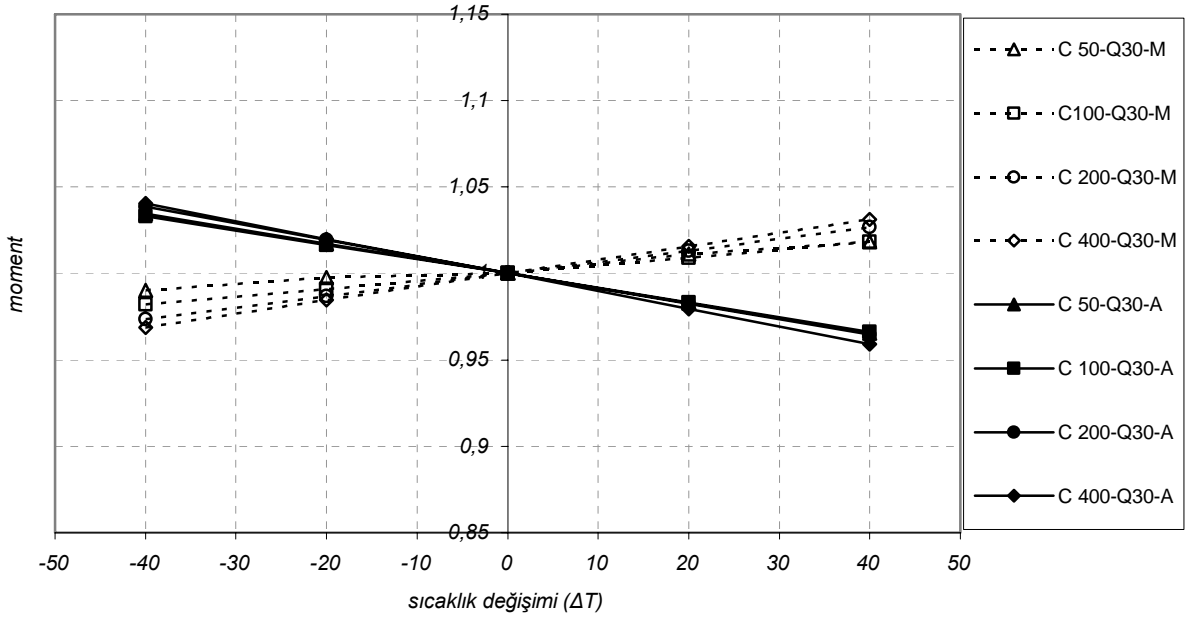
Kazık üst ucundaki düğüm noktasında oluşan moment değeri, köprü mesnedinde oluşan moment değerine eşit olduğu için sadece köprü kirişinin açıklık ve mesnet moment değeri değişimleri verilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi, kazıkta ve köprü mesnedinde hareketli yükün 15 kN/m olduğu yük değerinde M değişkeni ile gösterilen modellerde kazık ve köprü mesnet momenti değişimi en fazla %5 civarında olurken, A ile gösterilen ve açıklıktaki moment değişimini ifadeden modellerde değişim oranı %5 in üzerinde, açıklıkta zeminin drenajsız kayma mukavemeti 50 kPa olan modelde değişim %10'dan daha fazla olmuştur.

Köprü kirişinde moment değişimleri ile ilgili oluşturulan Şekil 7'deki grafikten de görüleceği gibi sıcaklığın ve zemin drenajsız kayma direnci değişimi ile çok belirgin moment değişimleri gözlenmemiştir.



Şekil 6. Köprü kirişi mesnedinde ve açıklıkta oluşan en büyük momentlerin değişimi-Q15

köprü kirişi mesnedinde ve açıklıkta oluşan moment



Şekil 7. Köprü kirişi mesnedinde ve açıklıkta oluşan en büyük momentlerin değişimi-Q30

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Köprü kirişinde sıcaklık ve zemin drenajsız kayma direnci değişimi dolayısıyla kesme kuvveti değişimi oluşmamıştır.
- Köprü açıklığında oluşan moment değişimleri çok sınırlı düzeyde kalmıştır.
- Kazıkta oluşan en büyük moment değişimleri %5 civarındadır.
- Kazıkta oluşan kesme kuvveti değişimleri zemin drenajsız kayma direnci arttıkça %20 değerine kadar ulaşmaktadır.
- Tasarım aşamasında kazıkta oluşan moment farkları, kazık boyuna donatısı ile, köprü mesnedinde oluşan moment farkları köprü mesnet donatısı ile, kesme kuvvetinin karşılanmasında etkili olan enine donatının artırılması ile, kazıkta oluşan kesme kuvvetleri farkları karşılanabildiği sürece, köprünün derzsiz yapılmasının daha uygun olacaktır.
- Derzsiz köprülerin ülkemiz şartlarında uygulanabilirliği önemli oranlarda yapım ve bakım-onarım avantajları nedeniyle artırılması kuvvetle önerilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Thippeswamy, Hemant K., Raju, Penmatsa R. And Gangarao, Hota V.S.; “*Parametric Study of Single-Span Jointless Steel Bridge*”; Transportation Research Record 1460, TRB, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 1994.
- [2] Thippeswamy, K. Hemant and Gangarao, Hota V.S. ; “ *Analysis of In-Service Jointless Bridges* “;Transportation Research Record 1460, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 1995.
- [3] Elgaaly, M., Sanford, T.C. and Colby, C.; “*Testing an Integral Steel Frame Bridge*” ; Transportation Research Record 1371; Committee on General Structures; 1992; 75-82
- [4] Dagher, H.J., Elgaaly, M. and Kankam, J.; “*Analytical Investigation of Slab Bridges with Integral Wall Abutments*” ; Transportation Research Record 1319; Washington D.C.; 1991.
- [5] Arsoy, S. ; “*Derzsiz Köprülerin Altındaki Kazıkların Yatay Yük Altındaki Davranışı*” ; Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi; 21-22 Ekim 2002; Anadolu Üniversitesi; Eskişehir

## SEMBOLLER

- $h_1$  : kazık yüksekliği (m)  
 $h_2$  : kazık başlığı yüksekliği (m)  
 $L$  : köprü açıklığı (m)  
 $d_1$  : köprü kirişi çapı (m)  
 $d_2$  : kazık başlığı çapı (m)  
 $d_3$  : kazık çapı (m)  
 $\gamma$  : zemin birim hacim ağırlığı ( $\text{kN/m}^3$ )  
 $E$  : elastisite modülü ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\nu$  : poisson oranı  
 $c$  : zemin drenajsız kayma mukavemeti (kPa)  
 $\varphi$  : içsel sürtünme açısı ( $^\circ$ )  
 $EA$  : uzama rijitliği (kN)  
 $EI$  : eğilme rijitliği ( $\text{kN/m}^2$ )