

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM BİLİM DALI

**BETONARME YAPILARDA SİSMİK ÇARPIŞMA
ETKİSİNİN AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Selahattin GÜLER

İstanbul, 2018

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM BİLİM DALI

**BETONARME YAPILARDA SİSMİK ÇARPIŞMA
ETKİSİNİN AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Selahattin GÜLER

Öğrenci No:

150868009

Danışman:

Dr. Öğretim Üyesi Hasan ÖZKAYNAK

İstanbul, 2018

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**BETONARME YAPILARDA SİSMİK ÇARPIŞMA ETKİSİNİN AZALTILMASI**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 23/03/2018

Selahattin GÜLER



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 150868009 no'lu Selahattin GÜLER'in 29/05/2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda 50 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliği / oyçokluğu ile, **KABUL** kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Programı : DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM PROGRAMI
Tez Başlığı³ : BETONARME YAPILARDA SİSMİK ÇARPIŞMA ETKİSİNİN
AZALTILMASI

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZKAYNAK
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SÜTÇÜ
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY

.. İmza

¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezin aynı jüri önünde yeniden savunur. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren Dr. Öğretim Üyesi Hasan ÖZKAYNAK ‘ a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Yine çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren kıymetli M.Ü Öğr. Gör. Kürşat KAYMAZ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



Adı ve Soyadı : Selahattin GÜLER

Danışmanı : Dr. Öğretim Üyesi Hasan ÖZKAYNAK

Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2018

Alanı : İnşaat Mühendisliği

Anahtar Kelimeler : Neopren kauçuk cisim, düşey eksenel rijitlik, link eleman, dinamik analiz

ÖZ

BETONARME YAPILARDA SİSMİK ÇARPIŞMA ETKİSİNİN AZALTILMASI

Geçmişte yaşanan depremler, farklı dinamik karakteristiklere sahip komşu betonarme yapıların çarpışma etkisi altında ağır hasar aldıklarını göstermiştir. Bu hasarların azaltılması için mevcut yönetmeliklerde komşu iki yapının arasında bırakılması gereken deprem derz mesafeleri tanımlanmıştır. Yönetmeliklerce öngörülen deprem derz mesafeleri büyük cepheli yapılarda arsa maliyeti kapsamında düşünüldüğünde daha düşük deprem derzleri ile çalışılması arzu edilmektedir. Bunun ötesinde yapı sistemlerinin malzeme kalitesindeki ve kat sayılarındaki farklılıklar yapıların dinamik özelliklerinin farklılaşmasına ve potansiyel çarpışma riskini açığa çıkarmaktadır. Bu kapsamda kısıtlı derz aralıklarında çarpışma etkisiyle oluşacak ek deprem kuvvetlerinin azaltılması önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında farklı dinamik özelliklere sahip yapılar ikili gruplar halinde ele alınan betonarme yapıların lineer olmayan analitik modelleri kurulmuş ve çarpışma etkileri görülmek üzere lineer olmayan dinamik analizler ile simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal çalışmalarda kullanılan temel değişkenler; kat sayısı, malzeme kalitesi, kat seviyeleridir. Bu değişkenler çerçevesinde gerçekleştirilen analizlerde farklı kat seviyelerindeki çarpışma etkileri aynı kat seviyelerindeki çarpışma etkilerine göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. İkili gruplar halinde iyi malzeme kalitesinin tercih edildiği yapı çiftinde, birinde iyi diğ erinde yetersiz malzeme kalitesinin kullanıldığı duruma göre modellere göre daha düşük çarpma etkilerinin ortaya çıktığı görülmüştür. Bu sonuçlar öngörülen deprem derz mesafelerinin yeterli olmadığını göstermektedir. Bu etkilerin azaltılması amacıyla çalışma kapsamında iki bina arasına neopren kauçuk yerleştirilmesi

düşünülmüştür. Neopren kauçuk malzemenin düşey eksenel rijitliği literatürde tanımlanan bir ampirik bağıntı ile hesaplanmıştır. İki yapı arasına tanımlanan bir yay modeli, çarpışma etkilerinin simülasyonunda kullanılmıştır. Neoprenli durumlarda aynı analiz serisi gerçekleştirilmiş ve neopren malzemenin yapı derz boşluğunda kullanılmasıyla çarpışma etkilerinin önemli derecede azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.



Name and Surname :Selahattin GÜLER
Supervisor : Asisst. Prof. Dr.Hasan ÖZKAYNAK
Degree and Date : Master / PhD., 2018
Area : Civil Engineering
Keywords : Pounding, Neopren Pad, Gap, Dynamic Analysis

ABSTRACT

MITIGATION OF SEISMIC POUNDING EFFECTS OF TWO ADJACENT REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Past earthquakes showed that pounding effects is a highly serious problem in damaging colliding adjacent reinforced concrete (RC) structures which are separated insufficiently. Exact distance limits are given in current codes to prevent these kinds of pounding effects. However due to dissimilarities in dynamic characteristics of two structures, the collision is inevitable. The dissimilarity could be due to the differences in material qualities and/or the number of stories of the buildings. The pounding forces could be more destructive when the slabs of the RC structures are not at the same level. The shear capacity of the column could be exceeded due to colliding one structure's slab to the other's column. Inorder to understand these pounding effects, nonlinear analytical models are created and a simulation study is performed under the effetcs of several selected earthquake records. The analysis results showed that great amount of pounding forces could be produced due to the collision of two adjacent RC structures having insufficient gaps. The pounding forces could be reduced and the damaging effects could be eliminated by filling this gap with the neopren material. The pounding energy could be absorbed by means of neopren pad. Analysis results showed that the shear capacity of the columns were not exceeded incase of neopren infill material.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	iii
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. ANALİTİK MODELLERİN OLUŞTURULMASI.....	10
2.1. Betonarme Yapı Modeli.....	11
2.2. Deprem derz mesafesi	14
2.3. Çarpışma Modeli.....	16
2.4. Neopren Dolgu Malzemesi Modeli.....	17
3. ANALİTİK ÇALIŞMA	20
3.1. Analiz Sonuçları.....	23
3.1.1. Çekiçleme Kuvvetleri.....	24
3.1.2. Kat Kesme Kuvvetleri.....	31
4. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	57
4.1 Malzeme Kalite Etkisinin Değerlendirilmesi.....	57
4.2. Kat Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	67
5. NEOPREN DOLGU MALZEMESİNİN 3 BOYUTLU SİSTEMDE UYGULANMASI.....	73
5.1. Çarpışma Enerjilerinin Değerlendirilmesi	75
5.2. Yük – Yerdeğiştirme İlişkisinin Değerlendirilmesi	77
SONUÇ	80
KAYNAKÇA.....	82

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Kiriş En Kesit Boyutları ve Boyuna Donatıları.....	14
Tablo 2: Kolon En Kesit Boyutları ve Boyuna Donatılar.....	14
Tablo 3 : Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz grupları	22
Tablo 4 : #1a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)	24
Tablo 5 : #2a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri.....	25
Tablo 6 : #3a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)	26
Tablo 7 : #4a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)	27
Tablo 8 : #5c×d analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)	28
Tablo 9 : #6c×d analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)	29
Tablo 10 : Kat bazında ortalama çekişleme kuvvetleri	30

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 :Geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde çekişleme hasarları.	2
Şekil 2:Çarpışma riski görülen durumlar	3
Şekil 3: 3 Katlı 5 Açıklıklı ve 5 Katlı 5 Açıklıklı B.A Çerçeve Sistem.	10
Şekil 4: 5 Katlı 5 Açıklıklı ve 5 katlı 5 açıklıklı B.A Çerçeve Sistem.....	11
Şekil 5: #1a×b grubunda kullanılan Sistem boyutları	11
Şekil 6: #2, #3 ve #4a×b grubunda kullanılan sistem boyutları	12
Şekil 7: c×d grubunda kullanılan Sistem boyutları	12
Şekil 8: Esas alınan çelik donatı ve beton modeline ait gerilme grafikler	13
Şekil 9: Kolon – kiriş boyutları	13
Şekil 10: Bağlantı elemanı modeli	16
Şekil 11: Çeşitli etki modelleri için kontak kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	17
Şekil 12 : Analizlerde kullanılan deprem kayıtları.....	21
Şekil 13 : Deprem kayıtları için oluşturulan spektral ivme grafikleri.....	22
Şekil 14 : Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz gruplarının şematik gösterimi	23
Şekil 15 : 2 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumdaki kat kesme kuvvetleri.	35
Şekil 16 : 3axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.	37
Şekil 17 : #4a×b analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.	42
Şekil 18 : 5cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.	48
Şekil 19 : 6cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri	52
Şekil 20 : #2,3 ve 4 axb neoprensiz durumda çekişleme kuvvetleri	58
Şekil 21 : #2, 3 ve 4 axb neoprensiz durumda ortalama çekişleme kuvvetleri	59
Şekil 22 : #2,3 ve 4 axb neoprenli durumda çekişleme kuvvetleri	61
Şekil 23 : #2,3 ve 4 axb neoprenli durumda ortalama çekişleme kuvvetleri	62
Şekil 24 : #5 ve 6 cxd neoprensiz durumda çekişleme kuvvetleri	64
Şekil 25 : #5 ve 6 cxd neoprensiz durumda ortalama çekişleme kuvvetleri	64
Şekil 26 : #5 ve 6 cxd neoprenli durumda çekişleme kuvvetleri	66
Şekil 27 : #5 ve 6 cxd neoprenli durumda ortalama çekişleme kuvvetleri	67
Şekil 28 : #1 ve 2 axb neoprensiz durumda çekişleme kuvvetleri	69
Şekil 29 : #1 ve 2 axb neoprenli durumda çekişleme kuvvetleri	69
Şekil 30 : #1 ve 2 axb neoprenli durumda çekişleme kuvvetleri	71
Şekil 31 : #1 ve 2 axb neoprenli durumda ortalama çekişleme kuvvetleri	72
Şekil 32 : 3 Katlı 5 Açıklıklı ve 5 Katlı 5 Açıklıklı 3-B Sistem.....	73
Şekil 33 : 1.Kat Planı.....	73
Şekil 34 : 2.Kat Planı.....	74
Şekil 35 : 3.Kat Planı.....	74

KISALTMALAR

A : levha yüzeysel alanı

b.a : betonarme

d : deprem derzi mesafesi

DBYBHY : deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik

E_c : Elastisite modülü

G : kayma modülü

k : bağlantı elemanı rijitlik katsayı

K : bulk modülü

kN : kilonewton

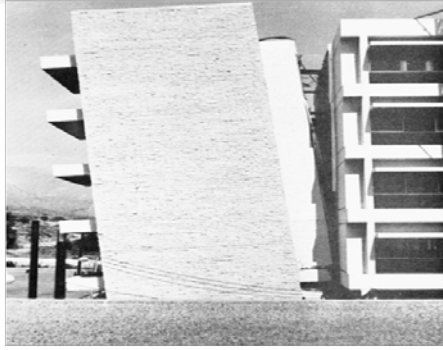
K_y : eksenel rijitlik

S : şekil faktörü

t_r : neopren levha kalınlığı

1. GİRİŞ

Deprem sonrası yapılan gözlemler ve araştırmalar, komşu binalar arasında ya da aynı yapının derzlerle ayrılmış farklı bölümlerinde özellikle birbirinden yeterli mesafe ile ayrılmadığı durumlarda çarpışma etkilerinin oluştuğunu göstermektedir. Ülkemizde yeni yapılan bitişik nizam yapılarda ve geniş açıklıklı dilatasyonlu yapılara bakıldığında yetersiz deprem derzi mesafesinde bitişik nizam yapıların inşaa edildiği gözlemlenmektedir. Çekiçleme etkisi ile geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde onlarca yapıda ciddi hasarlar oluşmasına ve çok sayıda can ve mal kaybına neden olmuştur. Çekiçleme etkisinin meydana gelmesinde bitişik nizam yapılarda ve büyük açıklıklı dilatasyonlu yapılarda yeterli derz mesafesinin bırakılmaması en büyük etkindir. Deprem sonrası yapılan gözlemler sonucunda, çekiçleme etkisinin yapılarda ileri düzeyde hasarlara yol açtığı, yapıda bulunan tesisatların çalışamaz konuma gelmesine ve mimari hasarlara neden olduğu belirlenmiştir. Geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde çekiçleme kuvvetiyle meydana gelen hasarların bazıları Şekil 1' de gösterilmiştir.



*OliveView
Hastanesi [BerteroveCollins, 1973]*



*1985 Mexico City depremi
hasarı [Arnold, 1989]*



2011 Erciş depremi [Ozmen ve diğ., 2013]

Farklı kat seviyelerinde üç komşu bina(anonim)

Şekil 1 :Geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde çekiçleme hasarları.

Bu çalışmanın amacı bitişik nizam yapılarda göz ardı edilen yeterli deprem derzi mesafesinin bırakılmaması ve denetlenmemesi sebebiyle olası bir deprem esnasında meydana gelecek hasarlarda çekiçleme etkisinin etkisini sönümleyerek azaltılması için bir öneri sunmaktır. Şekil 1’de görülen fotoğraflarda gerek malzeme kalitelerinin farklı olması veya farklı yıllarda inşa edilmeleri, gerek kat seviyelerinin ya da kat sayılarının farklı olması iki yapının dinamik karakteristiklerinin farklı olmasına ve yapılar arasında çarpışma etkisiyle tasarım sırasında öngörülmemiş ek kuvvetler oluşarak betonarme yapılarda ağır hasarlara neden olmuştur. Bu motivasyonla başlanan tez çalışması kapsamında toplamda 7 grup analiz neoprenli ve neoprensiz durum için simülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Bununla beraber literatürde çarpışma etkisini gerek deneysel gerek sayısal olarak çalışan oldukça fazla akademik çalışma bulunmaktadır.

Günümüzde inşaa edilen yapılarda yönetmeliklerce belirlenen deprem derzi mesafesi kurallarına uygun olmayan fotoğraflar Şekil 2’ de gösterilmiştir. Burada görülen fotoğraflar bitişik nizam imar durumunda eski yıllarda yapılmış yapıların yanında kentsel dönüşüm kapsamında yapılan bazı yapılar görülmektedir. Burada farklı rijitlikte ve farklı kat seviyelerine sahip bitişik nizam yapıların aralarında bırakılması gereken deprem derzi mesafeleri göz ardı edilmiştir.Bu durum olası bir

depremde can ve mal kayıplarına yol açacak nitelikte bir denetim ve uygulama eksikliğidir. Bu tez çalışmasında komşu yapılar arasında görülen çarpışma durumu sayısal olarak modellenmiş ve yapılarda oluşturacağı etkiler analitik ortamda simülasyonu gerçekleştirilmiştir.



İstanbul-Güngören,2018



İstanbul-Güngören,2018

Şekil 2:Çarpışma riski görülen durumlar

Az ve orta katlı yapıların analitik modelleri oluşturulmuş ve uygun deprem seçimi yapıldıktan sonra lineer olmayan dinamik analizler tekrarlanmıştır. Sayısal çalışmaların sonuçları; çekiçleme kuvveti ve kat kesme kuvveti kapsamında değerlendirilmiştir. Benzer yüksekliklere sahip yapılarda, farklı yükseklikleri olan yapılara göre daha az çekiçleme kuvveti gözlenmiştir. Ülkemizde ve dünyada gerçekleşmiş birçok depremden sonra özellikle birbirleriyle komşu binalarda, aynı binanın derzlerle ayrılmış farklı bölümlerinde ve bazı köprü yapılarında çekiçleme etkilerinin oluşturduğu hasarlar gözlenmiştir. Çekiçleme etkisi yapılarda çeşitli yapısal ve yapısal olmayan hasarlara yol açmıştır. Bu yüzden konu üzerine yapılan çalışmaların sayısı ve önemi artmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda yüksek sismik talepler, olumsuz zemin özellikleri ve binalar arasında yetersiz boşluk bırakılması çekiçleme etkilerinin daha fazla artmasına neden olmuştur. Çekiçlemenin etkilerini inceleyen, gözlemsel, deneysel, analitik çalışmalar bulunmaktadır.

Rosenblueth ve Bertero (1986), 1985 Mexico City depreminden sonra yapılan gözlemlerde çekiçleme etkilerinin doğurduğu sonuçlar ele alınmıştır. Mexico City

depreminden sonra 330 bina yıkılmış ya da ağır hasar almış, binalardan %40'ından fazlasında çekiçleme etkisi gözlenmiş ve en az %15'inin yıkılmasına çekiçleme etkisi sebep olmuştur. 1985 Mexico City depreminden sonra tek bir deprem süresince çekiçleme etkisinden kaynaklanan bina hasarlarının çok sayıda olduğunu bu yüzden Mexico City depreminin, çekiçlemenin ciddi bir sismik tehlike olduğunu göstermiştir. Çekiçlemenin aynı binanın derzlerle ayrılmış farklı birimlerinde ya da aralarında boşluk bırakılmış veya bitişik konumlandırılmış farklı binalarda meydana geldiğini belirtmiştir.

Kasai ve Maison (1996), 1989 LomaPrieta depreminden sonra San Francisco bölgesinde hasar gören binaları içeren kapsamlı bir gözlemsel çalışma yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda 200'den fazla binada çekiçleme hasarının olduğunu ve 500'den fazla binanın etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca önemli çekiçleme hasarlarının bulunduğu bu bölgenin depremin merkez üstünden 90 km uzaklıkta olduğunu ve gelecekte merkez üstünün daha yakın olabileceği muhtemel depremlerde oluşabilecek hasarların boyutuna dikkat çekmişlerdir. Yaptıkları gözlemlerde; çekiçleme hasarlarının öncelikle 1930'larda inşaa edilen çok katlı yığma binalarda olduğunu, olumsuz zemin özelliklerinden dolayı oluşan temel dönmelerinin çekiçleme hasarının olmasına katkı sağlayan bir faktör olduğunu, burulmadan dolayı oluşan çekiçleme hasarlarına dikkat çekmişlerdir.

Jankowski (2009), OliveView hastanesinin ana binası ile bu binadan bağımsız olarak inşaa edilmiş merdiven kulesinin 1971 San Fernando depreminde çarpışmasını incelemiştir. Merdiven kulesinin kendinden çok daha fazla rijit olan ana bina ile çarpışması sonucu ağır hasar aldığını ve bu hasarların yoğun olarak binanın tabanında oluştuğunu bundan dolayı merdiven kulesinin kalıcı olarak eğildiğini tespit etmiştir.

Chouw ve Hao (2011), 2011 Christchurch depreminden iki hafta sonra bu bölgede incelemelerde bulunmuş, binalarda ve köprülerde görelî hareket sebebiyle çekiçleme hasarları tespit etmişlerdir. Özellikle iş merkezi bölgesinde binalar arasında yetersiz boşluk bırakılmasını çekiçlemenin başlıca nedeni olarak göstermişler ve bu bölgede sıvılaşmadan dolayı oluşan çekiçleme hasarlarını tespit etmişlerdir.

Özmen ve diğ. (2013), 19 Mayıs 2011 Kütahya Simav’da meydana gelen deprem sonrası incelemelerde bulunmuş ve gerçekleşen hasar ve yıkımların nedenleri üzerinde durmuşlardır. Yapılan incelemelerde yetersiz detaylandırma ve malzeme özellikleri, işçilik ve uygulama hataları başta olmak üzere, hasar alan yapıların benzer eksikliklere sahip olduğu not edilmiştir. Özellikle bitişik nizamlı yapılarda yetersiz derz boşluğu ve tespit edilen rijitlik zayıflıklarına bağlı çekiçleme etkisi hasarları gözlemlemiştir.

Papadrakakis ve Mouzakis (1995), tasarladıkları çerçeve taşıyıcı siteme sahip 2 katlı betonarme bina ile sarsma tablasında bitişik nizam binalarda çekiçleme etkisini araştırmıştır. Modellerin statik karakteristiklerini belirlemek için statik test ve dinamik karakterlerini belirlemek için çeşitli sinüzoidal ve ivme sinyalleri altında testler yapmışlardır. Sarsma tablasında yapılan testler çekiçleme ve çekiçlemenin olmadığı durumlar için yapılmış ve çekiçleme etkisinin olduğu durumda binalar arasında boşluk bırakılmamıştır. Deney sonuçları, çekiçleme etkisinin rijit olan binada yerdeğiştirme taleplerini arttırdığını ancak daha esnek olan binada deplasman taleplerinin azaldığını göstermiştir. Deneysel sonuçlar oluşturulan analitik modeller ile karşılaştırıldığında sonuçlarda uyumluluk görülmüştür.

Chau ve diğ. (2003), yapmış oldukları çalışmada, çekiçleme etkilerini araştırmak için farklı doğal titreşim periyoduna, farklı sönüm oranına sahip iki model çelik binayı sarsma tablasında harmonik dalgalar ve 1940 El Centro deprem kaydını kullanarak deneysel bir çalışma yapmışlardır. Çelik binaları temsil eden modeller, 2 metre yüksekliğe sahip ve düzenli kutu profillerden imal edilen 4 adet kolondan ve döşemeden oluşturulmuştur. Farklı dinamik karakterlere ve farklı boşluk oranlarına sahip kombinasyonlar oluşturularak toplamda 190 adet deney gerçekleştirmişler ve çekiçleme etkisinin rijit olan bina modelinde tepkileri arttırdığını fakat esnek modelde kısıtladığını belirtmişlerdir.

Li ve Chouw (2014), yıkıcı etkiye sahip depremlerde köprü bölümleri arasında meydana gelen çekiçleme etkisinin köprü bölümlerinin görelî hareketinden kaynaklandığını ve köprü ayaklarında plastik mafsallı oluştuğunu belirtmişlerdir. Deney modeli Yeni Zellanda’nın Auckland şehrinde bulunan Newmarket viyadüğünün 1:125 ölçekte iki segment olarak kurulmuş ve doğrusal elastik olmayan davranışı göz önünde

bulundurmak için köprü ayaklarının uçlarında yapay plastik mafsallar oluşturmuşlardır. Model, sarsma tablası üzerinde yapay deprem kaydı altında test edilerek moment, dönme, deplasman ve çekişleme kuvveti gibi birçok parametre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çekişlemenin, plastik mafsallarda oluşan dönmeleri arttırdığını, köprü segmentleri arasındaki göre deplasmanın artmasına neden olduğunu ve plastik mafsallarda oluşan dönmelerden dolayı maksimum çekişleme kuvvetinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Kasai ve diğ. (1992), çekişleme hasar tiplerini inceledikleri ve analitik araştırma ile çekişleme etkisini değerlendirdikleri bir çalışma yapmışlardır. Çekişleme hasar tiplerini, büyük yapısal hasar, can güvenliği tehlikesi yaratacak hasar, mekanik, elektrik veya yangın koruma sistemi hasarı, mimari veya az yapısal hasar olarak 4 tipte sınıflandırmışlardır. Maison ve Kasai tarafından 1990 yılında geliştirilen Slam 2 çekişleme analiz programları çalışmada kullanılmıştır. Kullanılan program binaları çok serbestlik dereceli sistem olarak idealize edip çarpışmanın tek bir katta olduğunu varsaymakta ve çekişlemenin olduğu ve olmadığı durum olarak doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analiz yapmaktadır. Çalışmada örnek olarak 15 katlı ve 8 katlı bina Slam 2 programı ile çekişleme analizine tabi tutulmuş ve çekişlemenin olduğu kattaki, çekişleme kuvveti, kesme kuvveti ve ivme parametreleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çekişlemenin ani puls etkilerine sebep olduğunu ve çarpışmanın olmadığı duruma göre çarpışma katında ölçülen maksimum ivme değerlerinin 10 kata kadar artabileceğini vurgulamışlardır.

Pandelites ve Ma (1998), tarafından doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile tek serbestlik dereceli modeller kullanılarak çekişleme etkisinin yapılar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında analizler yapılmış, yapısal parametreler, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranış kabulleri göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçları değerlendirmek amacıyla, binaların tepe deplasmanları, ivme tepkileri, link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri ve çarpışma sayısı göz önünde bulundurulmuştur.

Muthukumar ve DesRoches (2006), yaptıkları çalışmada bitişik binalarda çekişleme etkisinin araştırılmasında kullanılan bağlantı (yay) modellerinden bazılarını karşılaştırmışlardır. Kuvvet tabanlı yay modeli, Kelvin, Hertz ve Hertz yasalarına dayalı olan doğrusal ötesi histerezis sönümleyici *Hertz-damp* modelini analizlerde kullanmışlardır. İki serbestlik dereceli sistemi 13 depreme ait 27 farklı ivme kaydı altında lineer elastik analiz yapmışlardır. Sonuç olarak Kelvin ve Hertz-damp modellerin farklı metotlar kullanmasına rağmen benzer sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Düşük PGA seviyelerinde Hertz modelinin yeterli sonuçlar verdiğini, Hertz-damp modelininse yüksek PGA seviyelerinde, oluşan enerji kaybından dolayı daha doğru sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

İnel ve Özmen (2006), statik itme analizinde dayanım ve deformasyon kapasitesini belirlemek için kullanıcı tanımlı ve program tarafından ATC-40 ve FEMA-356 yönetmelikleri esas alınarak otomatik atanan plastik mafsalları karşılaştırmıştır. Sonuç olarak otomatik mafsalları özelliği ile yapılan analizlerde elde edilen yerdeğiştirme kapasitesinin olması gerekenden daha yüksek bulunduğu gözlemlenmiştir. Modern yönetmeliklere göre tasarlanan binalarda iki yöntem arasındaki fark azalmaktadır. Yazarlar eski binaların analizlerinde kullanıcı tanımlı mafsalları önemini vurgulamışlardır.

Doğan ve Günaydın (2009), çarpışmanın sonuçları ve yapı elemanları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bunun için oluşturdukları çerçeve modellerde farklı darbe noktaları için gerilme analizi yapmışlardır. Kat seviyesinde, kolon orta bölgesinde ve kolon yüksekliğinin 1/3 ve 2/3 ünde gerçekleşen çarpışmalar için gerilme analizi yapmış ve kat seviyesinde gerçekleşen bu bölgenin daha rijit olmasından dolayı enerji transferinin diğer elemanlara daha fazla aktarıldığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, çarpışma kuvvetlerinin çok büyük olmalarından dolayı tamamen absorbe edilmediğini fakat bitişik binalar arasına elastik malzemeler konulmasıyla veya yapısal sistemin yerinde döküm betonarme perdelerle güçlendirilmesiyle azaltılabildiği görülmüştür (Doğan ve Günaydın 2009).

Çelik (2011), düşük ve orta katlı mevcut betonarme binaların yerdeğiştirme taleplerini değerlendirme amacı ile tez çalışması yapmıştır. Çalışma kapsamında 2, 4 ve 7 katlı 3 boyutlu bina modelleri kullanılmıştır. Kullanılan modeller 1975 ve 1998

Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre modellenmiş ve her iki yönetmelik durumunda iki farklı beton dayanımı ele alınmıştır. Farklı zemin sınıfları üzerinde kaydedilmiş toplam 41 adet ivme kaydı kullanılarak toplamda 984 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda taban kesme kuvveti, tepe deplasmanı, maksimum görelî kat ötelenme talepleri, maksimum görelî kat ötelenmesinin olduğu kat gibi parametreler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak beton sınıfının yatay dayanım ve deplasman taleplerine etkisinin sınırlı olduğunu, en büyük yer ivmesi (PGA) değeri büyük olan depremlerin daha büyük tepe deplasman değerleri verdiğini ve maksimum görelî kat ötelenme oranı değerlerinin tepe noktası ötelenme oranından yaklaşık %50 daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Besikçi (2013), mevcut betonarme binalarda zemin kat duvarlarının olmaması nedeniyle oluşabilecek yumuşak kat düzensizliğinin yapı davranışına etkisini belirleyebilmek amacıyla tez çalışması yapmıştır. Çalışma kapsamında 3 boyutlu 2, 4 ve 7 katlı farklı beton dayanımına sahip mevcut yapı stoğunu temsil eden 12 adet bina modelini 41 adet ivme kaydını kullanarak toplamda 984 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz gerçekleştirmiştir. Elde ettiği talepleri yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı referans bina talepleriyle kıyaslayarak değerlendirmiştir. Taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı ve maksimum görelî kat ötelenme oranı parametrelerini kıyaslamıştır. Kat sayısı arttıkça düzensizlikten doğan farklılığın diğer katlara göre azalması sebebiyle 7 katlı binalarda çatı katı deplasmanı ve görelî kat ötelenme değerlerinde yumuşak kat eğrilerinin sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.

Efraimiadou ve diğ. (2013), bitişik binaların sismik etkiler altında davranışının incelendiği detaylı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında beş ve sekiz katlı toplam dört farklı betonarme bina ve dokuz farklı ikili kombinasyon oluşturularak zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analize tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda maksimum tepe deplasmanları, kalıcı ötelenme, görelî kat ötelenme oranları, çarpışma kuvveti gibi birçok parametre değerlendirilmiştir. Ayrıca birçok çalışmadan farklı olarak çekiçleme etkisinin bazı durumlarda kalıcı ötelenmeleri sınırlayarak sismik davranışa olumlu katkılar verebileceği vurgulanmıştır.

Rajaram ve Ramancharla (2014), komşu binaların çarpışması esnasında oluşan burulmanın çekiçlemeye olan etkisini araştırmak için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada farklı dinamik karakterlere sahip tek katlı iki betonarme bina kullanılmıştır. Bu binaları plan görünümünde farklı aks düzlemlerine taşıyarak ve farklı kat yükseklikleri ile aralarında 1 cm mesafe bırakarak kombinasyonlar oluşturmuşlardır. Bu kombinasyonlar ile El-Centro deprem kaydı altında zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Plan görünümünde komşu binanın taşınma mesafesi arttıkça çekiçleme kuvveti artmış ancak çarpışma sayısı aynı kalmıştır. Çarpışmanın kolon orta bölgesinde gerçekleştiği durumda binalarda daha fazla hasar gözlemlenmiştir.

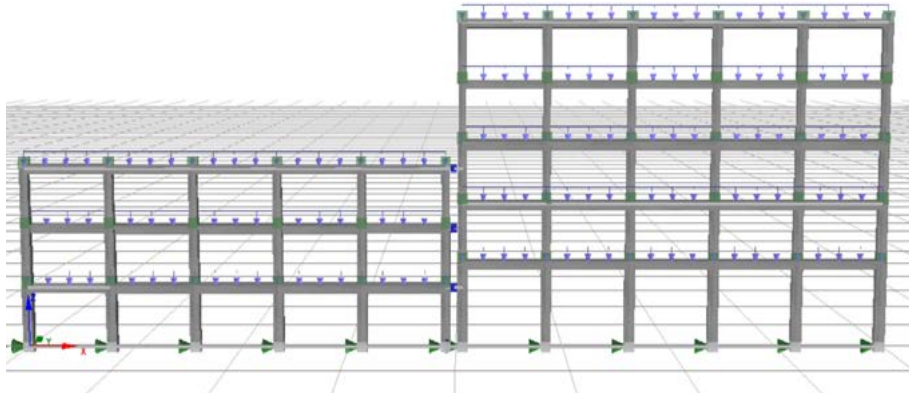
İnel ve diğ. (2014), aralarında yetersiz boşluk bulunan orta katlı mevcut betonarme binalar üzerindeki çekiçleme etkisini araştırmışlardır. Mevcut yapı stoğunu temsil eden ve 1975 Deprem Yönetmeliği ve 1998 Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak modellenmiş 4 ve 7 katlı bina modelleri kullanmışlardır. Aralarında 2cm mesafe bulunan 2 farklı kombinasyonu 4 farklı deprem kaydı altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analize tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri sonuçları çekiçlemenin olmadığı referans kabul ettikleri durum ile kıyaslamışlar ve çatı deplasmanı, çekiçleme kuvveti gibi parametreleri değerlendirmişlerdir. Çarpışma yönünde çatı deplasman talebinin azaldığını serbest yönde arttığını, 1975 Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak modellenen binaların rijitliğinin daha az olduğundan dolayı çarpışmalardan daha fazla etkilendiğini, oluşan büyük çarpışma kuvvetlerinin ani talep artışlarına neden olduğunu ve yapı kapasitesini hızlı tükettiğini vurgulamışlardır.

2. ANALİTİK MODELLERİN OLUŞTURULMASI

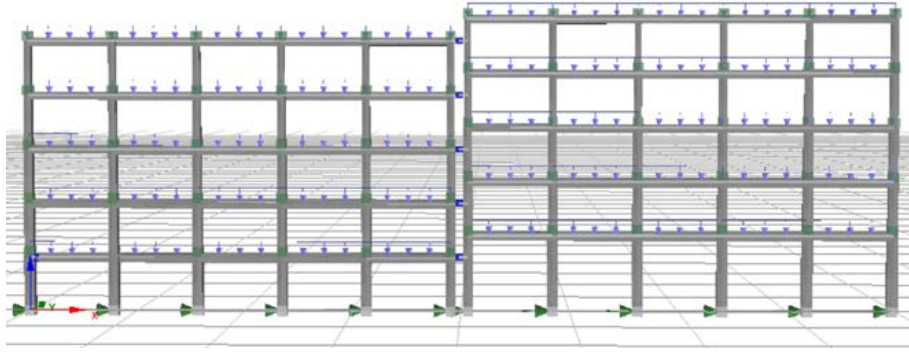
Analitik modeller lif esasına dayalı olarak çalışan Sesimo-Struct isimli bir sonlu elemanlar bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada doğrusal olmayan analiz yöntemi seçilmiştir. Bu hesap yönteminin uygulanmasını sağlayan SeismoStruct 7.0.0 programı modellemede ve sonuçların alınmasında kullanılmıştır [SeismoStruct Manual].

SeismoStruct, yapıların statik ve dinamik yükler etkisi altında geometri ve malzeme açısından lineer olmama durumunu hesaba katarak yerdeğiştirmeleri ve diğeri yapısal büyüklükleri hesaplayabilen sonlu eleman esasına dayalı olarak çalışan yapısal analiz programıdır.

Yazılımın üç ana modülü vardır; *işlemci*: analizin çalıştırıldığı alan, modülün kontrolü tamamen görsel ara yüz dosya ayarlama, programlama komut dizisi hazırlama, vb. diğeri zaman alıcı ve karmaşık metin düzenleme işlemleri yapmayı gerektirmemektedir. Diğeri taraftan, İşlemci yerdeğiştirme eğrilerinin ve yapının deforme şeklinin çizimlerini eş zamanlı olarak gösterilmesi, analizin durdurulup/devam ettirilmesi özelliklerine; *art işlemci*ye elde edilen tüm çizimlerin özelleştirilmesi gibi kullanıcıların verimliliğini artıran ileri art işlemci özelliklerine sahiptir. Analitik çalışmaların gerçekleştirildiği modeller Şekil 3 ve Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 3: 3 Katlı 5 Açıklıklı ve 5 Katlı 5 Açıklıklı B.A Çerçeve Sistem.

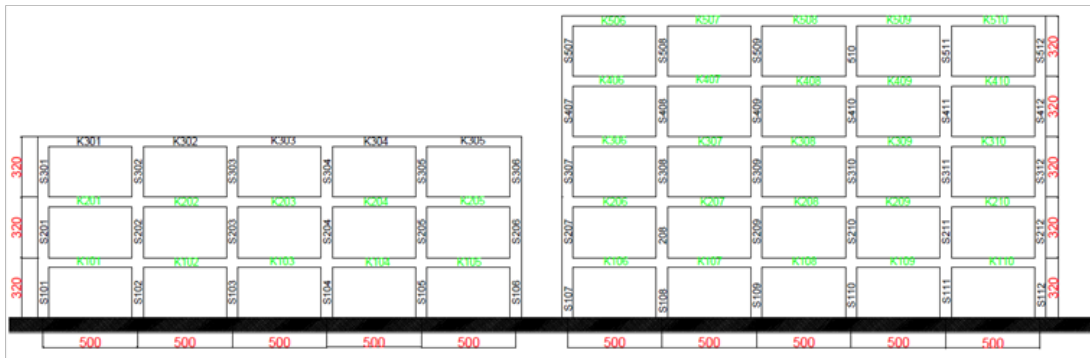


Şekil 4: 5 Katlı 5 Açıklıklı ve 5 katlı 5 açıklıklı B.A Çerçeve Sistem

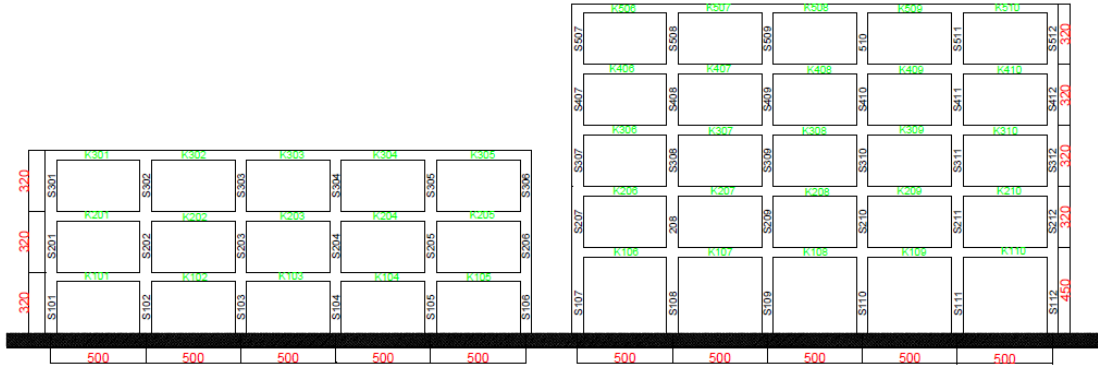
2.1. Betonarme Yapı Modeli

Analitik çalışma kapsamında yer alan betonarme çerçeve sistemlere ait yapısal boyutları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir. Analitik çalışmada ikili yapı gruplarının çarpışma durumları incelenmiş olup, kat yükseklikleri 3.2 m olan ve *a* grubu olarak isimlendirilen yapı 3 katlı ve 5 açıklıklı iken *b* grubu olarak isimlendirilen yapı grubu 5 katlı ve 5 açıklıklı yapı sistemine karşılık gelmektedir. Bunun yanı sıra çarpışma etkisinin kat ortasında gerçekleştiği durumu incelemek amacıyla *c* ve *d* grupları oluşturulmuştur. Bu etkinin oluşturulması birinci kat yüksekliğinin *d* grubu yapılarında 4.5 m olarak öngörülmesiyle oluşturulmuştur.

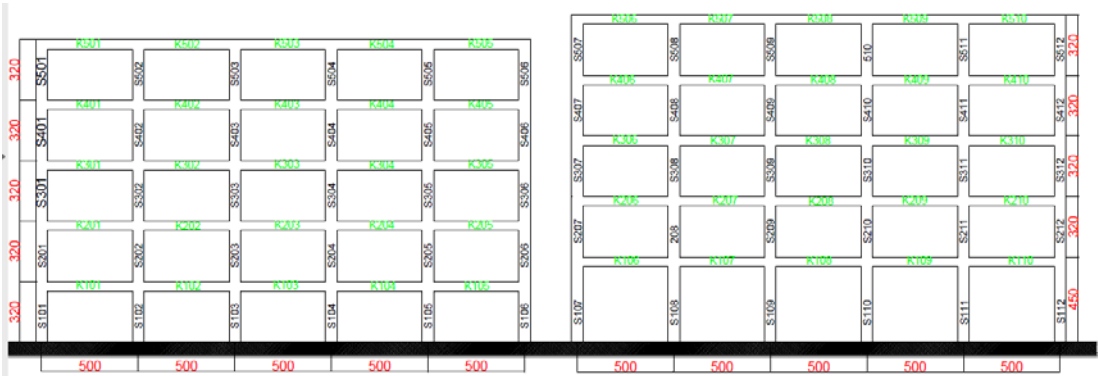
Çarpışma durumunun eşit kat seviyelerinde olduğu senaryo #1 olarak isimlendirilmiş olup Şekil 5’te görülmektedir.



Şekil 5: #1a×b grubunda kullanılan Sistem boyutları



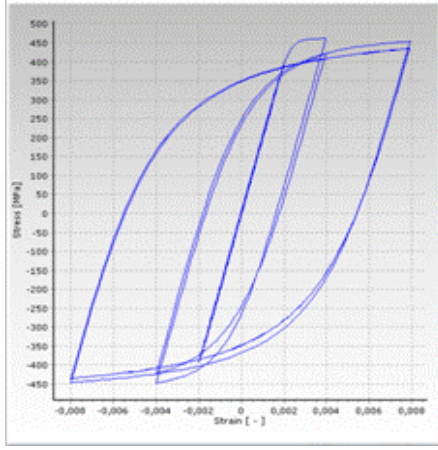
Şekil 6: #2, #3 ve #4a×b grubunda kullanılan sistem boyutları



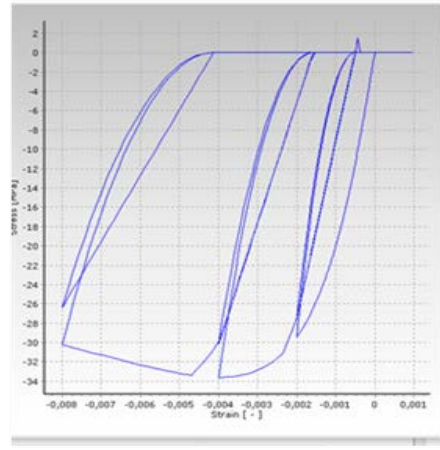
Şekil 7: c×d grubunda kullanılan Sistem boyutları

Betonarme çerçeve sistemde kullanılan çelik donatı ve beton özelliklerine ait gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri Şekil 8'de verilmiştir. Beton modeli olarak Seismo-Struct kütüphanesinde yer alan Manderbeton modeli idealize edilmiştir (Mander ve diğ., 1988). Çelik için Manegetto-Pinto modeli esas alınmıştır (Menegotto, and Pinto, 1973).

Çarpışma etkisinin oluşmasının başlıca sebepleri arasında komşu iki yapının dinamik karakteristiklerindeki farklılıklar olup, bu farklılıkların oluşmasına malzeme kaliteleri ve bina toplam yüksekliği birinci derecede sebep teşkil etmektedir. Bu durumları temsil etmek amacıyla oluşturulan analitik modellerde değişkenler olarak; farklı kat seviyeleri, toplam bina yükseklikleri ve kullanılan malzeme kalitesinde farklılıklar öngörülmüştür. Malzeme kalitesinin yeterli ve yetersiz olması durumunun detaylandırması ilerleyen bölümlerde yapılacaktır.



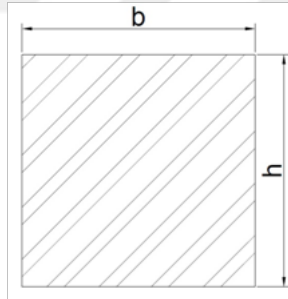
Çelik Modeli



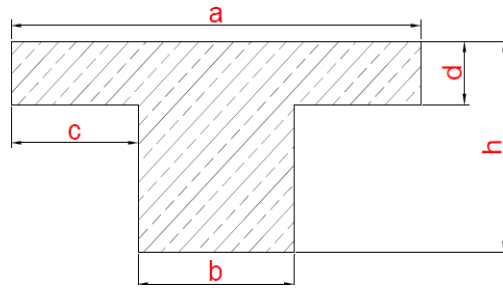
Beton Modeli

Şekil 8: Esas alınan çelik donatı ve beton modeline ait gerilme grafikler

Yapı sisteminde yer alan kolon ve kiriş boyutları Şekil 9'da verilmiştir. Lineer olmayan analitik modelin oluşturulmasında tercih edilen programın eleman varsayımı özelliklerine bağlı olarak kesit analizi program içerisinde otomatik olarak belirlenmektedir. Yayıllı plastisite varsayımının geçerli olduğu deplasman esaslı elemanlarda kesit analizinin ayrıca yapıldığı başka bir hesap ortamı bulunmamaktadır.



Kolon



Kiriş

Şekil 9: Kolon – kiriş boyutları

Betonarme çerçeve sistemlere ait kolon ve kirişlerde bulunan yatay ve düşey çelik donatı çapları ve sayıları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1: Kiriş En Kesit Boyutları ve Boyuna Donatıları

Kat	Malzeme Durumu	Kiriş	b/h (cm)	a (cm)	c (cm)	d (cm)	Alt Donatı	Üst Donatı	Sol Mesnet Üst Donatı	Sağ Mesnet Üst Donatı
1,2,3,4,5,6	Yeterli	Tip	50x40	105	32,5	15	4Ø16	3Ø16	2Ø18	2Ø18
1,2,3,4,5,6	Yetersiz	Tip	50x40	105	32,5	15	4Ø12	3Ø12	1Ø14	1Ø14

Tablo 2: Kolon En Kesit Boyutları ve Boyuna Donatılar

Kat	Kolon	b/h(cm)	Yeterli	Yetersiz
1	S101-S107	60x60	12Ø20	12Ø16
2	S201-S212	55X55	10Ø20	10Ø16
3	S301-S312	50X50	10Ø20	10Ø16
4	S401-S412	45x45	8Ø20	8Ø16
5	S501-S512	40x40	8Ø20	8Ø16

Yapı sistemiliteratürde var olan bir çerçeve sistem esas alınarak oluşturulmuştur. Yapı sistemine ölü yük olarak 8 kN/m², hareketli yük olarak 2 kN/m² ve çatı yükü 1.5 kN/m² olarak alınmıştır (F.Lopez-Almansa ve A.Kharazian, 2014).

Malzeme kalitesinin yeterli olduğu durumda beton malzeme C30, çelik kalitesi S420 olarak kullanılırken, malzemenin yetersiz olduğu durumda beton C10, çelik kalitesi S220 olarak esas alınmıştır.

2.2. Deprem derz mesafesi

İki yapı arasında çarpışma etkilerinin azaltılmasına yönelik bazı önlemler TDY 2007 yönetmeliği gereğince aşağıda belirtilen durumlarda uyulması gereken deprem derz boşlukları kapsamında tanımlanmıştır (DBYBHY, 2007)

2.10.3. Deprem Derzleri Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski

binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir: 25 2.10.3.1 – 2.10.3.2'ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Gözönüne alınacak kat yerdeğiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış diyerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yerdeğiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

(a) *Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.*

(b) *Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır.*

2.10.3.2 – Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir. 2.10.3.3 – Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir (DBYBHY, 2007)

Yönetmelik gereğince hesaplanan deprem derzi mesafesi (d) bağıntısı Denklem 2.1'de verilmektedir. Denklemde Y_1 ve Y_2 büyüklükleri sırasıyla 1. ve 2. yapıya ait en büyük yerdeğiştirme değerleridir. Bu değerin hesaplanabilmesi için uygun bir tasarım depremi etkisi altında ön dinamik analiz gerçekleştirilmiştir.

$$d = \alpha \cdot \sqrt{Y_1 \cdot Y_2} \quad (\text{Denklem 2.1})$$

Seçilen tasarım depremi etkisi altında gerçekleştirilen ön dinamik analiz sonucundan elde edilen yerdeğiştirme değerleri 5 katlı yapı için 3,9 cm, 3 katlı yapı için 0,6 cm olarak belirlenmiştir. İlgili denklem kullanılarak deprem derzi mesafesi 15,78 cm olarak hesaplanmıştır.

Yönetmelik tavsiyesi olarak deprem derzi boşluğu 15,78 cm olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında çoğu saha uygulamalarında görülen durumu temsil etmesi amacıyla 5 cm değerinde bir derz boşluğu kullanılmıştır.

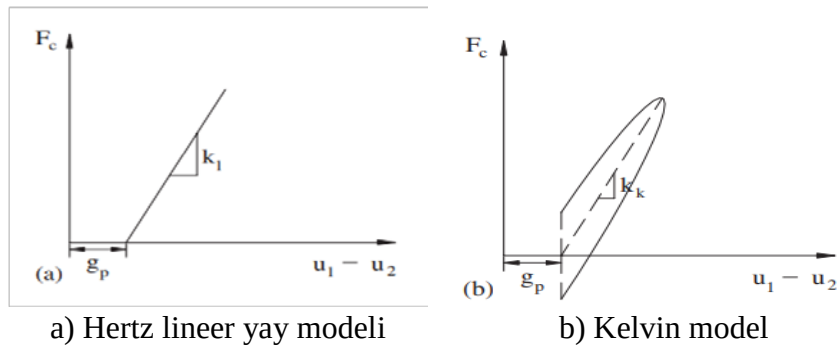
2.3. Çarpışma Modeli

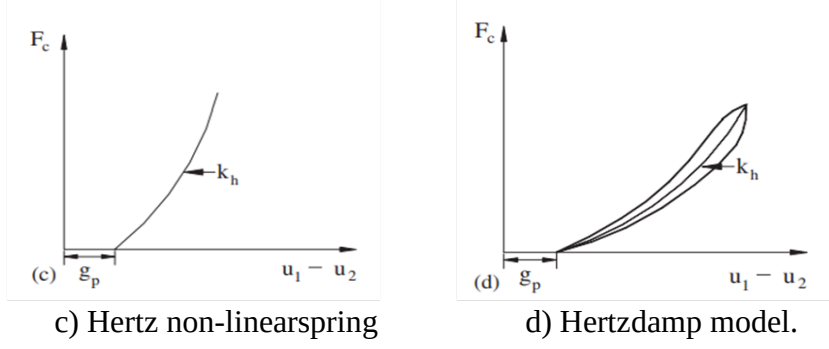
Çarpışma modelinin oluşturulması için Seismo-Struct isimli programda hazır bağlantı elemanı modeli kullanılmıştır [Seismo-Struct]. Bağlantı elemanı modeli belirli bir mesafeye kadar eksenelrijitliği olmayan ancak bir eleman belirli bir yerdeğiştirme seviyesinden sonra öngörülen rijitliğialgılayan bir model olarak düşünülmüştür. Bu durumda, deprem derz boşluğu kapandıktan sonra tanımlanan bağlantı elemanı modeli yük üretecektir. Deprem derz boşluğu kapanmadan önce elemenda gerçek durumu temsil eden kapanma söz konusu olmadığı için yük oluşmayacaktır.



Şekil 10: Bağlantı elemanı modeli

Bağlantı elemanı modelinin eksenelrijitliği ile ilgili olarak literatürde çok sık kullanılan 4 farklı temas modeli bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında Hertz lineer yay modeli kullanılmıştır, Şekil 11(a).





Şekil 11: Çeşitli etki modelleri için kontak kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

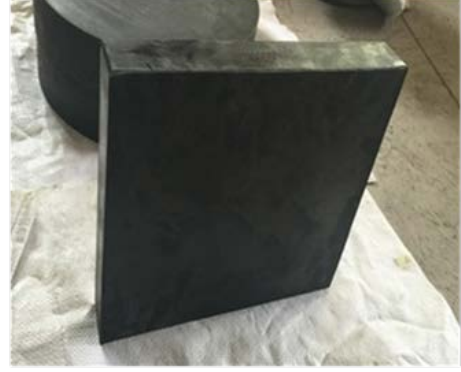
Burada görülmekte olan yay modelleri kendi içerisinde sönüm etkisini barındıran ve enerji tüketebilen modeller olabildiği gibi lineer ve lineer olamayan yay modellerini de esas alabilmektedir. Yay modellerinde betonarme yüzeyler için tanımlanan lineer rijitlik yay katsayısı olarak $k=93500$ kN/mm olarak alınmıştır (Muthukumar ve DesRoches, 2006).

2.4. Neopren Dolgu Malzemesi Modeli

Bu çalışmada komşu iki yapı arasında gerçekleşen çarpışma etkilerinin azaltılmasına yönelik önerilerde bulunulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda iki yapının arasına çarpışma enerjisini tüketmesi için kauçuk esaslı malzemelerin kullanılması önerilmektedir.

Betonarme yapıların çarpışması durumunda oluşan çekiçleme etkilerinin azaltılması için derz boşluklarına sönümleyici elemanlar ilave edilmesi fikri Anagnostopoulos S.A, tarafından önerilmiştir (Anagnostopoulos S.A, 1988).

Bu tez çalışmasında bitişik nizam yapıların birbiriyle olan çarpışma etkisinden kaynaklanan ek çekiçleme kuvvetlerinin seviyelerinin azaltılması amacıyla deprem derz boşluklarının arasına neopren tabaka ilave edilmesi önerilmiştir. Neopren tabakalar literatürde farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Uygulama alanıyla ilgili çeşitli fotoğraflar 12'de verilmiştir.



Şekil 12: Neopren kauçuk tabakaların kullanım alanlarıyla alakalı örnekler.

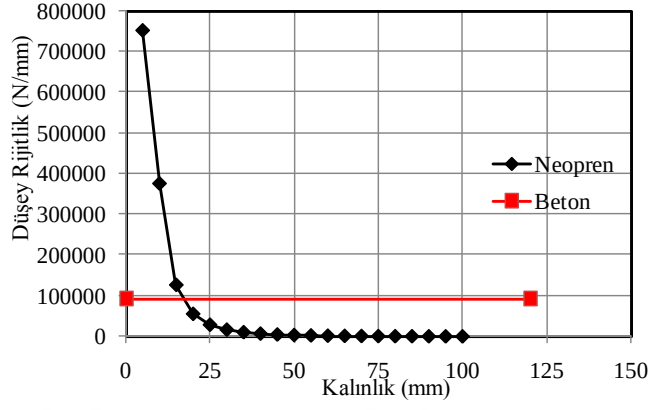
Tez kapsamında ele alınan bitişik yapıların arasına neopren tabaka ilavesi literatürde yer alan bir analitik modele dayalı olarak yapılmıştır. Kelly ve diğ. neopren tabakaların eksenel rijitlikleriyle ilgili önermiş oldukları kapalı bağıntı denklemler 2.2, denklemler 2.3 ve denklemler 2.4'te verilmiştir. Şekil faktörü “S” büyüklüğünün farklı aralıktaki ($S < 10$ durumu için) değerlerine göre eksenelrijitlik bağıntısı değişmekte olup, bu tez çalışmasının kapsamında ele alınan durum için aşağıda özetlenmiştir. Eksenel rijitliğin (K_v) belirlenmesi için kullanılan bağıntının içerisinde yer alan büyüklükler neopren levha kalınlığı (t_r), levha yüzeyel alanı (A), kayma modülü ($G=1$ Mpa), bulk modülü ($K=1000-3500$ MPa), Elastisite Modülü (E_c) olarak bilinmektedir.

$$K_v = (E_c \times A) / t_r \quad \text{Denklem 2.2}$$

$$E_c = 6 \times G \times S^2 \times (1 - 8 \times G \times S^2 / K_v) \quad \text{Denklem 2.3}$$

$$S = R / 2 \times t \quad \text{Denklem 2.4}$$

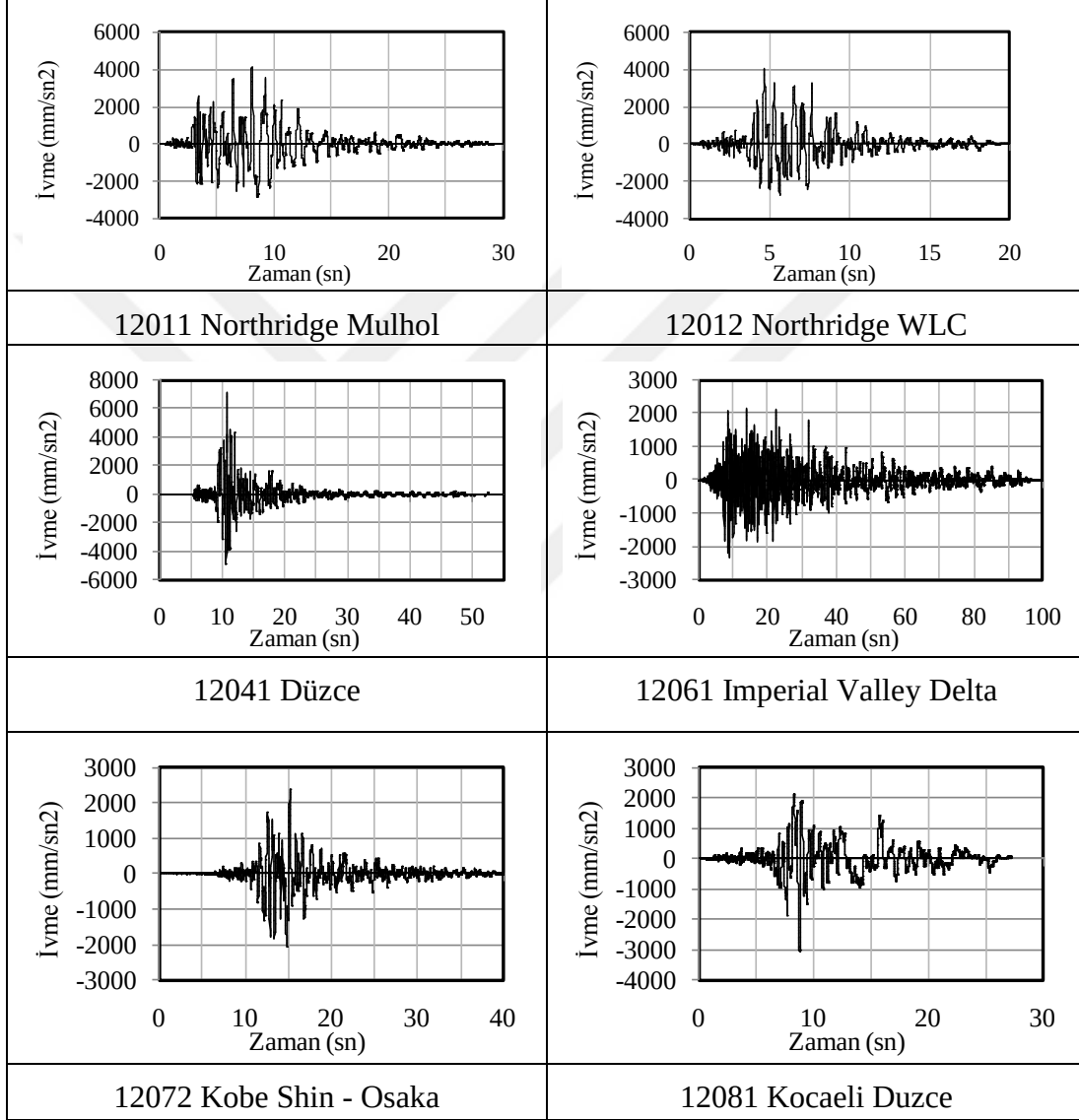
İlgili bağıntılar kullanılarak elde edilen düşey rijitlik değerlerinin neopren levha et kalınlıklarına göre değişim grafikleri Şekil 13'te gösterilmiştir.

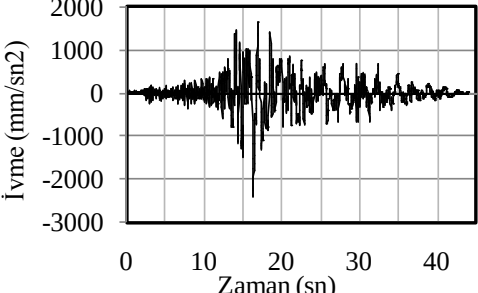
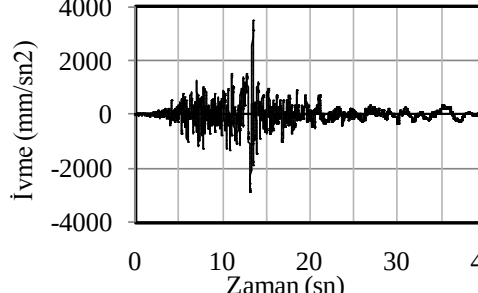
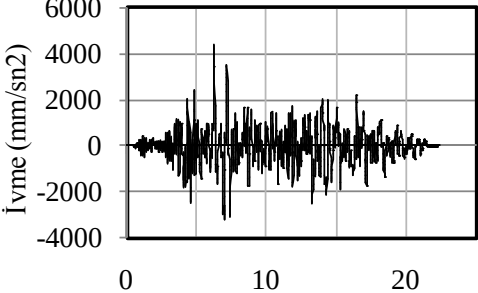
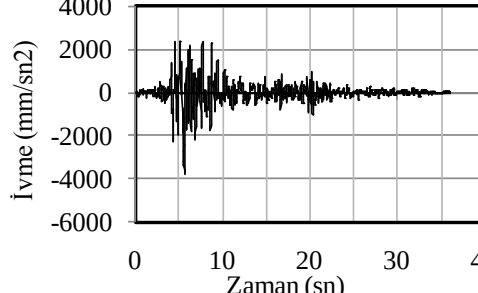
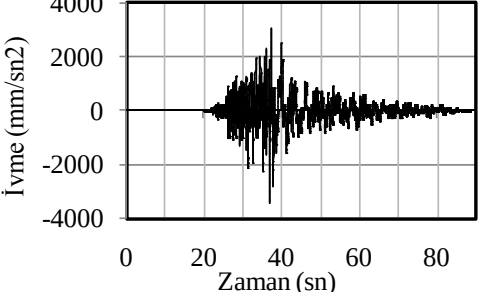
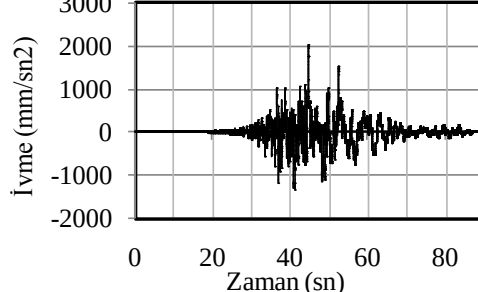
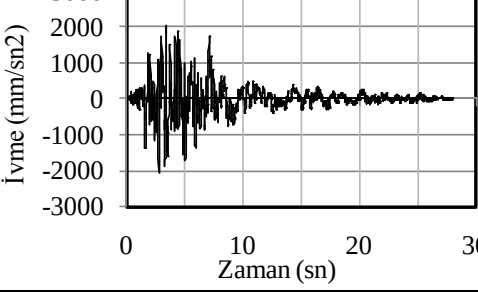


Şekil 13: Neopren levhaların et kalınlıklarına göre değişen düşey rijitlik değerleri.

3. ANALİTİK ÇALIŞMA

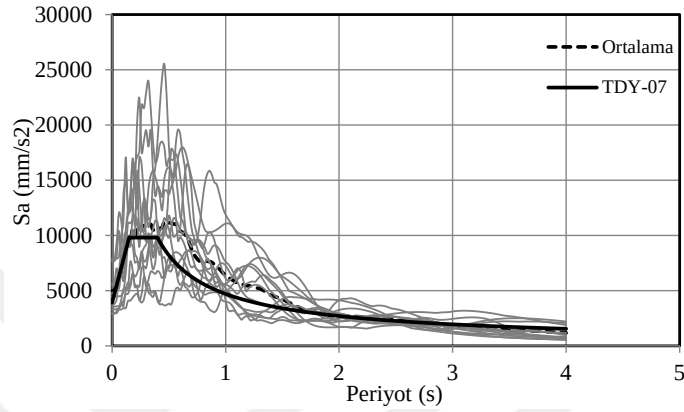
Analitik çalışma 6 farklı grupta neoprenli ve neoprensiz durumların ayrı ayrı ele alındığı lineer olmayan dinamik analizin gerçekleştirildiği bir seri analizden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan deprem kayıtları zamana bağlı olarak Şekil 14’de verilmiştir.



	
12091 Landers Yermo Fire Station	12121 Superstition Hills Elcentra Imp. Co.
	
12122 Superstition Hills Poe Road	12132 Cape Mendocino Rio Dell Overpass
	
12141 Chi Chi Taiwan CHY101	12142 Chi Chi Taiwan TCU045
	
12151 San Fernando LA-Hollywood	

Şekil 12 : Analizlerde kullanılan deprem kayıtları

Zaman tanım alanında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan deprem kayıtları FEMA'nın P695 metodu kapsamında verilen 22 deprem kaydı arasından seçilen 13 deprem kaydı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan deprem kayıtlarının spektral ivme grafikleri Şekil 14'de görülmektedir.



Şekil 13 : Deprem kayıtları için oluşturulan spektral ivme grafikleri

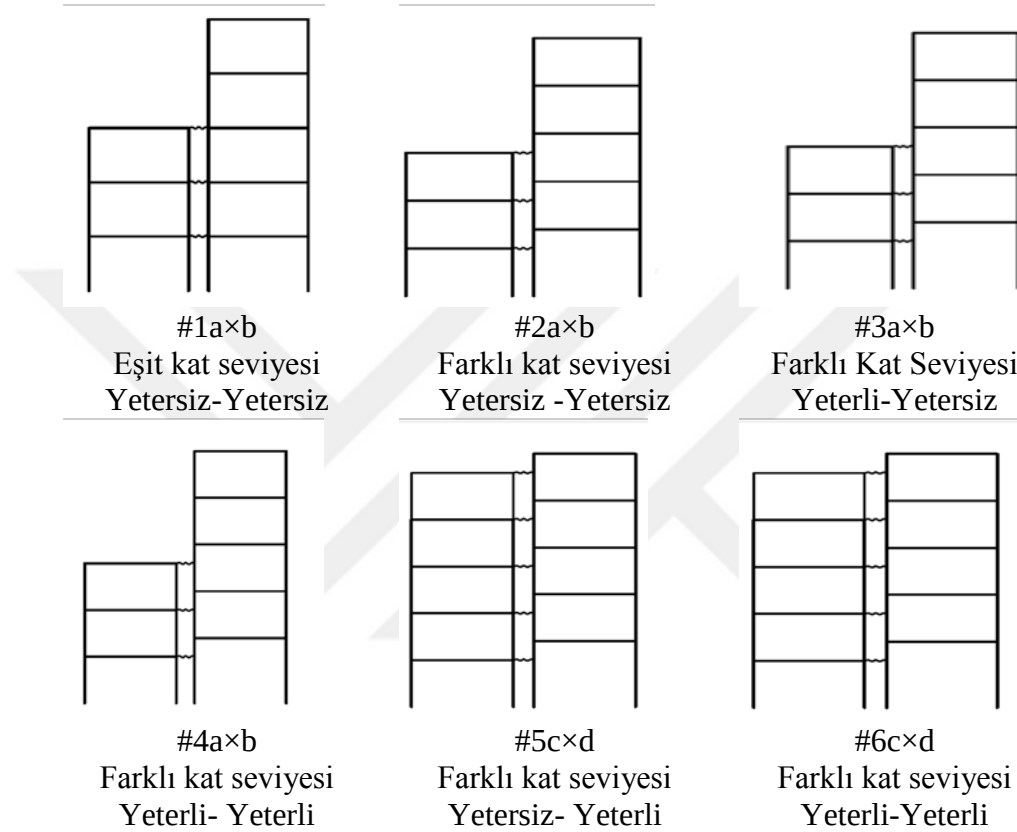
Oluşturulan analitik modeller ve gerçekleştirilen analiz grupları Tablo 3'de verilmiştir. Burada temel parametreler kat sayısı, kat seviyesi, malzeme kalitesidir.

Tablo 3 : Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz grupları

Analiz	İSİM	KAT	AÇIKLIK	KAT SEVİYESİ	KALİTE	DERZ MESAFESİ
1a×b	a	3	5	Eşit	Yetersiz	5 cm
	b	5	5	Eşit	Yetersiz	5 cm
2a×b	a	3	5	Farklı	Yetersiz	5 cm
	b	5	5	Farklı	Yetersiz	5cm
3a×b	a	3	5	Farklı	Yeterli	5cm
	b	5	5	Farklı	Yetersiz	5cm
4a×b	a	3	5	Farklı	Yeterli	5cm
	b	5	5	Farklı	Yeterli	5cm
5c×d	c	3	5	Farklı	Yeterli	5cm
	d	5	5	Farklı	Yetersiz	5cm
6c×d	c	5	5	Farklı	Yeterli	5cm
	d	5	5	Farklı	Yeterli	5cm

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz grupları Şekil 15'te görsel olarak özetlenmiştir. Eşit kat seviyesinde katlar hizasında çarpışma gerçekleşirken, farklı kat

seviyelerinde çarpışma etkileri yapı döşemelerinin farklı seviyelerde olmasından dolayı, kat içerisinde bir noktada gerçekleşmektedir. Bu nokta kat seviyelerinin farklı olduğu durumlarda komşu yapının döşemesi diğer yapının kolon yüksekliğinin 2/3 seviyesi olarak tanımlanmıştır. Literatürde var olan örnekler kat seviyelerinin belirlenmesinde yol gösterici olmuştur.



Şekil 14 : Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz gruplarının şematik gösterimi

Yukarıda görüldüğü üzere 6 adet ayrı dinamik özelliklere ve farklı kat seviyelerine sahip B.A çerçeve sistemlere seçilen 13 farklı deprem kaydı etkilmiştir.

3.1. Analiz Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında yapılmış olan analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Neoprenli ve neoprensiz durumdaki çekiçleme kuvvetlerine ve kat kesme kuvvetlerine yer verilmiştir. Analiz sonuçları, çekiçleme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve çekiçleme enerjisi kapsamında değerlendirilmiştir.

3.1.1. Çekişleme Kuvvetleri

Neoprenli ve neoprensiz durumda #1a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4 : #1a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)

Deprem	Derz durumu	Katlar				
		1	2	3	4	5
#1	Neoprensiz	0	0	475	-	-
	Neoprenli	54	123	200	-	-
#2	Neoprensiz	0	0	360	-	-
	Neoprenli	63	104	185	-	-
#3	Neoprensiz	0	0	591	-	-
	Neoprenli	66	131	236	-	-
#4	Neoprensiz	0	0	275	-	-
	Neoprenli	72	132	191	-	-
#5	Neoprensiz	0	0	53	-	-
	Neoprenli	52	98	132	-	-
#6	Neoprensiz	0	0	0	-	-
	Neoprenli	28	65	111	-	-
#7	Neoprensiz	0	0	0	-	-
	Neoprenli	72	138	195	-	-
#8	Neoprensiz	0	0	316	-	-
	Neoprenli	13	45	96	-	-
#9	Neoprensiz	283	258	208	-	-
	Neoprenli	31	26	16	-	-
#10	Neoprensiz	0	0	303	-	-
	Neoprenli	0	0	0	-	-
#11	Neoprensiz	0	0	0	-	-
	Neoprenli	0	0	0	-	-
#12	Neoprensiz	0	0	0		
	Neoprenli	0	0	0		
#13	Neoprensiz	21	299	355		
	Neoprenli	72	101	125		

Neoprensiz durumda üçüncü kat seviyesinde oluşan en büyük çekişleme kuvveti 591 kN’dur. Bunun karşılığında aynı deprem kaydı etkisi altında neoprenli durumda oluşan en büyük çekişleme kuvveti değeri 236 kN olmuştur. Neopren dolgu malzemesi kullanımıyla üçüncü kat seviyesinde çekişleme kuvveti ortalama %50

azalmıştır. Tablo 5’te neoprenli ve neoprensiz durumda 2a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri gösterilmektedir.

Tablo 5 : #2a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri

Deprem	Derz durumu	Katlar				
		1	2	3	4	5
#1	Neoprensiz	162	942	757		
	Neoprenli	239	344	394		
#2	Neoprensiz	0	390	449		
	Neoprenli	141	188	218		
#3	Neoprensiz	27	789	698		
	Neoprenli	131	231	251		
#4	Neoprensiz	0	420	460		
	Neoprenli	80	136	168		
#5	Neoprensiz	0	332	374		
	Neoprenli	139	191	228		
#6	Neoprensiz	0	241	423		
	Neoprenli	123	151	192		
#7	Neoprensiz	0	612	557		
	Neoprenli	0	308	426		
#8	Neoprensiz	287	690	586		
	Neoprenli	280	405	423		
#9	Neoprensiz	0	271	463		
	Neoprenli	181	263	195		
#10	Neoprensiz	329	1130	948		
	Neoprenli	211	303	346		
#11	Neoprensiz	272	752	651		
	Neoprenli	198	261	373		
#12	Neoprensiz	181	406	341		
	Neoprenli	196	299	313		
#13	Neoprensiz	0	258	497		
	Neoprenli	92	186	228		

Analiz grubu olan #2a×b neoprensiz durumda en büyük çekişleme kuvveti olarak 1130 kN değeri görülmekte olup bu değerin karşılığında neoprenli durumda 303 kN bir çekişleme kuvveti oluşmuştur. Söz konusu analiz grubundan 2. kat seviyesinde neopren kullanımı % 70 oranında çekişleme kuvvetinin azalmasına sebep olmuştur.

Neoprenli ve neoprensiz durumda #3a×b analiz türü için gerçekleşen çekiçleme kuvvetleri Tablo 6’da özetlenmiştir.

Tablo 6 : #3a×b analiz türü için gerçekleşen çekiçleme kuvvetleri (kN)

Deprem	Derz durumu	Katlar				
		1	2	3	4	5
#1	Neoprensiz	27	824	858		
	Neoprenli	227	317	393		
#2	Neoprensiz	0	373	538		
	Neoprenli	158	248	301		
#3	Neoprensiz	0	435	748		
	Neoprenli	104	148	217		
#4	Neoprensiz	0	0	102		
	Neoprenli	128	187	198		
#5	Neoprensiz	129	669	573		
	Neoprenli	124	183	225		
#6	Neoprensiz	0	0	809		
	Neoprenli	188	272	311		
#7	Neoprensiz	0	354	525		
	Neoprenli	129	189	223		
#8	Neoprensiz	288	598	874		
	Neoprenli	246	350	397		
#9	Neoprensiz	0	353	554		
	Neoprenli	176	258	308		
#10	Neoprensiz	323	1128	1016		
	Neoprenli	188	284	342		
#11	Neoprensiz	398	175	468		
	Neoprenli	144	199	231		
#12	Neoprensiz	0	0	809		
	Neoprenli	188	272	311		
#13	Neoprensiz	0	336	670		
	Neoprenli	167	303	359		

Neoprensiz durumda üçüncü kat seviyesinde oluşan en büyük çekiçleme kuvveti 1016 kN’dur. Bunun karşılığında aynı deprem kaydı etkisi altında neoprenli durumda oluşan en büyük çekiçleme kuvveti değeri 342 kN olmuştur. Neoprendolgu malzemesi kullanımıyla üçüncü kat seviyesinde çekiçleme kuvveti ortalama %65

azalmıştır. Tablo 7’de neoprenli ve neoprensiz durumda 2a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri gösterilmektedir.

Tablo 7 : #4a×b analiz türü için gerçekleşen çekişleme kuvvetleri (kN)

Deprem	Derz durumu	Katlar				
		1	2	3	4	5
#1	Neoprensiz	0	0	582		
	Neoprenli	114	196	291		
#2	Neoprensiz	0	558	962		
	Neoprenli	162	276	372		
#3	Neoprensiz	0	295	704		
	Neoprenli	124	226	300		
#4	Neoprensiz	0	0	681		
	Neoprenli	76	126	184		
#5	Neoprensiz	0	274	1076		
	Neoprenli	129	217	331		
#6	Neoprensiz	0	0	548		
	Neoprenli	91	161	235		
#7	Neoprensiz	0	0	697		
	Neoprenli	90	142	217		
#8	Neoprensiz	0	157	1000		
	Neoprenli	121	227	342		
#9	Neoprensiz	0	79	798		
	Neoprenli	87	153	223		
#10	Neoprensiz	0	0	809		
	Neoprenli	93	158	249		
#11	Neoprensiz	0	74	861		
	Neoprenli	98	119	355		
#12	Neoprensiz	0	0	511		
	Neoprenli	103	170	245		
#13	Neoprensiz	120	757	988		
	Neoprenli	75	228	345		

Analizlerden #4a×b türü için grubu içeren çalışmaların sonuçları, neoprensiz durumda en büyük çekişleme kuvveti 1076 kN iken neopren ilavesi ile bu değer 331 kN değerine düşmektedir. Bu analiz grubundan oluşan en büyük çekişleme kuvvetinde neopren ilavesiyle %70 oranında azalma sağlanmıştır. Neoprenli ve neoprensiz

durumda #5c×d analiz türü için gerçekleşen çekiçleme kuvvetleri Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8 : #5c×d analiz türü için gerçekleşen çekiçleme kuvvetleri (kN)

Deprem	Derz durumu	Katlar				
		1	2	3	4	5
#1	Neoprensiz	0	734	853	1059	939
	Neoprenli	155	235	281	331	373
#2	Neoprensiz	0	91	0	626	661
	Neoprenli	145	253	338	436	502
#3	Neoprensiz	0	558	945	1282	1156
	Neoprenli	167	266	343	405	473
#4	Neoprensiz	0	168	630	776	726
	Neoprenli	99	169	199	245	286
#5	Neoprensiz	0	265	387	444	716
	Neoprenli	129	183	195	212	237
#6	Neoprensiz	0	323	571	802	921
	Neoprenli	80	123	154	189	222
#7	Neoprensiz	0	0	66	331	600
	Neoprenli	98	158	195	229	256
#8	Neoprensiz	0	336	517	697	818
	Neoprenli	212	318	337	349	310
#9	Neoprensiz	0	344	628	790	813
	Neoprenli	260	219	284	372	455
#10	Neoprensiz	0	505	866	905	847
	Neoprenli	89	122	147	295	345
#11	Neoprensiz	0	0	6	548	854
	Neoprenli	129	194	232	262	295
#12	Neoprensiz	225	871	970	1160	975
	Neoprenli	175	297	388	485	516
#13	Neoprensiz	0	348	660	698	697
	Neoprenli	154	229	255	278	316

Analiz grubu #5c×d elde edilen sonuçlar, neoprensiz durumda oluşan en büyük çekiçleme kuvvetinin 1282 kN iken neoprenli durumda bu değerin 405 kN’ düştüğü görülmektedir. Bu durumda neopren ilavesi ile yaklaşık %70 oranında bir azalma gözlenmiştir. Çarpışma etkilerinin azaltılması noktasında neopren tabaka ilavesinin

yüksek katlı komşu yapılarda daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Neoprenli ve neoprensiz durumda #6c×d analiz türü için gerçekleşen çekiçleme kuvvetleri Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo 9 : #6c×d analiz türü için gerçekleşen çekiçleme kuvvetleri (kN)

Deprem	Derz durumu	Katlar				
		1	2	3	4	5
#1	Neoprensiz	0	265	387	444	716
	Neoprenli	129	183	195	212	237
#2	Neoprensiz	0	648	536	722	890,
	Neoprenli	233	384	438	456	489
#3	Neoprensiz	0	278	367	442	477
	Neoprenli	107	156	159	170	198
#4	Neoprensiz	0	587	599	597	608
	Neoprenli	145	247	260	275	314
#5	Neoprensiz	274	919	905	881	921
	Neoprenli	187	273	285	292	306
#6	Neoprensiz	85	708	518	338	337
	Neoprenli	171	433	283	290	255
#7	Neoprensiz	0	218	412	483	517
	Neoprenli	99	171	217	259	274
#8	Neoprensiz	250	851	793	769	752
	Neoprenli	257	442	367	340	328
#9	Neoprensiz	90	702	652	518	554
	Neoprenli	106	189	238	328	373
#10	Neoprensiz	250	928	934	946	939
	Neoprenli	227	353	377	381	390
#11	Neoprensiz	98	153	178	196	208
	Neoprenli	0	0	0	10	45
#12	Neoprensiz	95	355	412	583	617
	Neoprenli	101	192	255	259	375
#13	Neoprensiz	0	0	115	231	306
	Neoprenli	91	145	164	177	187

Analiz grubu #6c×dneoprensiz durumda dördüncü kat seviyesinde en büyük çekiçleme kuvveti 946 kN iken, neoprenli durumda bu değer 381 kN’a düşmektedir. Çarpışma kuvveti neopren levha kullanımıyla %60 oranında azalmıştır. Eşdeğer

kalitede malzeme tercih edilmesinde neopren tabaka ilavesi etkisi farklı malzeme kalitesi durumuna göre daha az olmuştur.

Yapılan analizler çekişleme kuvvetleri kapsamında genel olarak değerlendirildiğinde, kat bazında ortalama çekişleme kuvvetleri Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10 : Kat bazında ortalama çekişleme kuvvetleri

	Kat	1axb	Fark	2axb	Fark (%)	3axb	Fark (%)	4axb	Fark (%)	5cxd	Fark (%)	6cxd	Fark (%)
Neoprensiz	1	23,38	72%	96,76	38	89,61	86	9,23		17,307	840	87,84	63
	2	42,84	72%	556,38	-54	417,3	-41	168,76	-9	349,46	-40	508,615	-52
	3	186,69	-38%	545,92	-48	657,23	-55	785,92	-64	546,07	-52	523,69	-52
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	778,3	-60	550	-51
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	824,84	-57	603,23	-52
Neoprenli	1	40,23	40%	154,69	-38	166,69	-86	104,84		145,53	-840	142,53	-63
	2	74,07	43%	251,23	+54	246,92	+41	184,53	+9	212,76	+40	243,69	+52
	3	114,38	-37%	288,84	+48	293,53	+55	283,76	+64	257,53	+52	249,07	+52
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	311,38	+6	265,3	+51
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	352,76	+57	290,07	+52

Yatay rijitliklerin eşit olmadığı 3 ve 5 katlı komşu yapı grubunun çarpışma etkileri göz önüne alındığında (#3a×b), neoprensiz durumda neoprenliye göre %55 daha fazla çekişleme kuvveti oluşmuştur. Aynı durumun benzer rijitliklerde (#2a×b) karşılık gelen analiz sonuçları, bu değer %54 seviyesine indiğini göstermektedir. Aynı durumun benzer rijitliklerde (#4a×b) karşılık gelen analiz sonuçları üçüncü kat seviyesinde neoprenli durumda neoprensiz duruma göre %64 seviyesinde gerileme gözlemlenmiştir. Bu durumda iki yapının dinamik özelliklerinin yatay rijitlik değerlerinin artması ortalama çarpışma etkilerini artırdığını ve bu etkilerin azaltılmasında neopren kullanımının başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

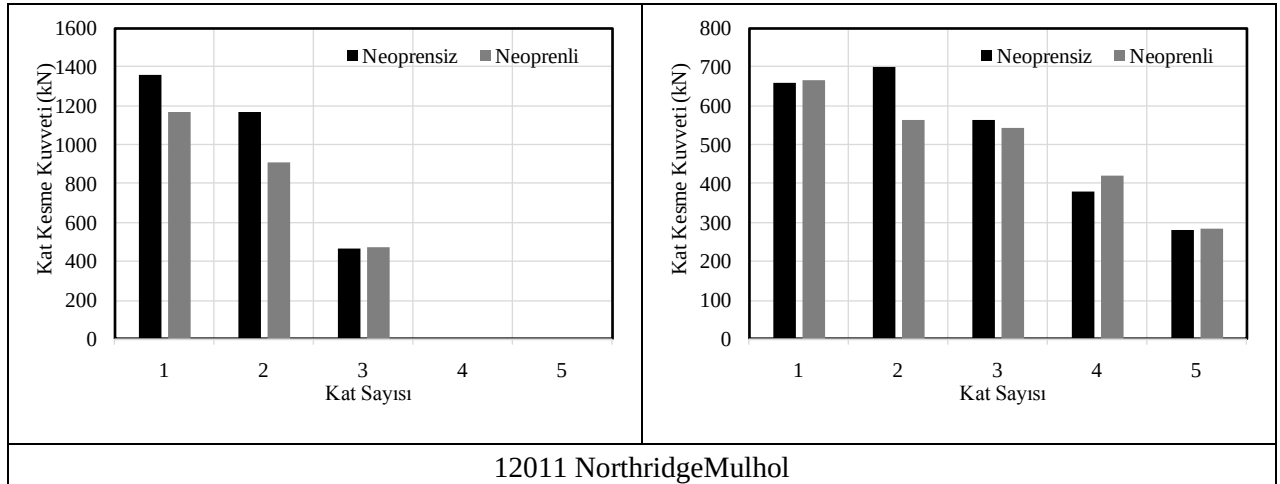
Farklı kat seviyesinde yatay rijitliklerin eşit olmadığı 3 ve 5 katlı komşu yapı grubunun çarpışma etkileri göz önüne alındığında (#2a×b) analiz grubuna bakıldığında

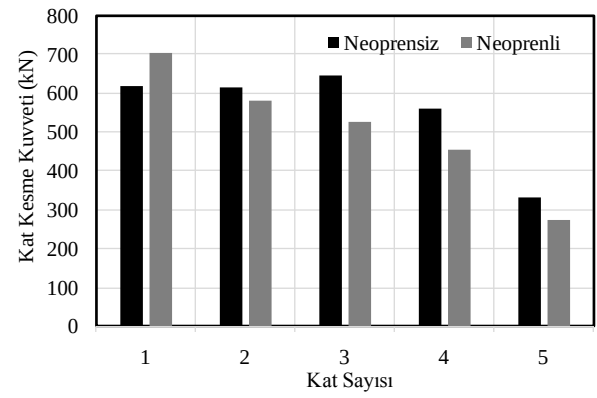
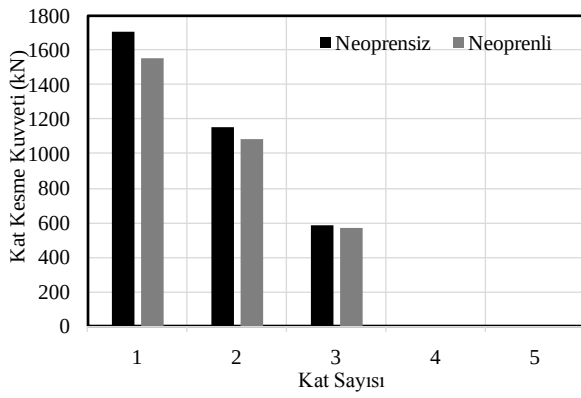
neoprensiz durumda neoprenli duruma göre %54 oranında daha fazla ortalama çarpışma etkisi oluşmuştur. Eşit kat seviyelerinde, aynı malzeme kalitesine sahip olan analiz grubu (#1a×b) karşılık gelen analiz sonuçları, bu değerin %38 seviyesine gerilediği gözlemlenmiştir. Bu durumda komşu yapıların kat seviyeleri farklı olması durumunda çarpışma etkilerinin arttığı ve bu etkilerin azaltılmasında neopren kullanımının başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yatay rijitliklerin eşit olmadığı farklı kat seviyelerindeki 5 ve 5 katlı komşu yapı grubunun çarpışma etkileri göz önüne alındığında (#5c×d), neoprensiz durumda neoprenli durumda neoprenliye göre %60 oranda daha fazla çekiçleme kuvveti oluşmuştur. Aynı durumda benzer rijitlikte daha kaliteli malzeme kullanılması durumunda (#6c×d) karşılık gelen analiz sonuçları %52 ye gerilediği gözlemlenmektedir. Bu durumda malzeme kalitesi arttıkça çarpışma etkisinin sönümlenme oranı azalma göstermektedir.

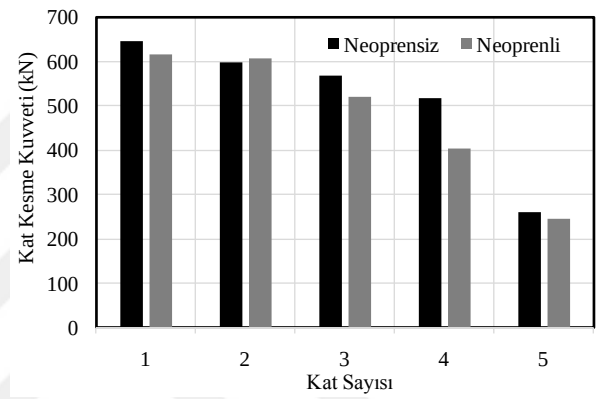
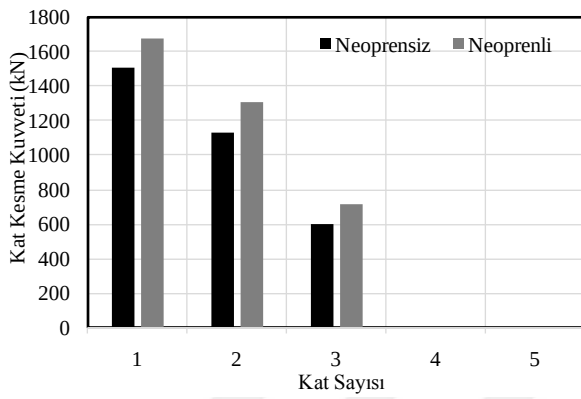
3.1.2. Kat Kesme Kuvvetleri

2 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumlarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri Şekil 16' da gösterilmiştir.

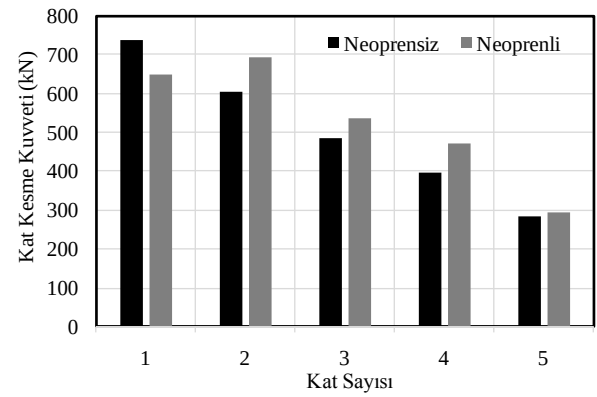
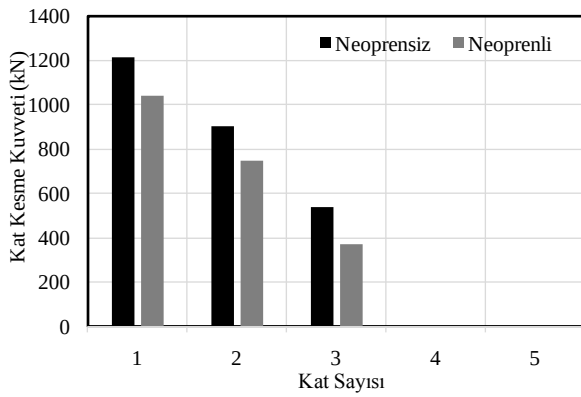




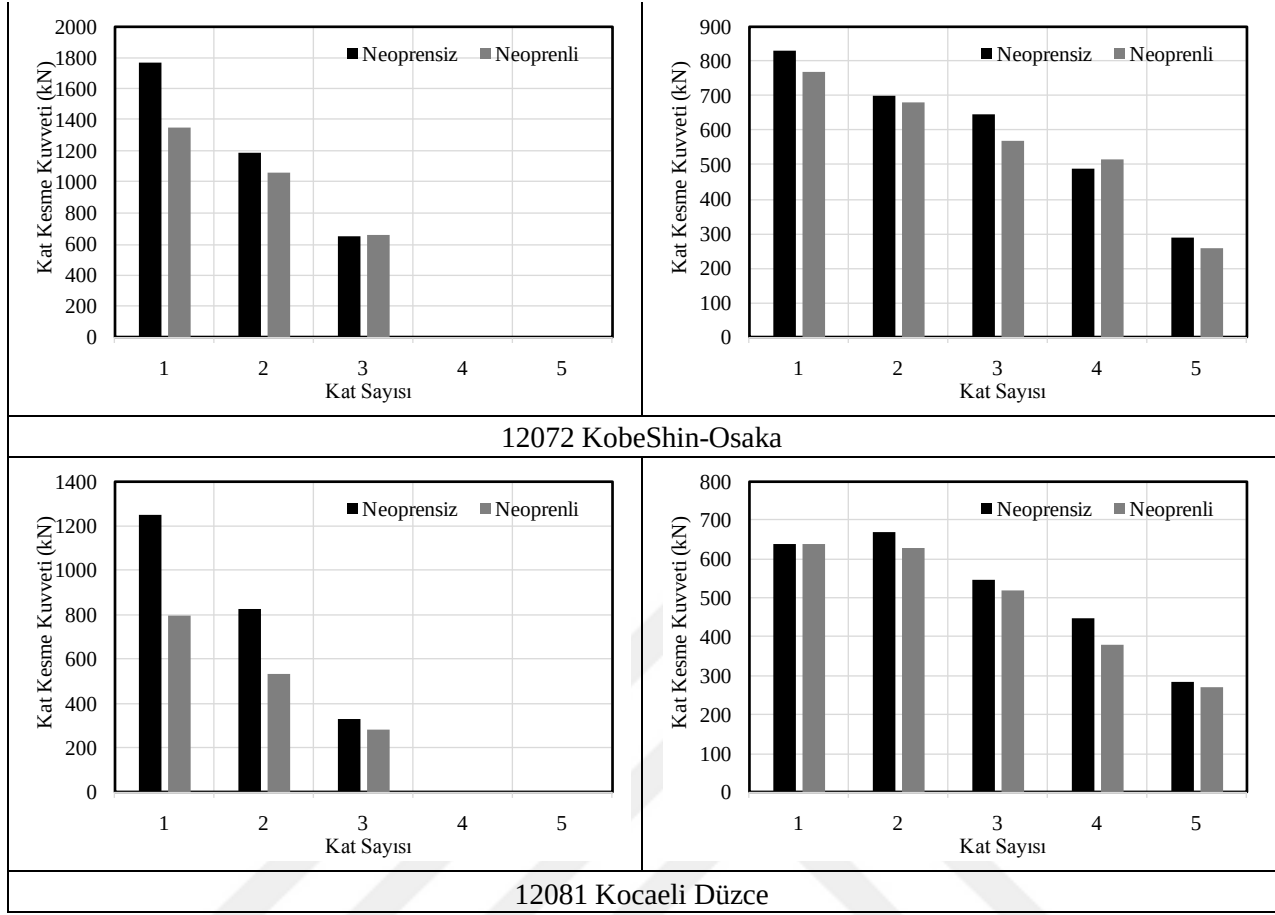
12012 Northridge WLC



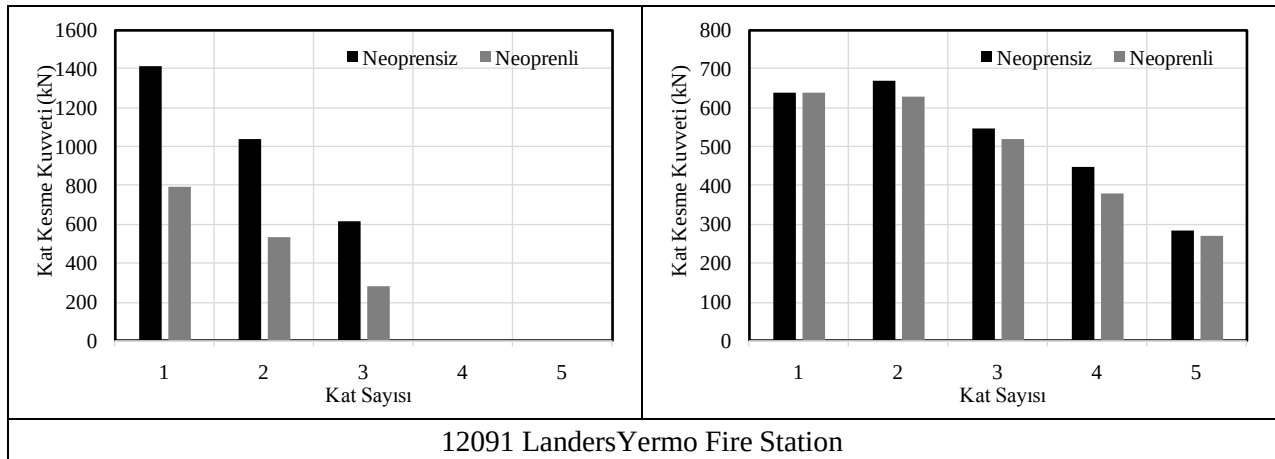
12041 Duzce Bolu

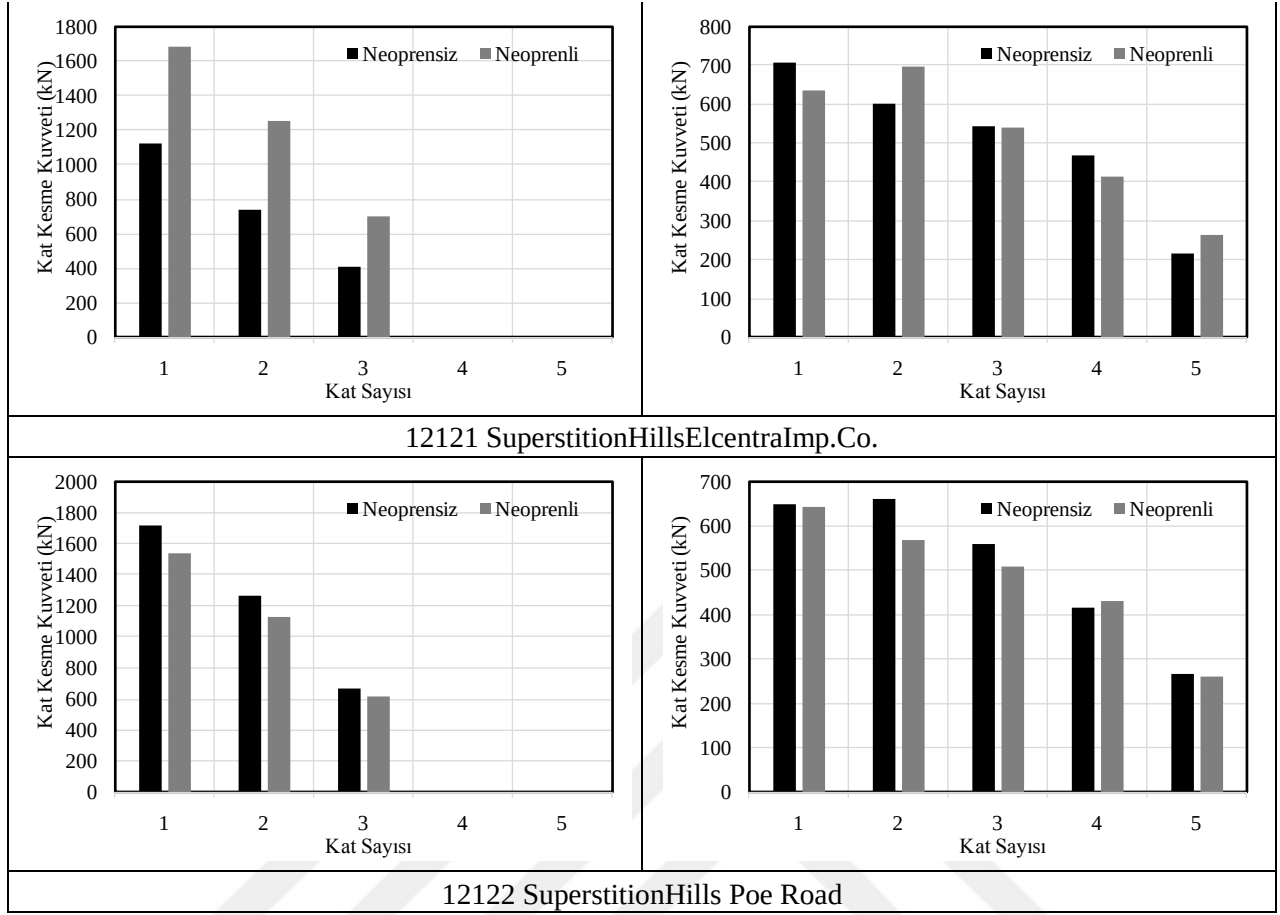


12061 ImperialValley Delta

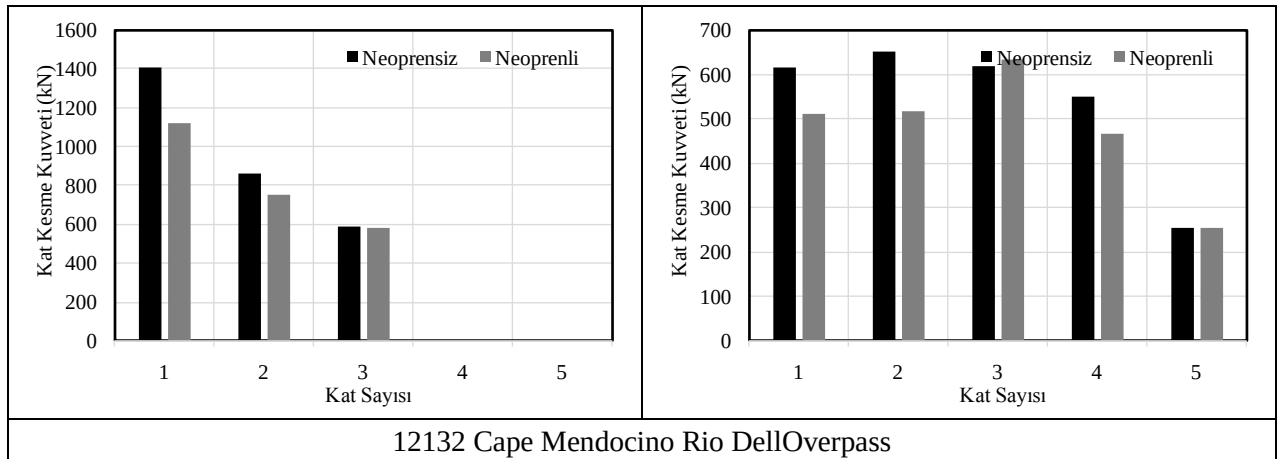


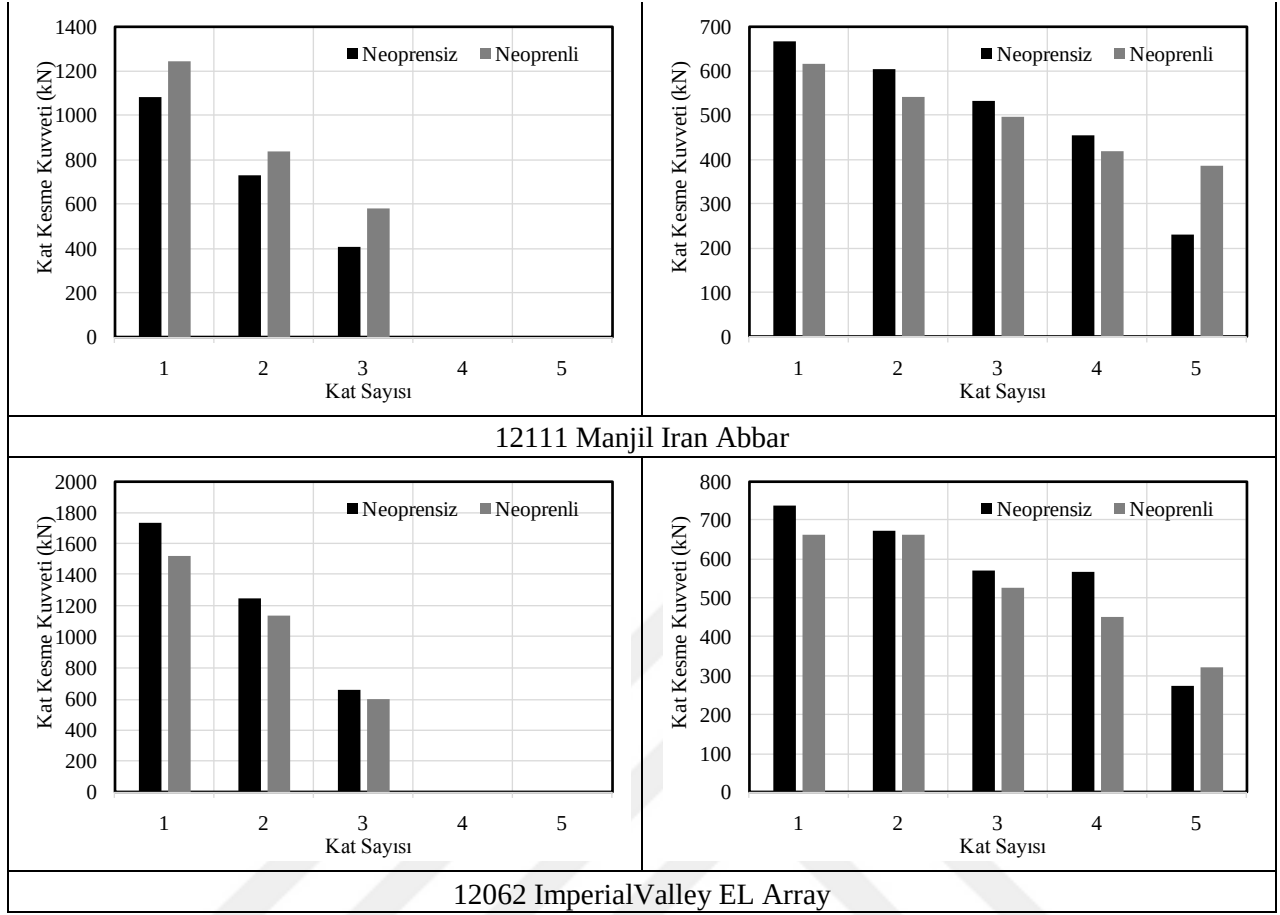
Şekil 15 devamı: 2 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumdaki kat kesme kuvvetleri.



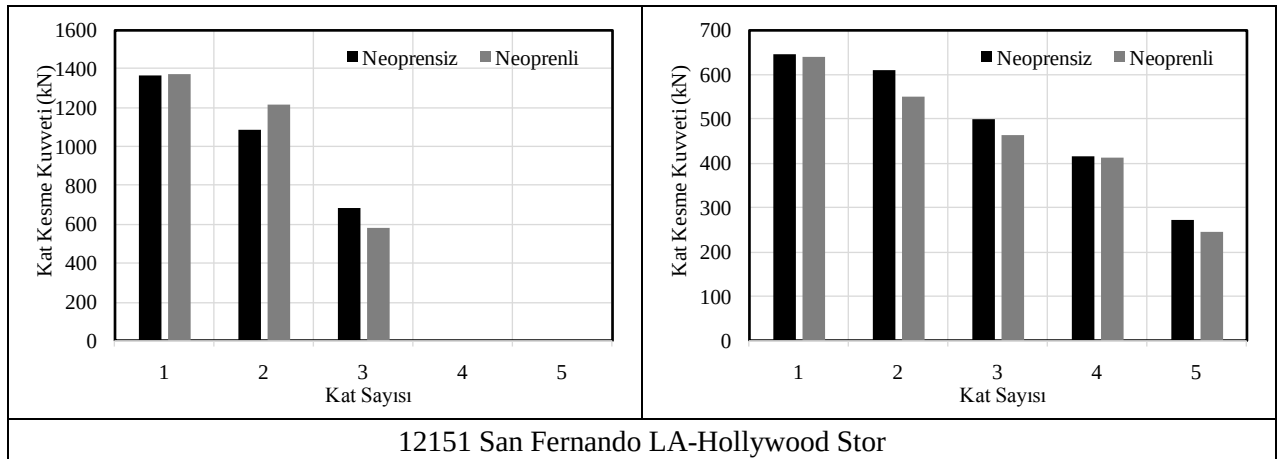


Şekil 15 devamı: 2 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumdaki kat kesme kuvvetleri.





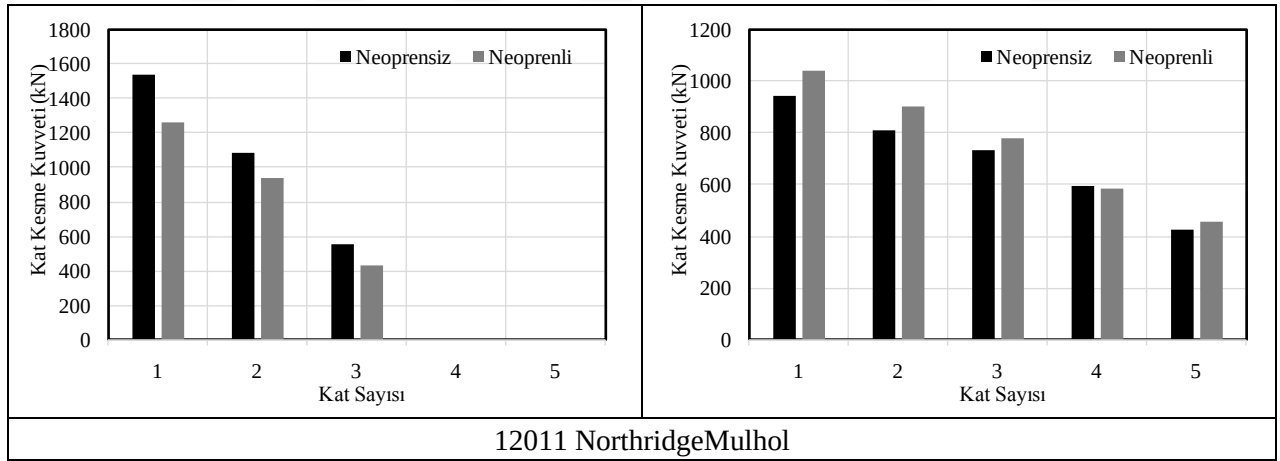
Şekil 15 devamı: 2 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumdaki kat kesme kuvvetleri.

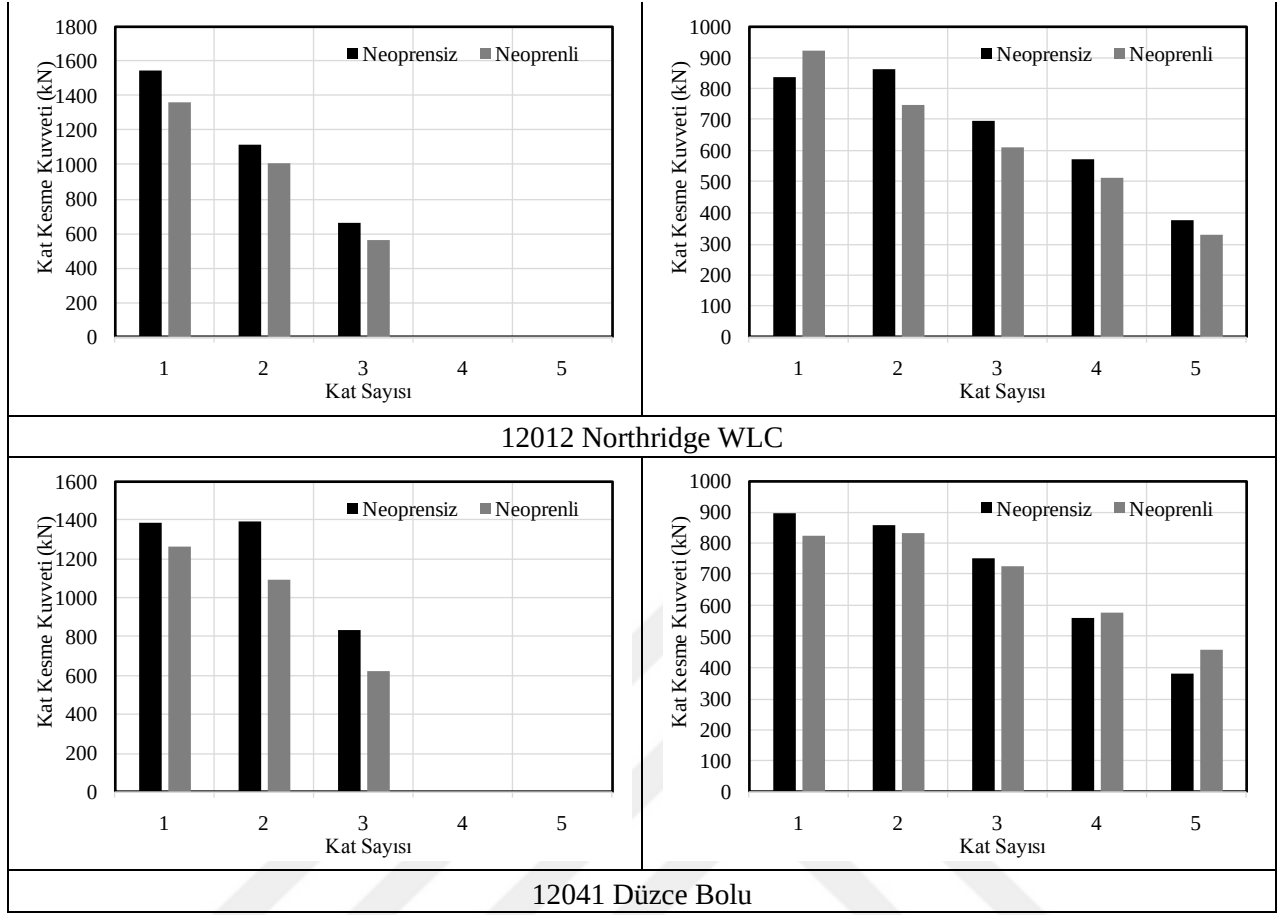


Şekil 15 : 2 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumdaki kat kesme kuvvetleri.

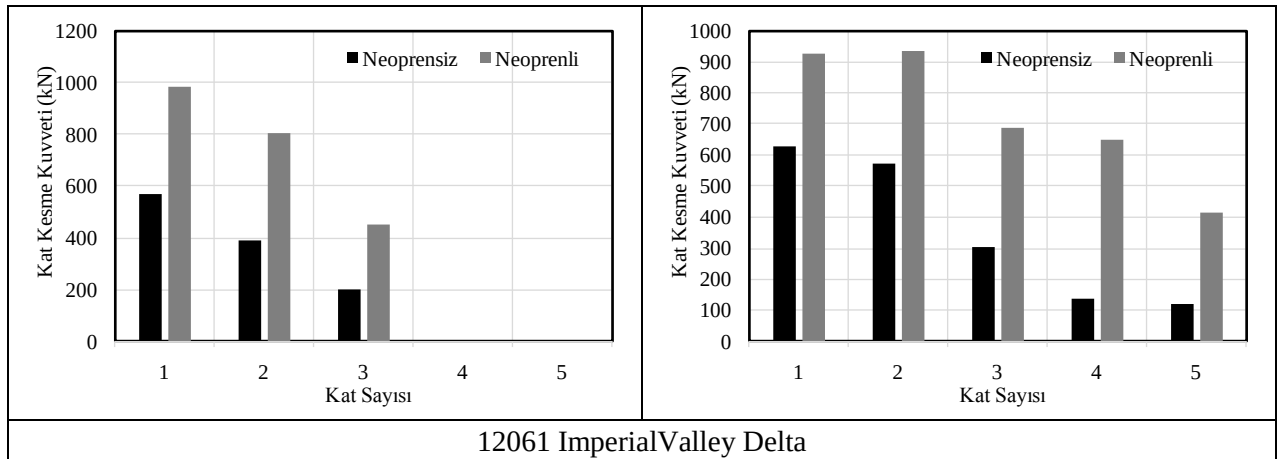
12091 LandersYermo Fire Station deprem etkisi altında elde edilen analiz sonuçlarına göre 3 katlı yapıda meydana gelen kat kesme kuvveti neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık %50 oranında azalma gözlemlenmiştir. 12121 SuperstitionHillsElcentraImp. Co deprem etkisi altında elde edilen analiz sonuçlarına göre ise 3 katlı yapıda meydana gelen kat kesme kuvveti neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık %30 oranında artış gözlemlenmektedir. 3 katlı yapıda meydana gelen kat kesme kuvvetlerinde neoprenli durumda genellikle azalma gözlemlenirken 5 katlı yapılarda neoprenlineoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri birbirlerine yakın değerlerdedir. 3 katlı ve 5 katlı yapılarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri,neoprenli ve neoprensiz durumda kat yükseklikleri arttıkça kesme kuvvetleri her kat seviyesinde 3 katlı yapıda yaklaşık %30, 5 katlı yapıda ise yaklaşık %15 oranında düzenli azalma gözlemlenmektedir. Analizler genelinde 1. kat seviyesi, 2. kat seviyesi ve 3. kat seviyesinde meydana gelen kat kesme kuvvetleri 3 katlı yapıda 5 katlı yapıya göre yaklaşık %50 oranda daha fazladır.

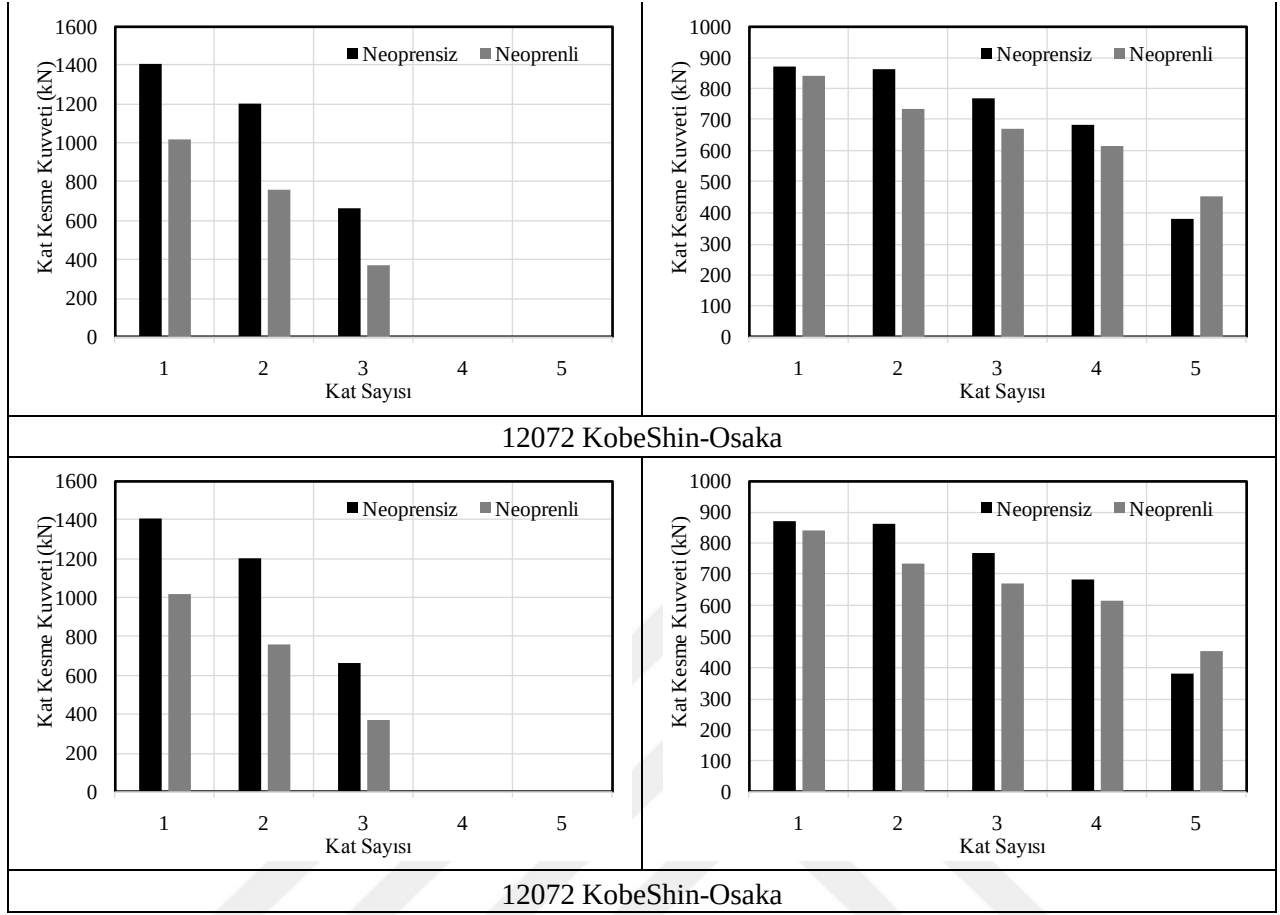
3 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumlarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri Şekil 17'de gösterilmiştir.



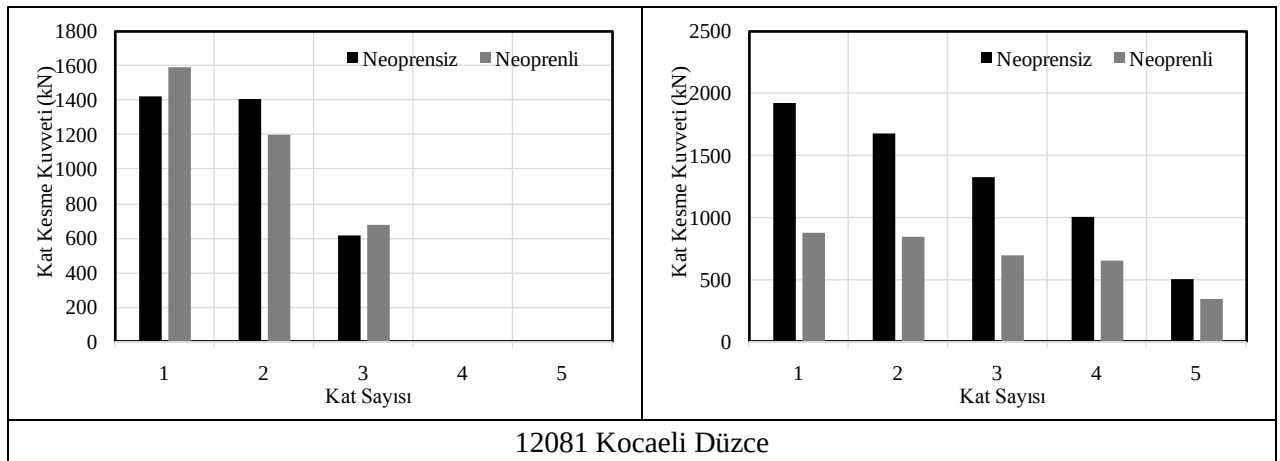


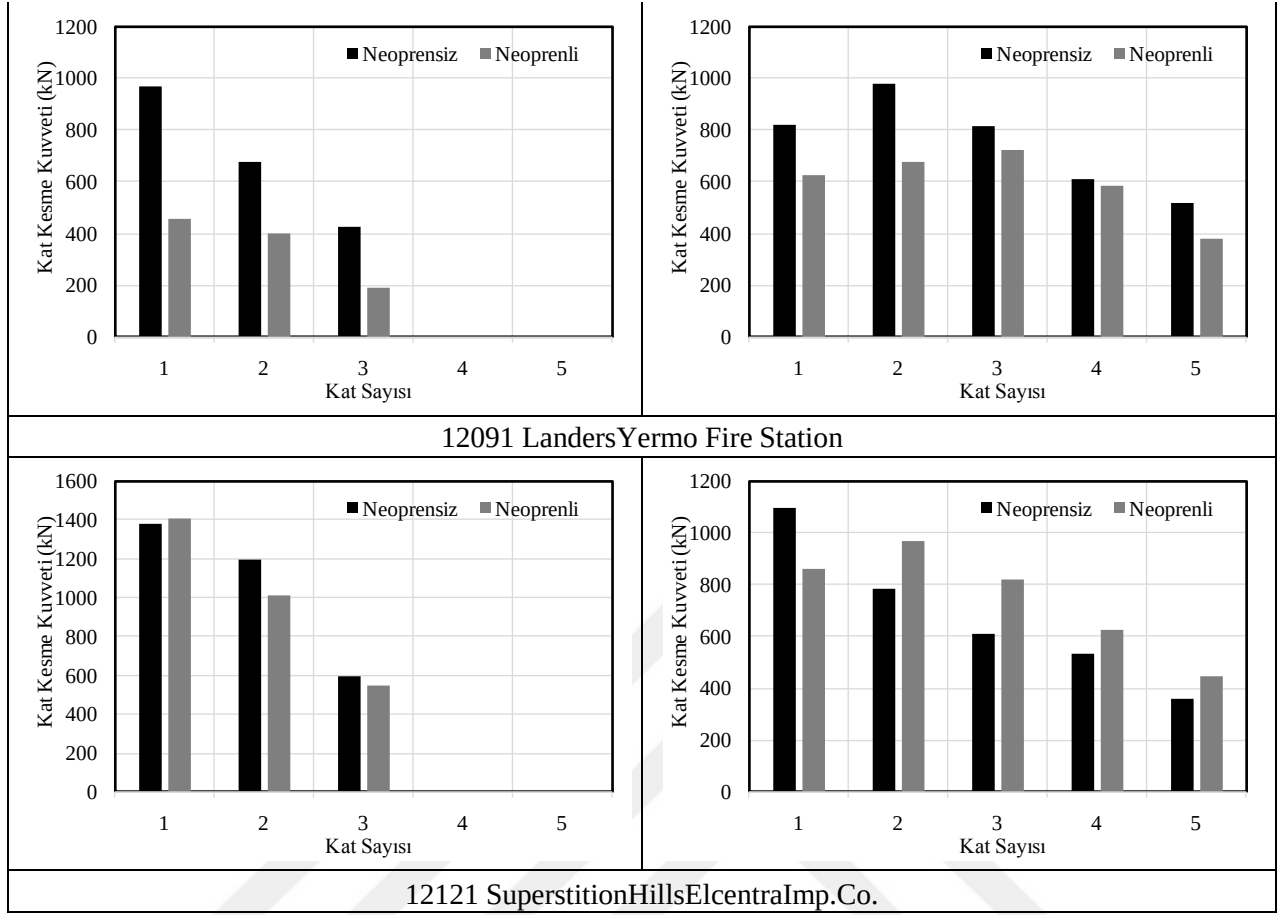
Şekil 16 : 3axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



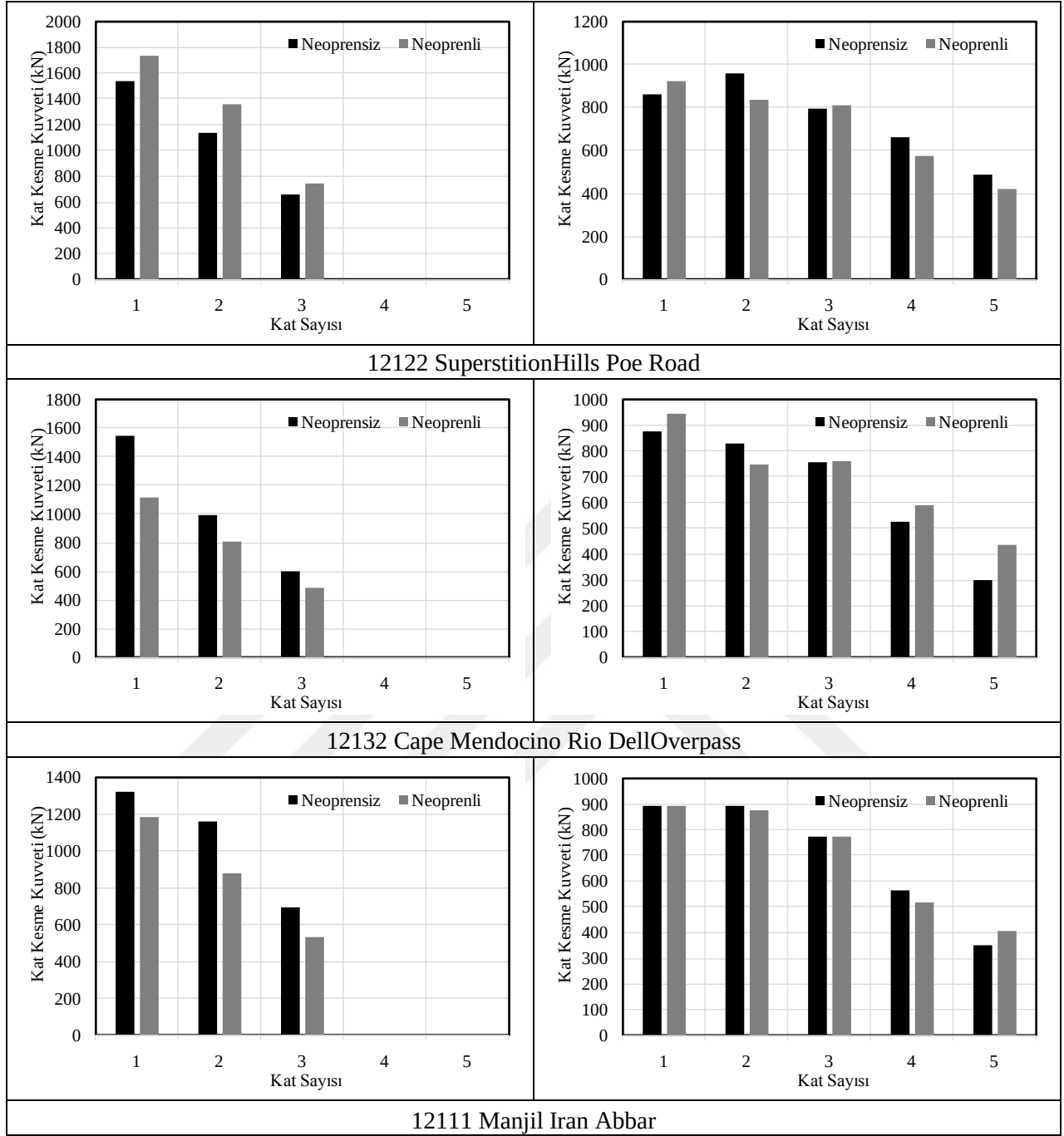


Şekil 16 devamı: 3axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.

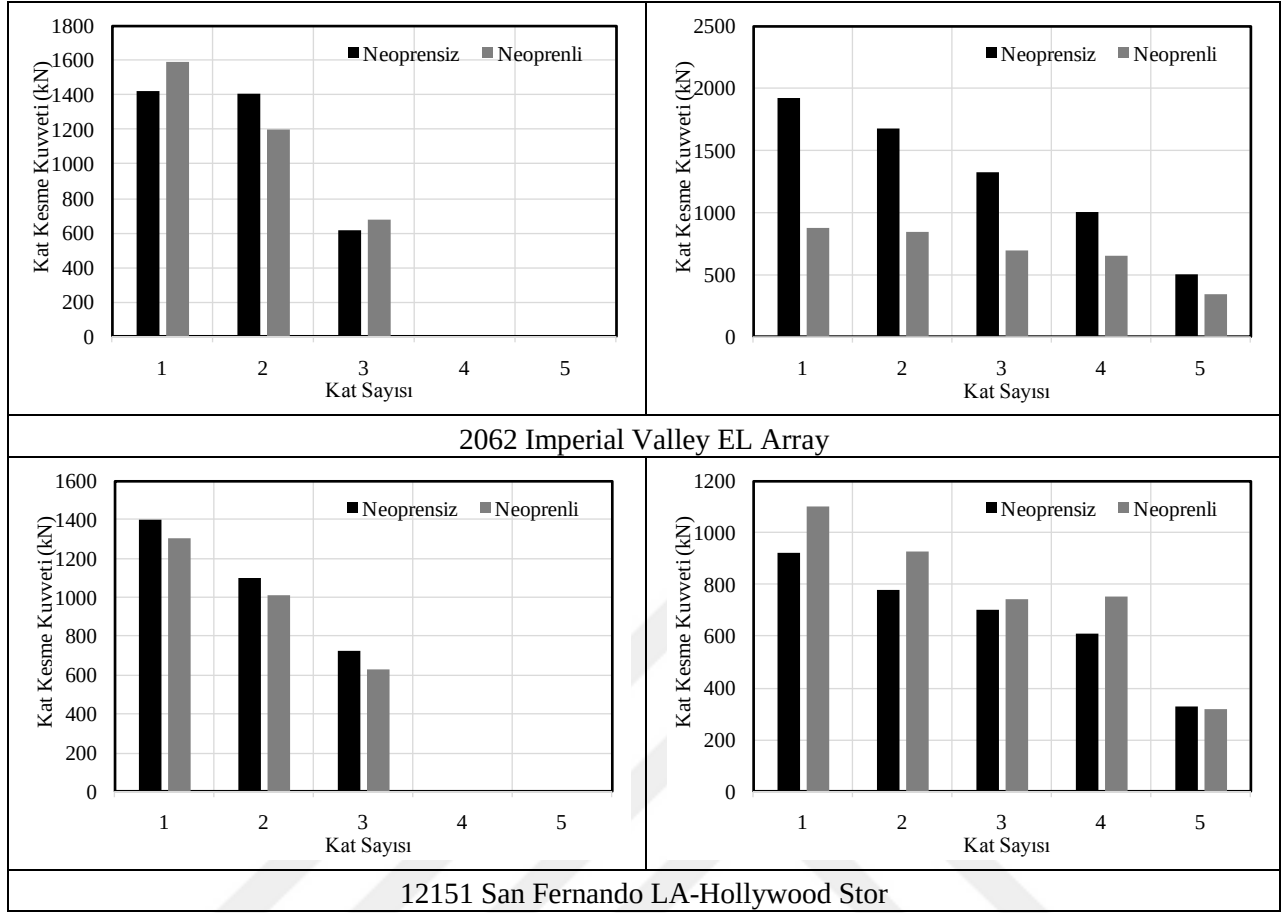




Şekil 16 devamı: 3axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



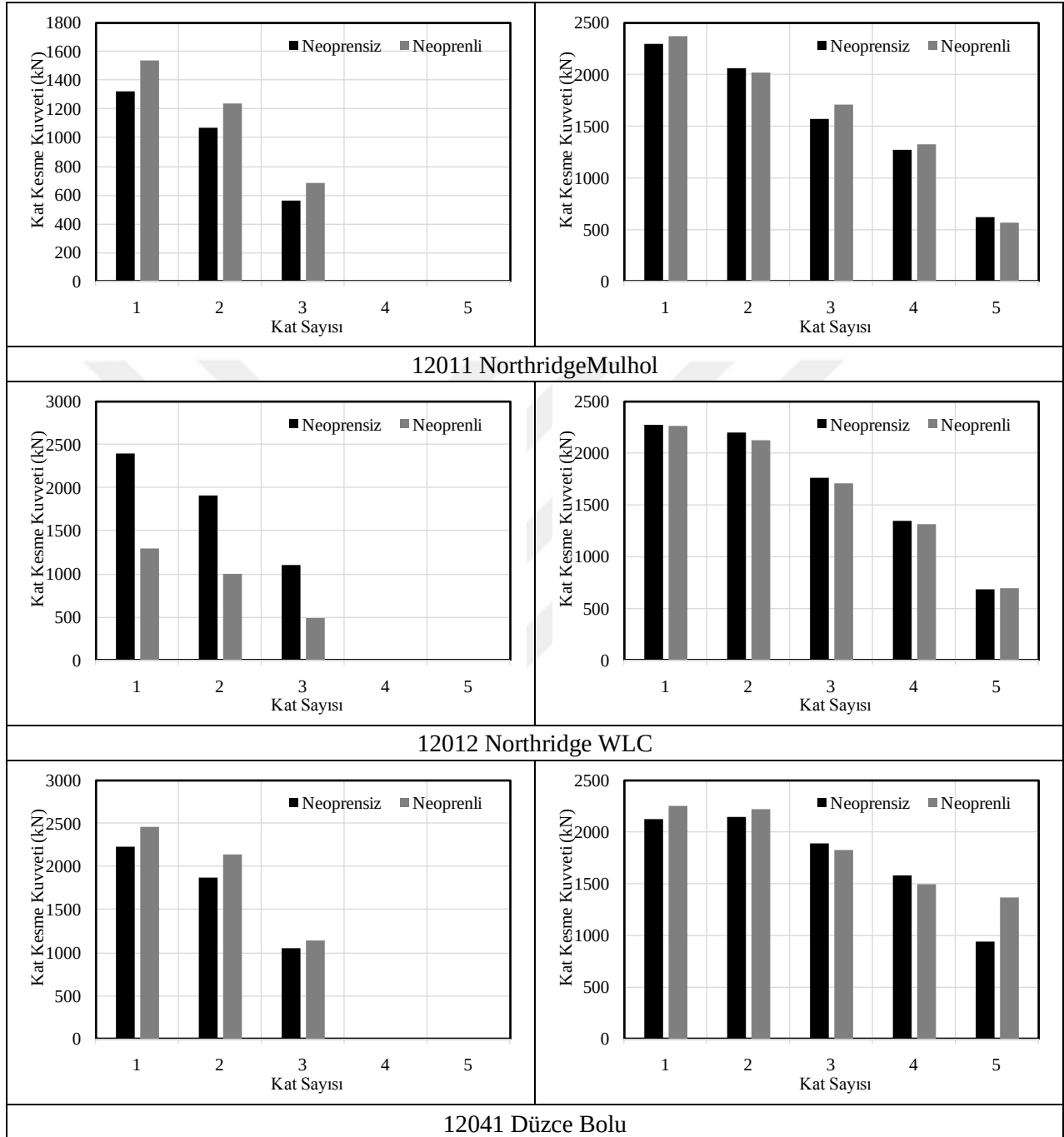
Şekil 16 devamı: 3axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



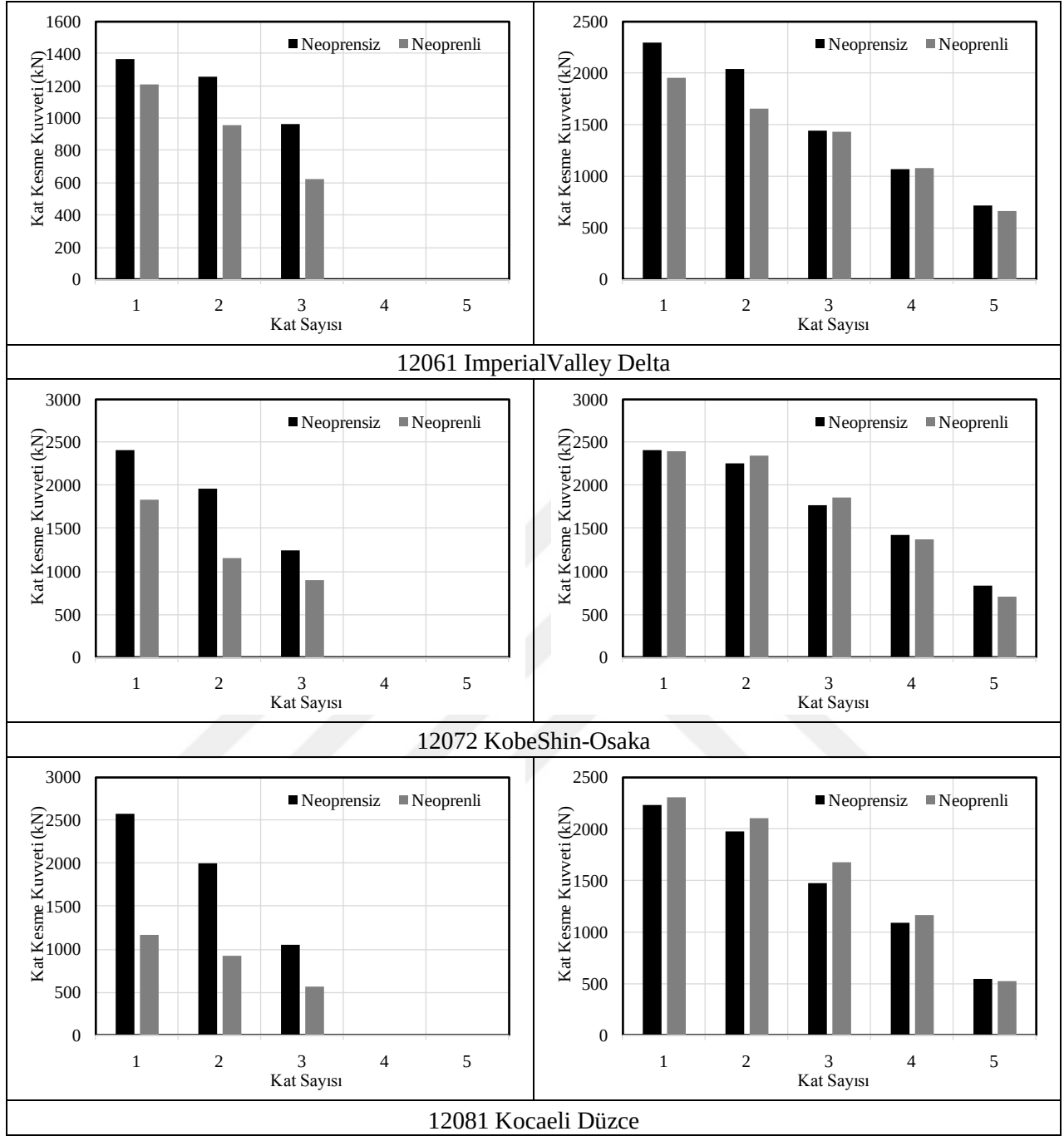
Şekil 16 devamı: 3axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.

12061 ImperialValley Delta depremi etkisinde meydana gelen kat kesme kuvvetleri incelendiğinde 3 katlı ve 5 katlı yapılarda meydana gelen kat kesme kuvvetlerinde neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık %40 oranında bir artış gözlemlenmektedir. 12062 Imperial Valley EL Array depremi etkisi altında meydana gelen kat kesme kuvvetleri incelendiğinde 5 katlı yapıda meydana gelen kat kesme kuvveti neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık %60 oranında bir azalma gözlemlenmektedir. 3 katlı ve 5 katlı yapılarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri, neoprenli ve neoprensiz durumda kat yükseklikleri arttıkça kesme kuvvetleri her kat seviyesinde 3 katlı yapıda yaklaşık %30, 5 katlı yapıda ise yaklaşık %15 oranında düzenli azalma gözlemlenmektedir. Analizler genelinde 1. kat seviyesi, 2. kat seviyesi ve 3. kat seviyesinde meydana gelen kat kesme kuvvetleri 3 katlı yapıda 5 katlı yapıya göre yaklaşık %30 oranda daha fazladır.

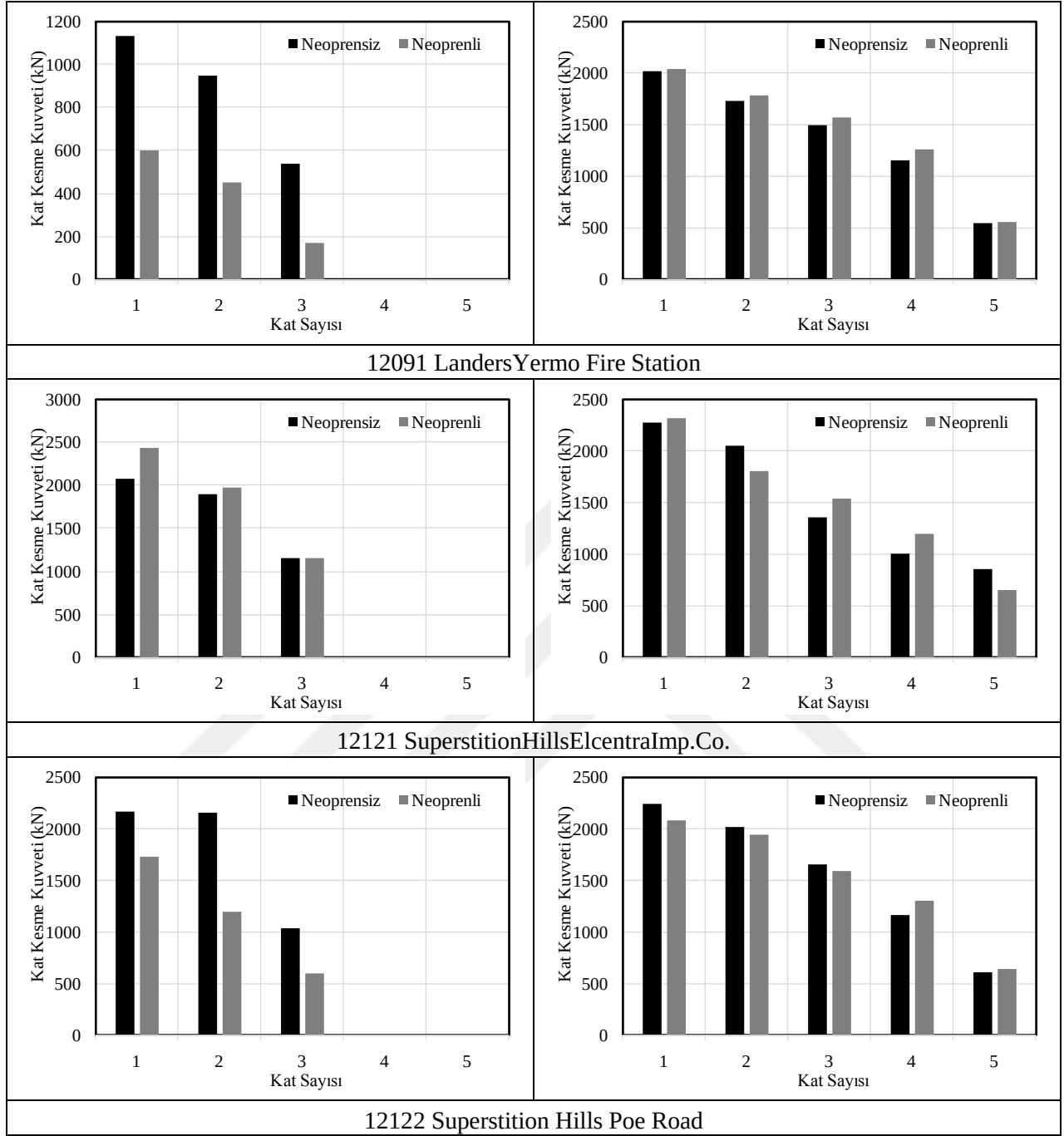
4 axb analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumlarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri Şekil 18' de gösterilmiştir.



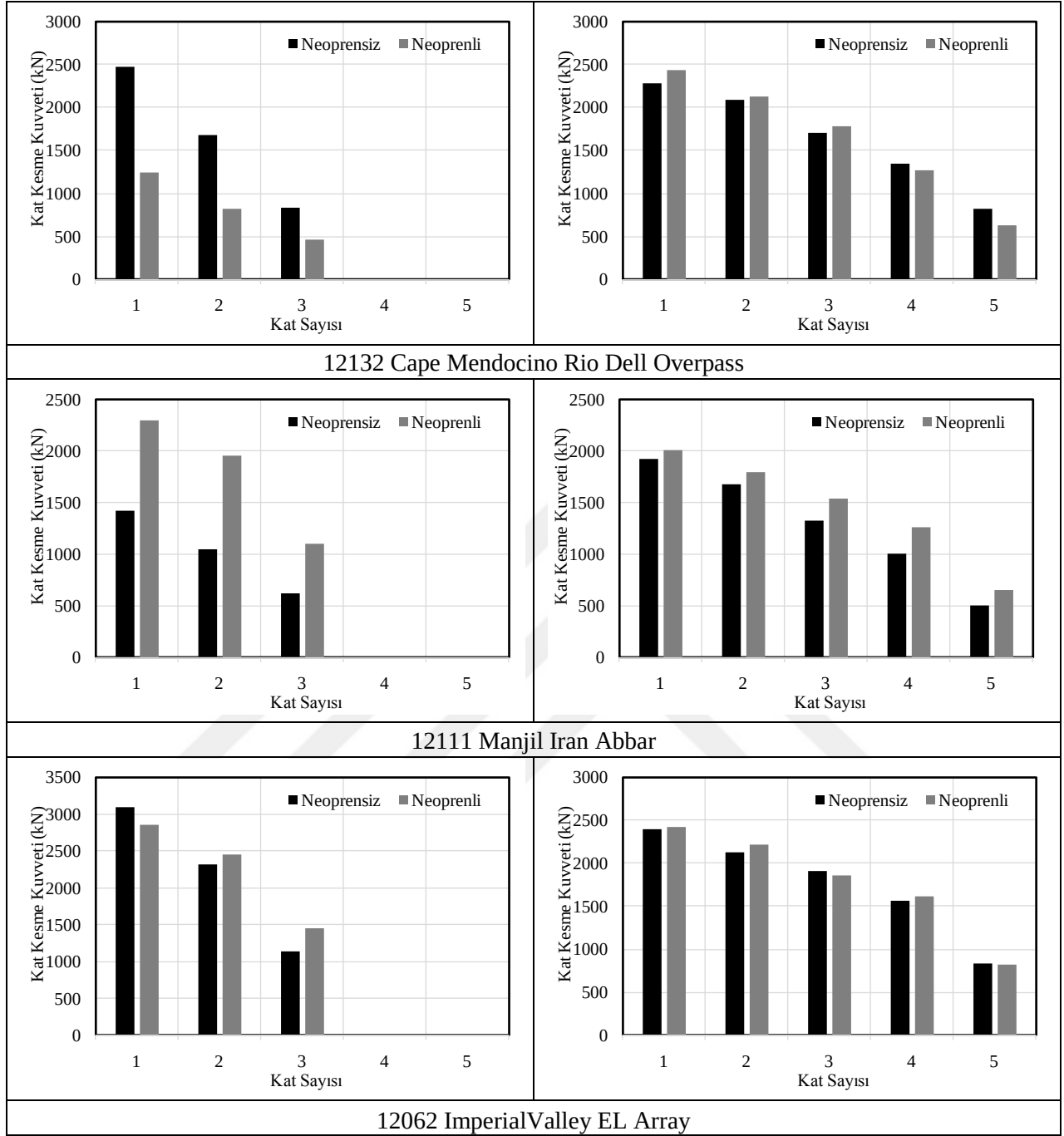
Şekil 17 : #4a×b analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



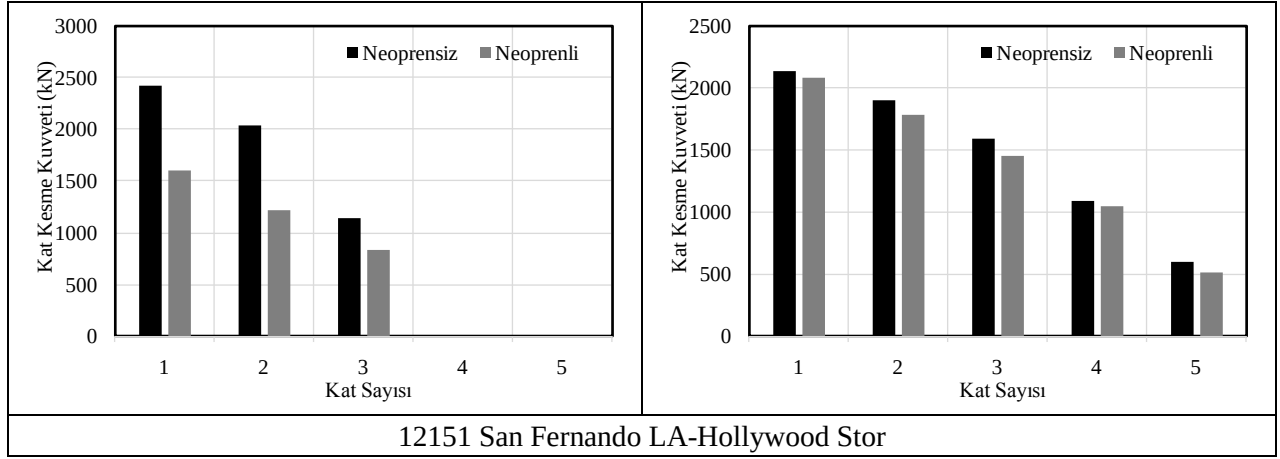
Şekil 17 devamı: #4a×b analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda oluşan kat kesme kuvvetleri.



Şekil 17 devamı: #4a×b analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.

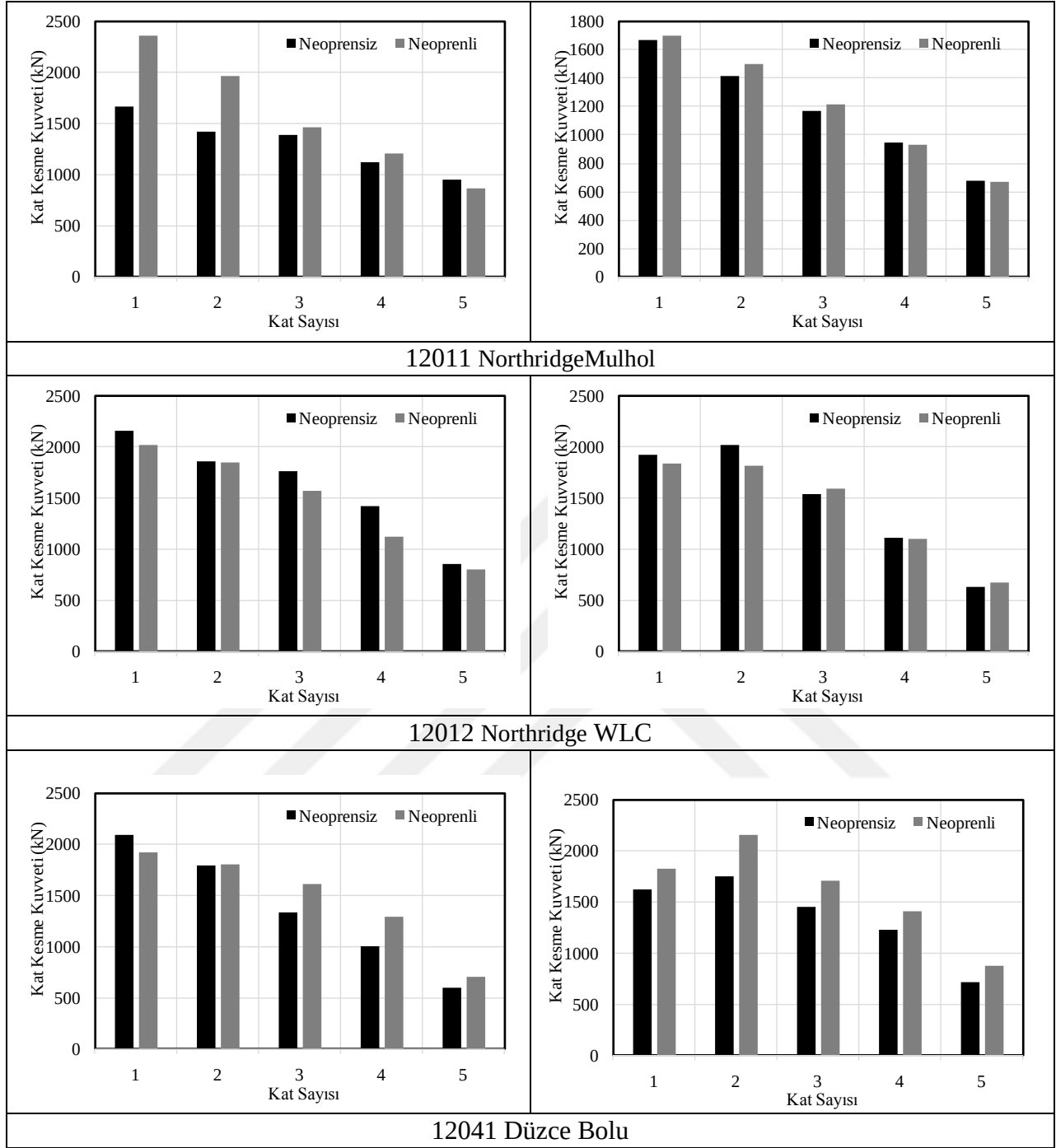


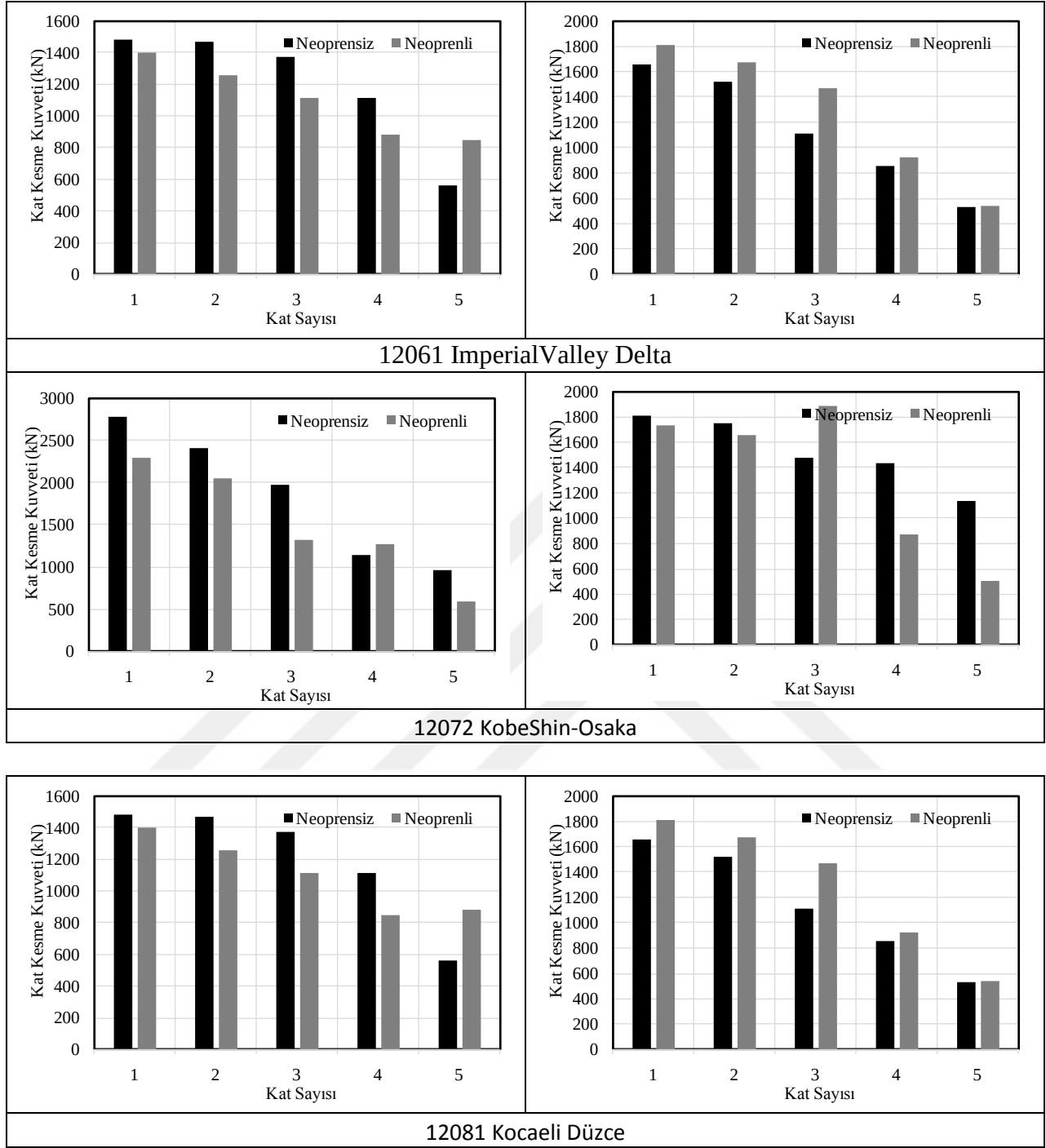
Şekil 17 devamı: #4a×b analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



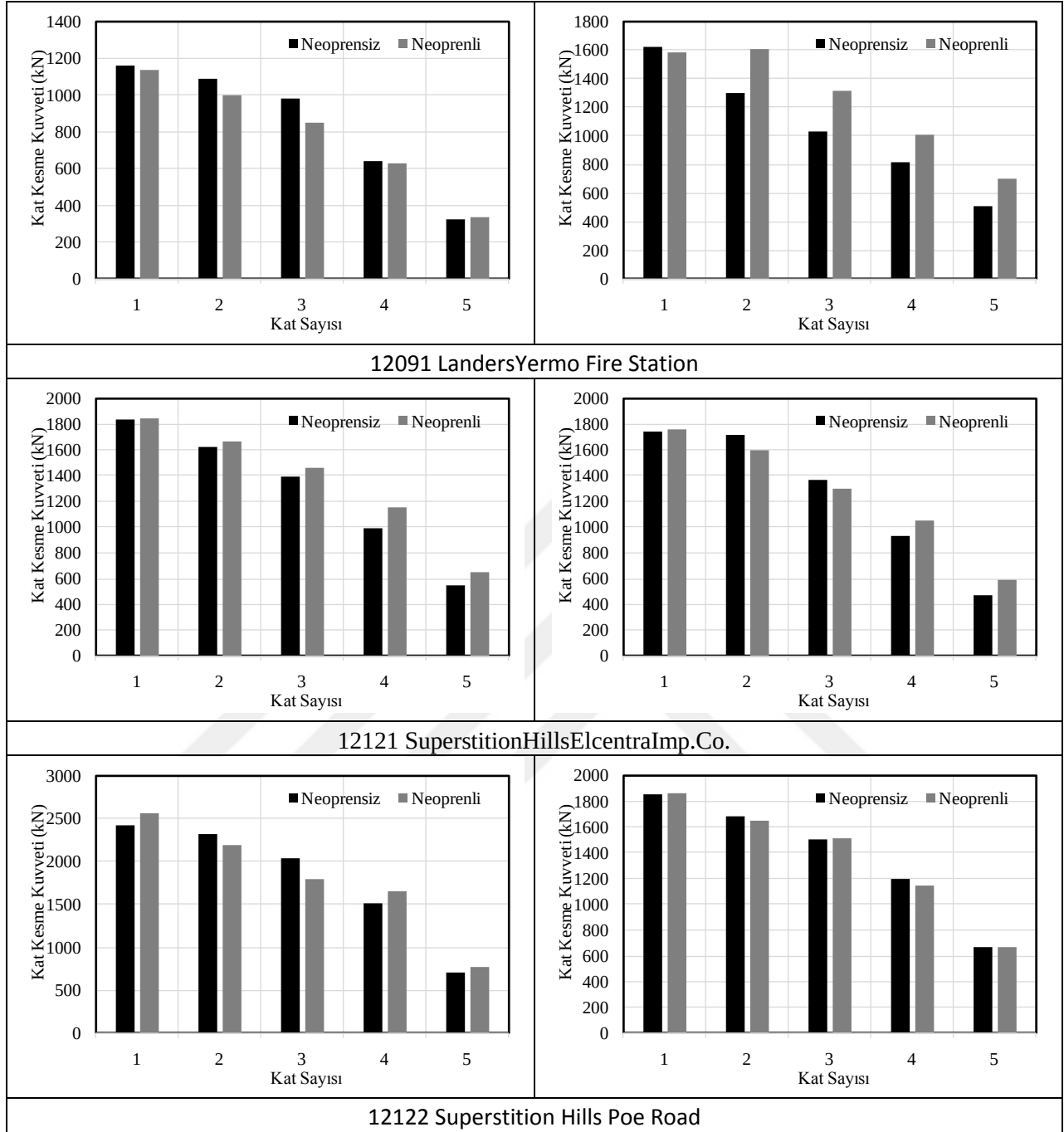
Şekil 17 devamı: #4a×b analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.

12012 Northridge WLC deprem etkisi altında meydana gelen kat kesme kuvvetleri neoprenli durumda neoprensiz duruma göre %70 oranında azalma gözlemlenmiştir. Analizler kapsamında 5 katlı yapıya ait analizler incelendiğinde neopren tabaka yokluğunda ve neopren tabakasız analizlerde kat bazında kat kesme kuvvetlerinde genellikle artış ve azalma gözlemlenmemektedir. #4a×b analizlerine ait sonuçlara bakıldığında 3 katlı ve 5 katlı yapılarda neopren tabakasız durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri kat bazında genellikle aynı aralıkta seyredilmektedir. 5 cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumlarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri Şekil 19’da gösterilmiştir.

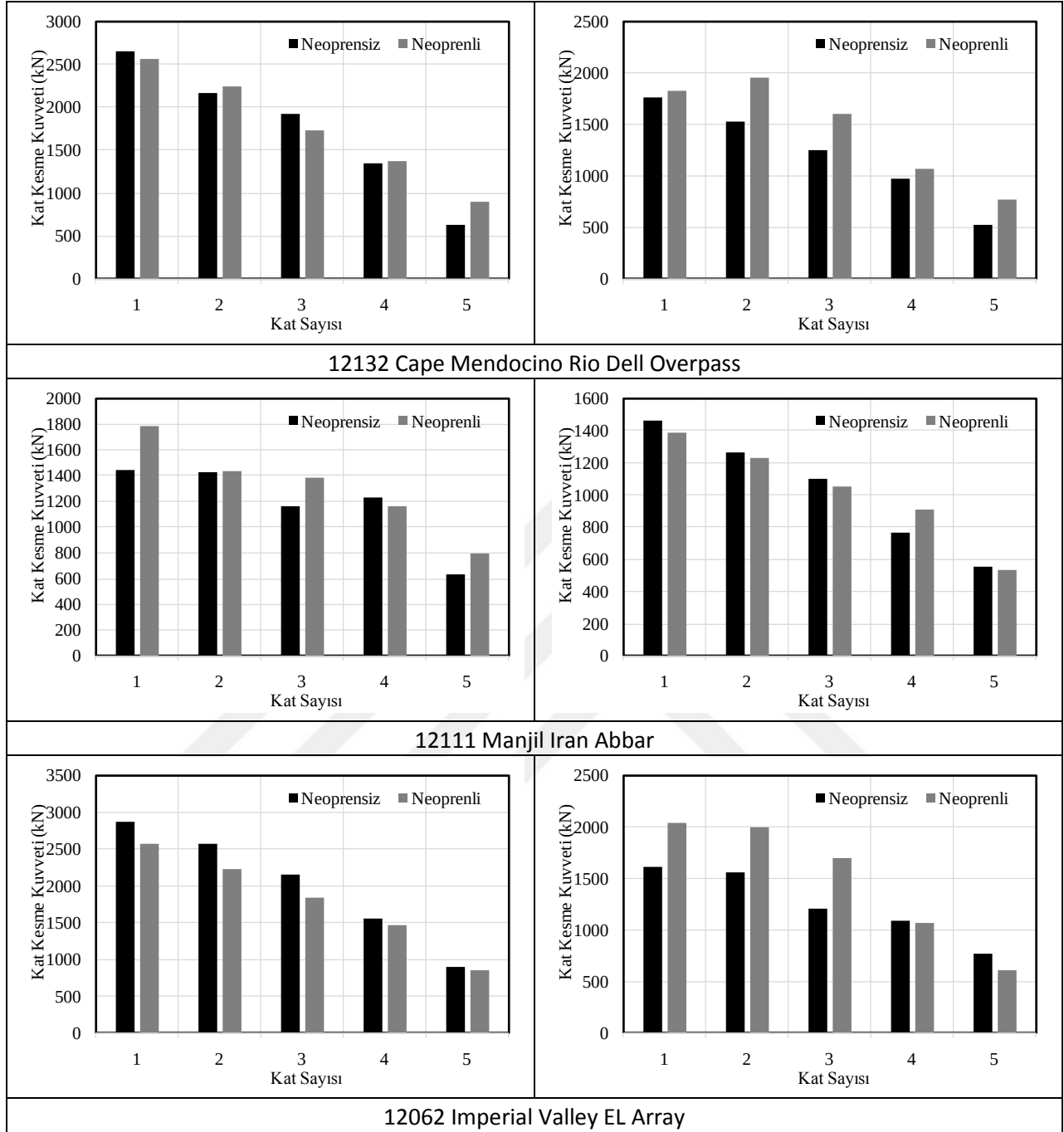




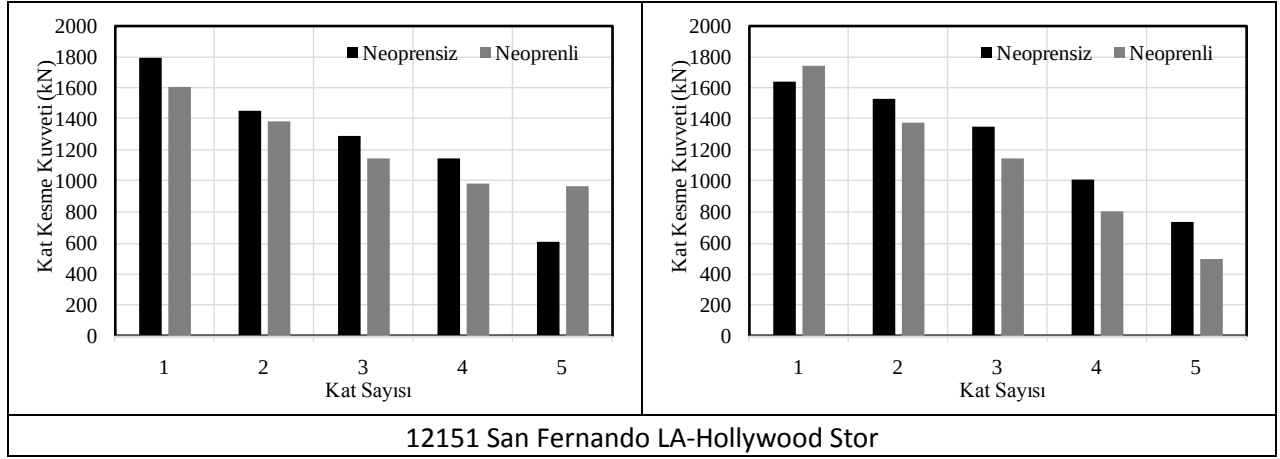
Şekil 18 : 5cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



Şekil 18 devamı: 5cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



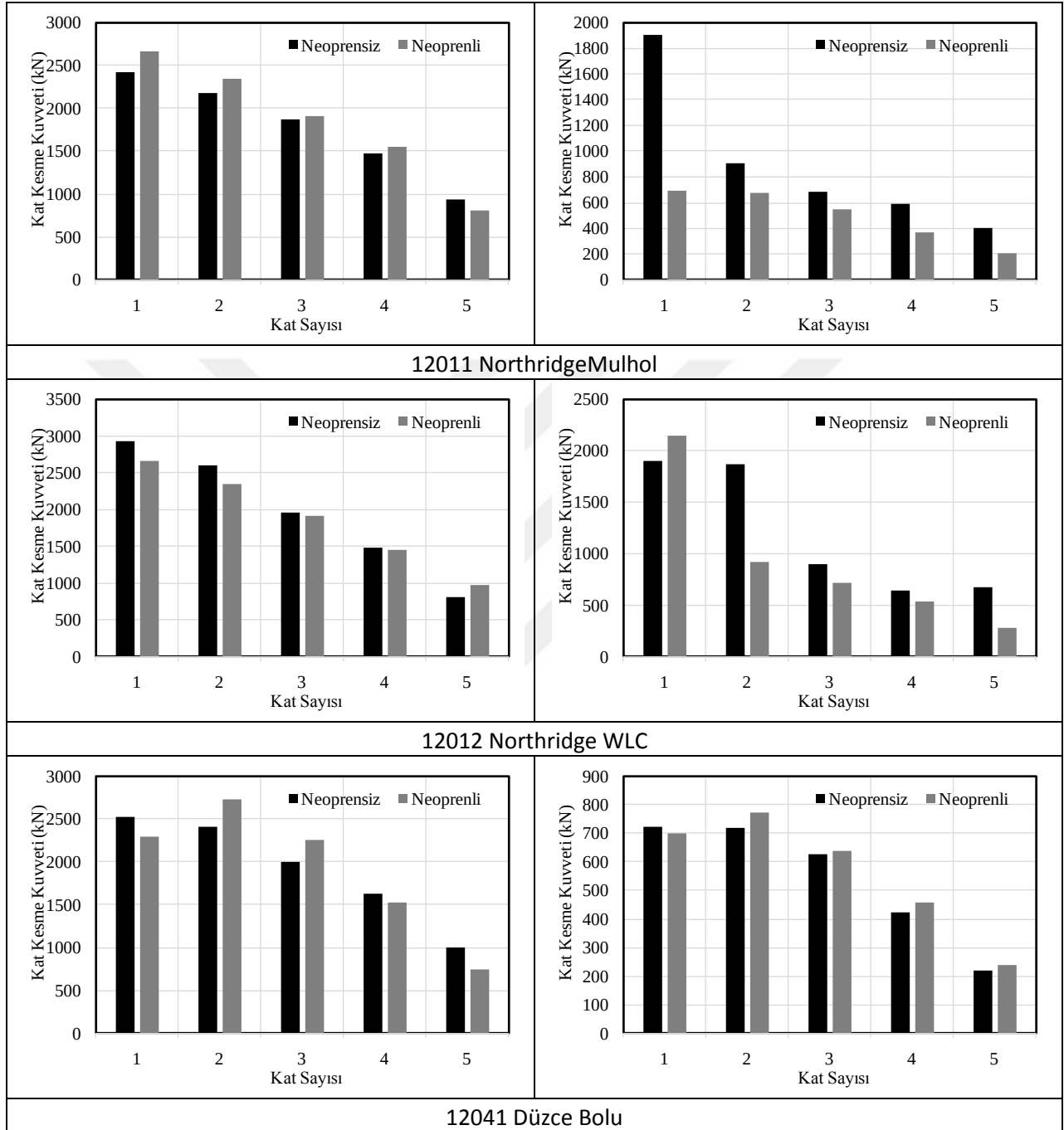
Şekil 18 devamı: 5cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.



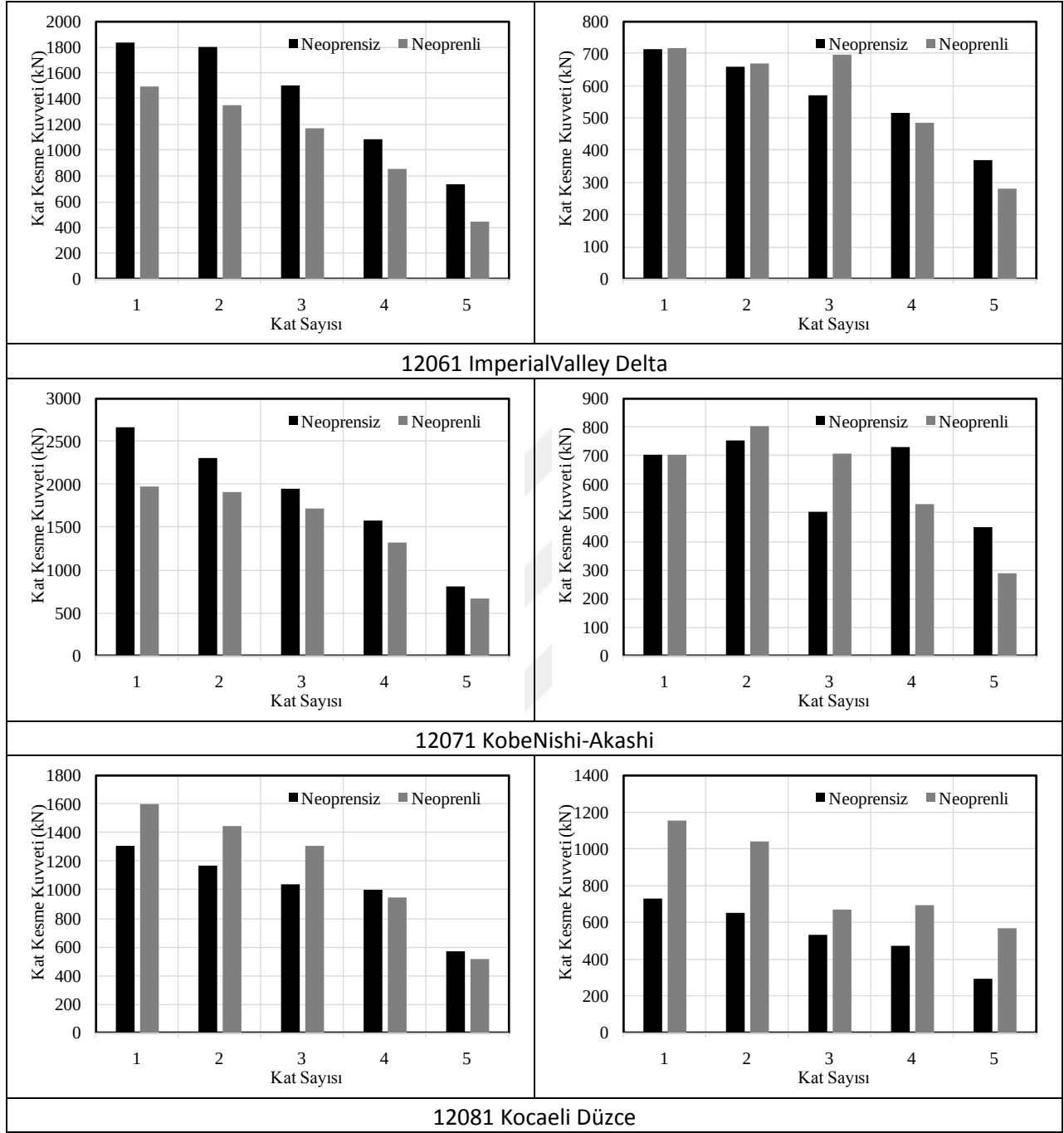
Şekil 18 devamı: 5cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri.

Analizler kapsamında 3 katlı ve 5 katlı yapılarda neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri incelendiğinde belirgin artış veya azalma gözlenmemektedir.

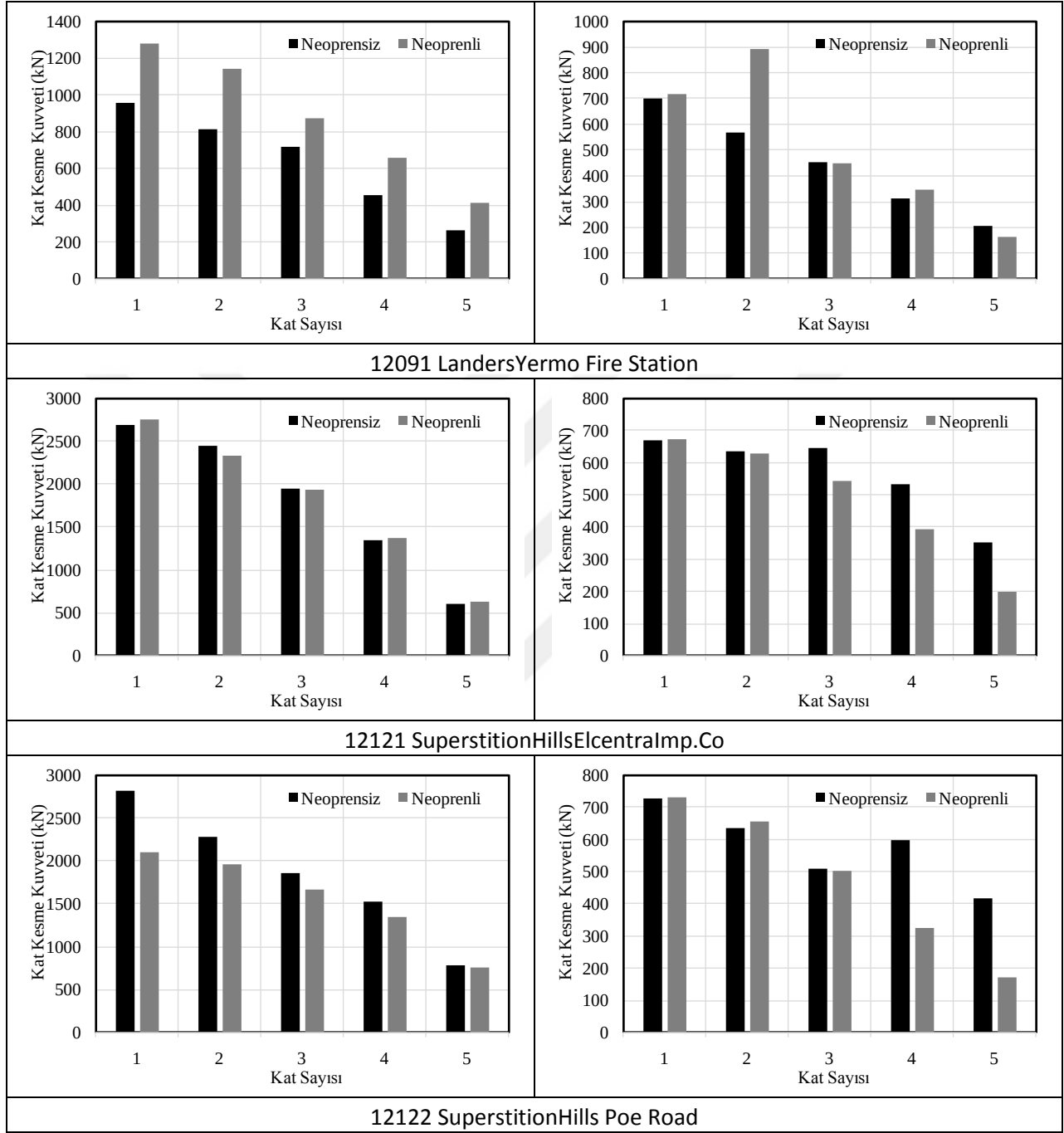
6 cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumlarda meydana gelen kat kesme kuvvetleri Şekil 20’de gösterilmiştir.



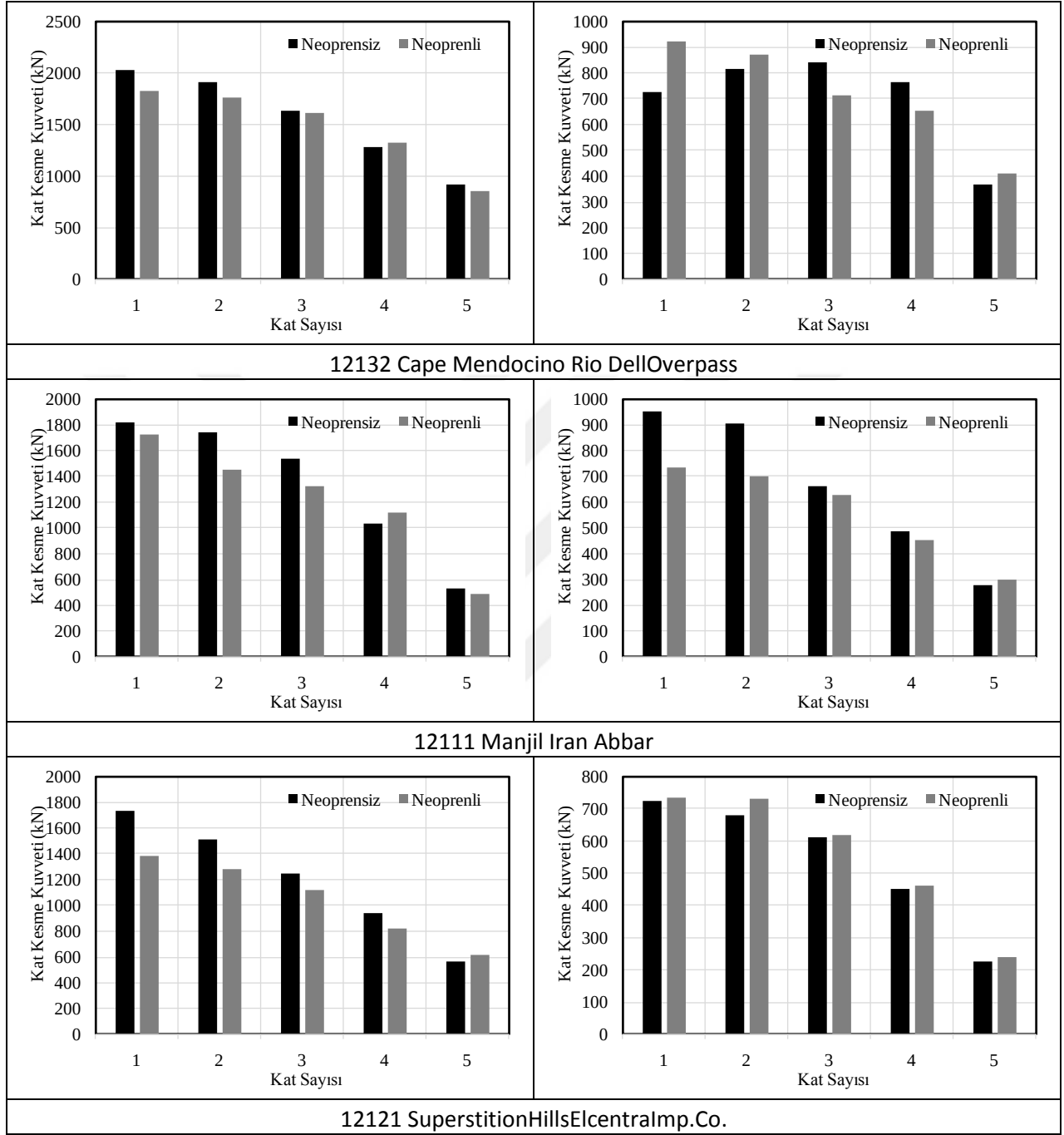
Şekil 19 : 6cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri



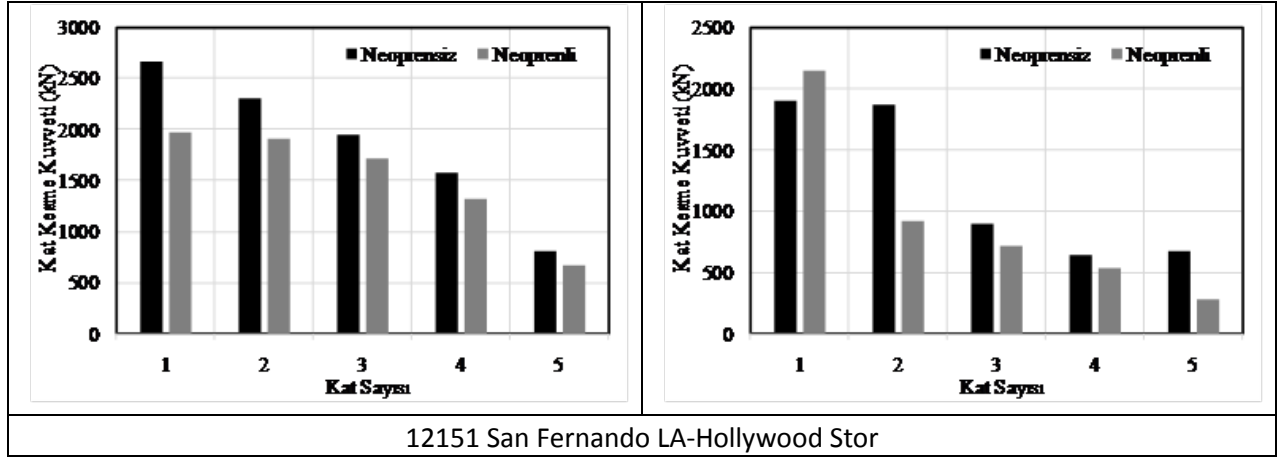
Şekil 19 devamı: 6cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri



Şekil 19 devamı: 6cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri



Şekil 19 devamı: 6cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri



Şekil 19 devamı: 6cxd analizlerine ait neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri

Analizler sonucunda 12081 Kocaeli Düzce ve 12091 LandersYermo Fire Station depremi etkisinde gerçekleştirilen neoprenli ve neoprensiz analizlerde neoprenli durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri neoprensiz duruma göre ciddi artış göstermektedir.

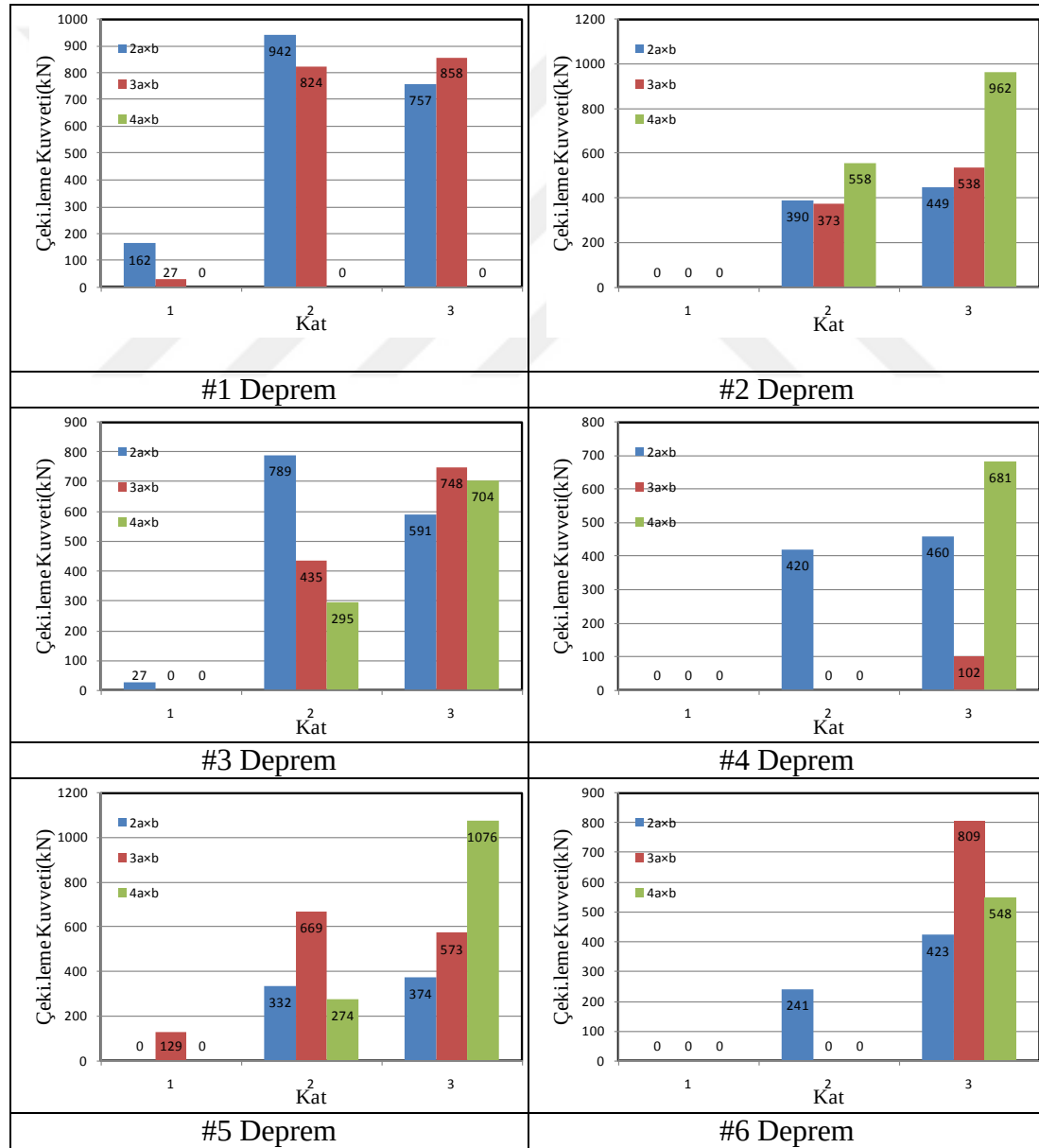
Diğer deprem kayıtları etkisinde gerçekleştirilen analizlerde neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen kat kesme kuvvetleri genellikle eşit sayılabilecek yakınlıkta değerler göstermektedir.

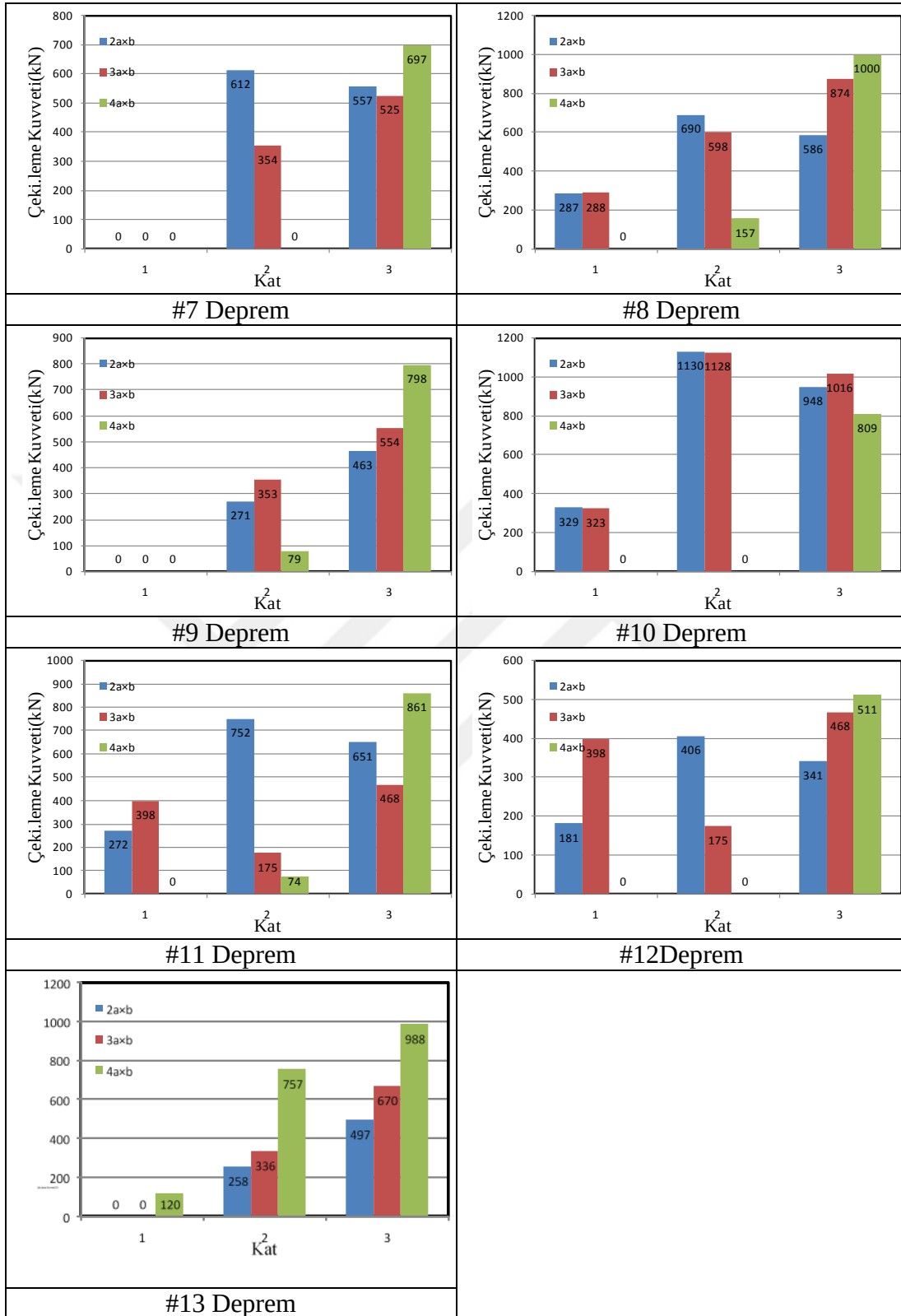
4. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Malzeme Kalite Etkisinin Değerlendirilmesi

3.bölümde yer verilen analiz sonuçlarının malzeme kalitesine, kat seviyelerinin durumuna göre karşılaştırmalı kıyasları yapılarak değerlendirilmiştir.

2axb, 3axb, 4axb isimli b.a çerçeve sistem sistem çiftlerinde neopren tabakasız analizlerde meydana gelen çekişleme etkileri baz alınarak malzeme durumunun çekişleme etkisi üzerindeki etkisi şekil 21'deki karşılaştırmalı grafikler doğrultusunda değerlendirilmiştir.



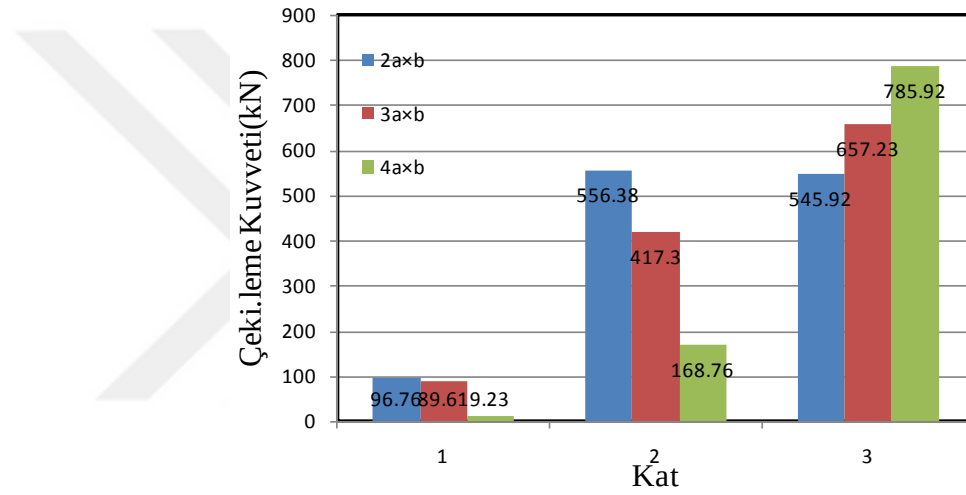


Şekil 20 : #2,3 ve 4 axb neoprensiz durumda çekişme kuvvetleri

#4a×b yapı sistem çiftlerinin #4a×b yapı sistem çiftlerin birinci kat seviyesinde sadece #13 nolu deprem kaydında 120 kN çekişleme etkisine maruz kaldığı gözlemlenmiştir.

Analizler kapsamında en büyük çekişleme kuvveti #8 deprem etkisi altında #4a×b yapı sisteminde 1000 kN olarak görülmüştür.

#13 deprem etkisinde meydana gelen çekişleme kuvvetleri kat yüksekliği arttıkça artış göstermektedir aynı zamanda aynı kat seviyeleri içinde #2a×b, 3a×b ve 4a×b yapı sistemleri içerisinde çekişleme kuvveti düzenli artış göstermiştir.

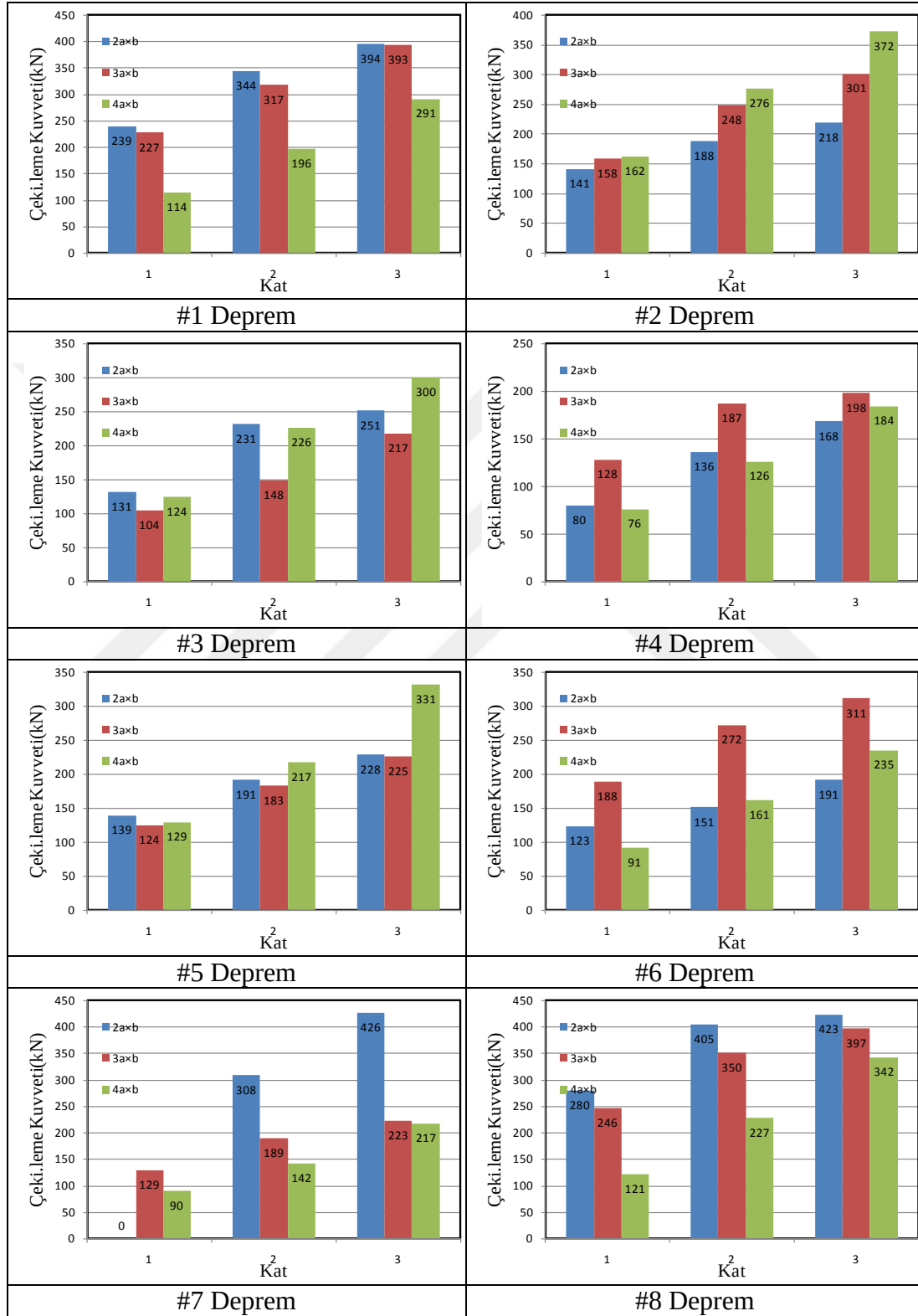


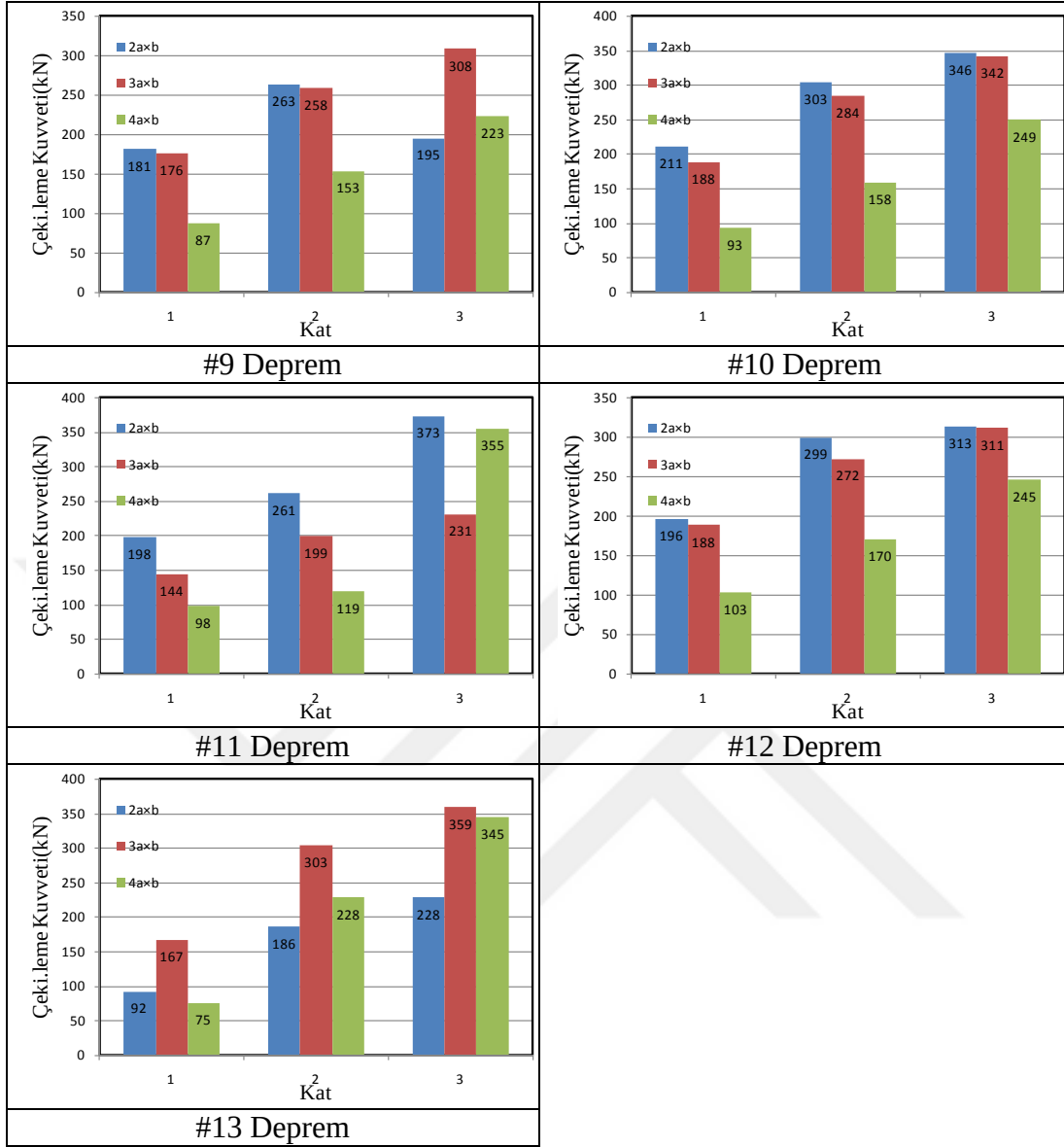
Şekil 21 : #2, 3 ve 4 axb neoprensiz durumda ortalama çekişleme kuvvetleri

En küçük ortalama çekişleme etkisi birinci kat seviyesinde #4a×b yapı sistem çiftinde 9.23 kN'luk kuvvet oluşmuştur. En büyük ortalama çekişleme etkisi üçüncü kat seviyesinde #4a×b yapı sistem çiftine ait 785.92 kN'luk kuvvet oluşmuştur. Analizler kapsamında birinci kat seviyesinde malzeme kalitesi arttıkça çekişleme etkisi azalmıştır. İkinci kat seviyesinde etkileşim gösteren yapı sistem çiftlerinin rijitlikleri arttıkça çekişleme kuvveti azalmaktadır. Üçüncü kat seviyesinde etkileşim gösteren yapı sistem çiftlerinin rijitlikleri arttıkça çekişleme kuvvetlerinde artış gözlemlenmiştir.

2axb, 3axb, 4axb isimli b.a çerçeve sistem sistem çiftlerinde neopren tabaka varlığında yapılan analizlerde meydana gelen çekişleme etkileri baz alınarak malzeme

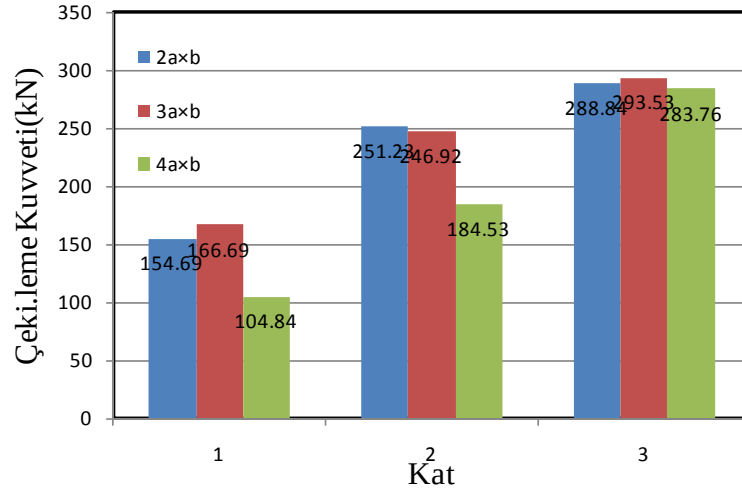
durumunun çekiçleme etkisi üzerindeki etkisi şekil 23'deki karşılaştırmalı grafikler doğrultusunda değerlendirilmiştir.





Şekil 22 : #2,3 ve 4 axb neoprenli durumda çekişme kuvvetleri

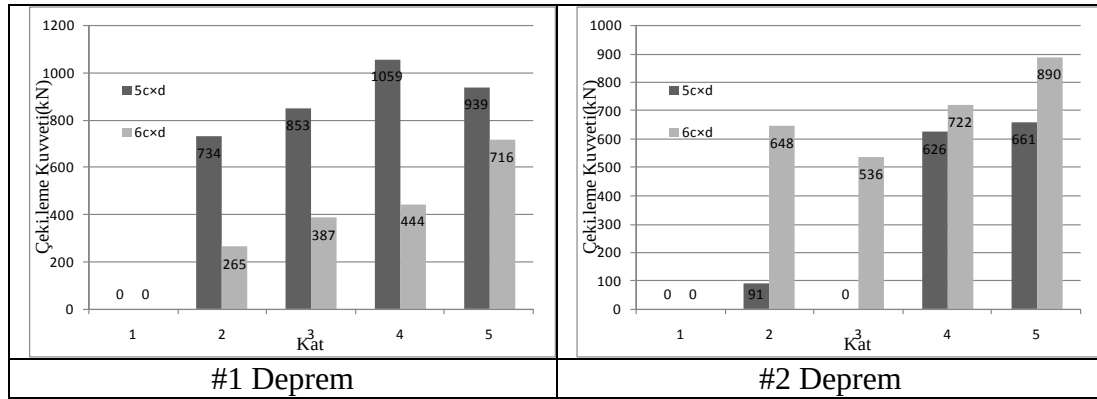
Analiz karşılaştırmaları incelendiğinde #8,#10,#12 depremleri etkisinde meydana çekişme kuvvetleri kat yükseklikleri arttıkça çekişme kuvvetleri artmakta birbiriyle etkileşimdeki yapı çiftlerinin rijitlikleri arttıkça çekişme kuvvetleri azalmaktadır. #2 deprem etkisi altında kat yükseklikleri arttıkça meydana gelen çekişme ortalama çekişme etkileri artmakta ve birbiriyle etkileşim halinde bulunan yapı sistem çiftlerinin rijitlikleri arttıkça çekişme kuvveti azalmaktadır.

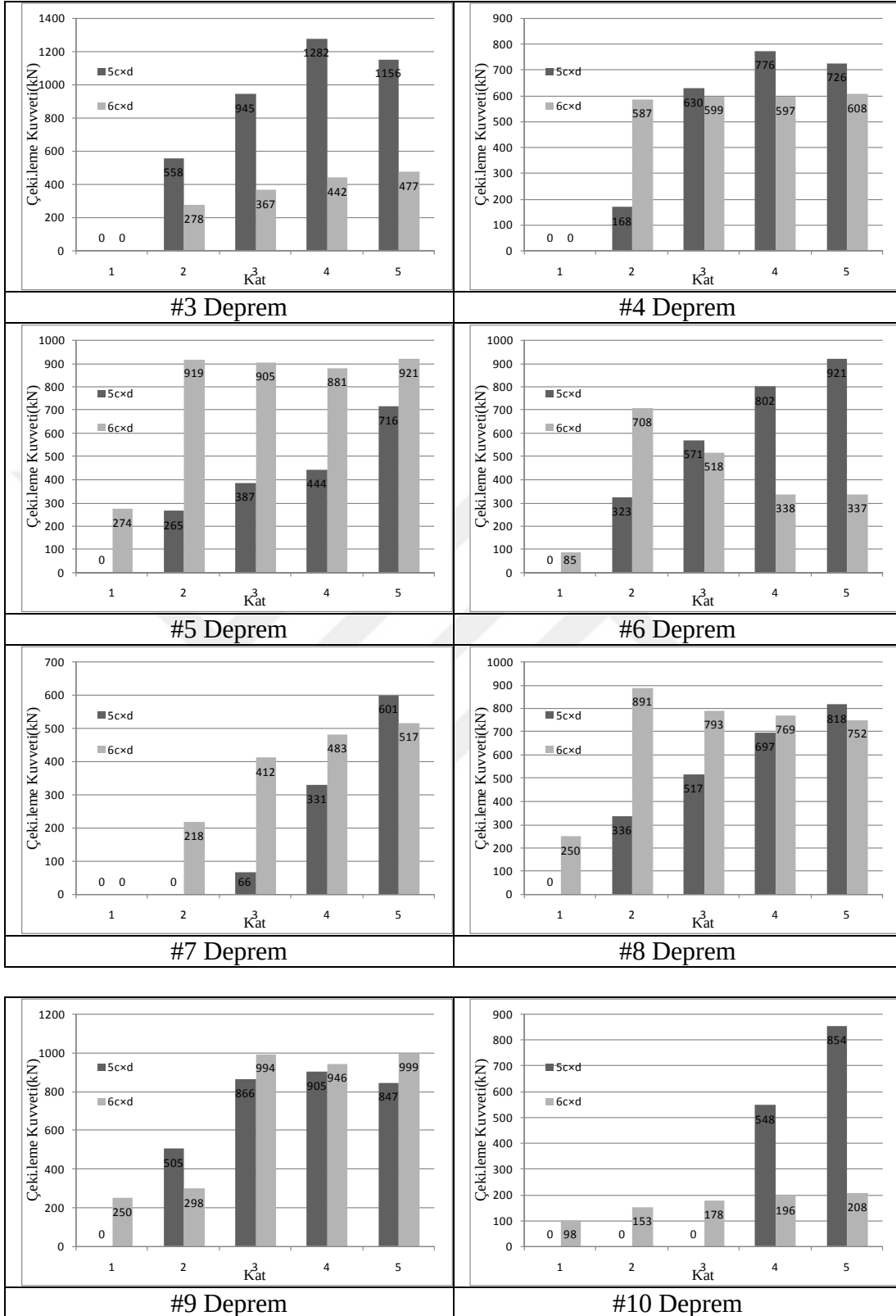


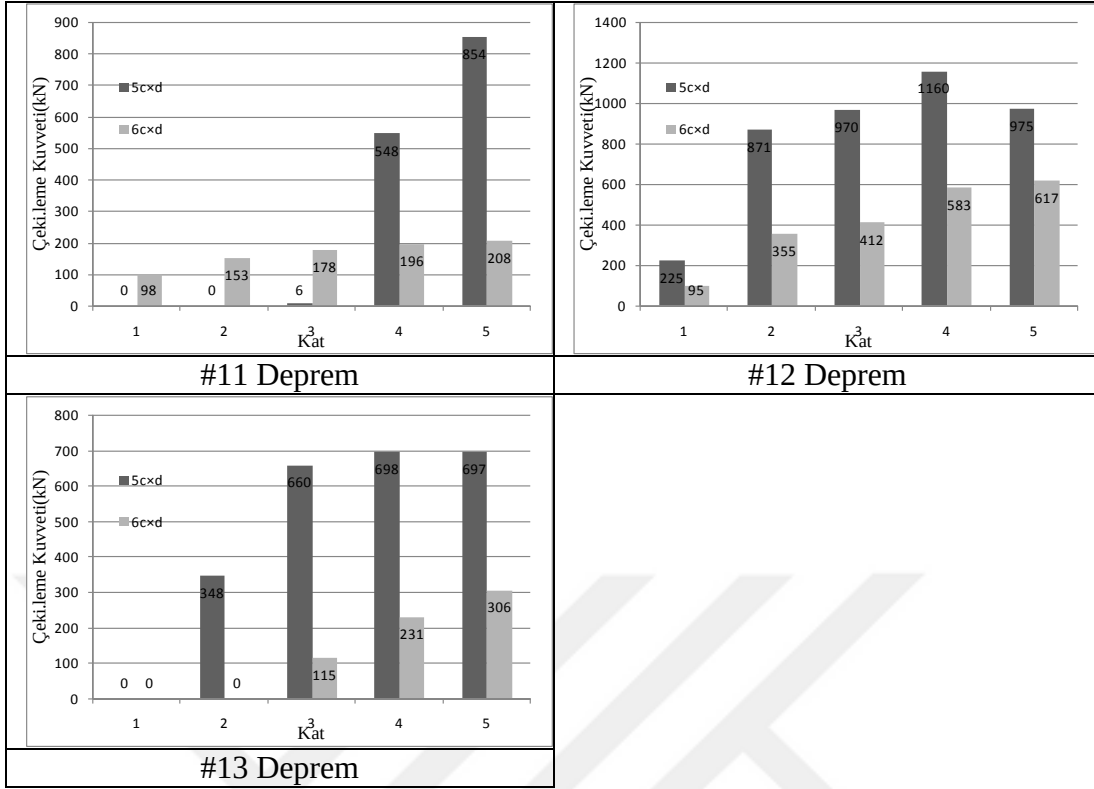
Şekil 23 : #2,3 ve 4 axb neoprenli durumda ortalama çekişme kuvvetleri

Malzeme kalitesinden ve kat yüksekliklerinden bağımsız olarak neopren tabaka kullanımı, çekişme kuvvetlerini azaltmakla kalmayıp, kuvvet seviyelerinin yaklaşık eşitlenmesini sağlamaktadır.

5cxd, 6cxd isimli b.a çerçeve sistem sistem çiftlerinde neopren tabakasız durumda gerçekleştirilen analizlerde meydana gelen çekişme etkileri baz alınarak malzeme durumunun çekişme etkisi üzerindeki etkisi şekil 25'deki karşılaştırmalı grafikler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

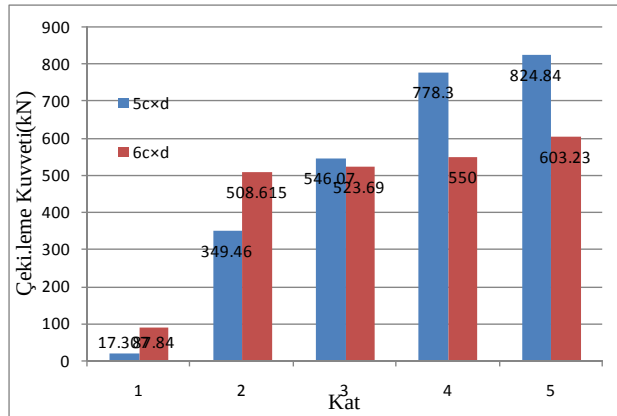






Şekil 24 : #5 ve 6 cxd neoprensiz durumda çekişme kuvvetleri

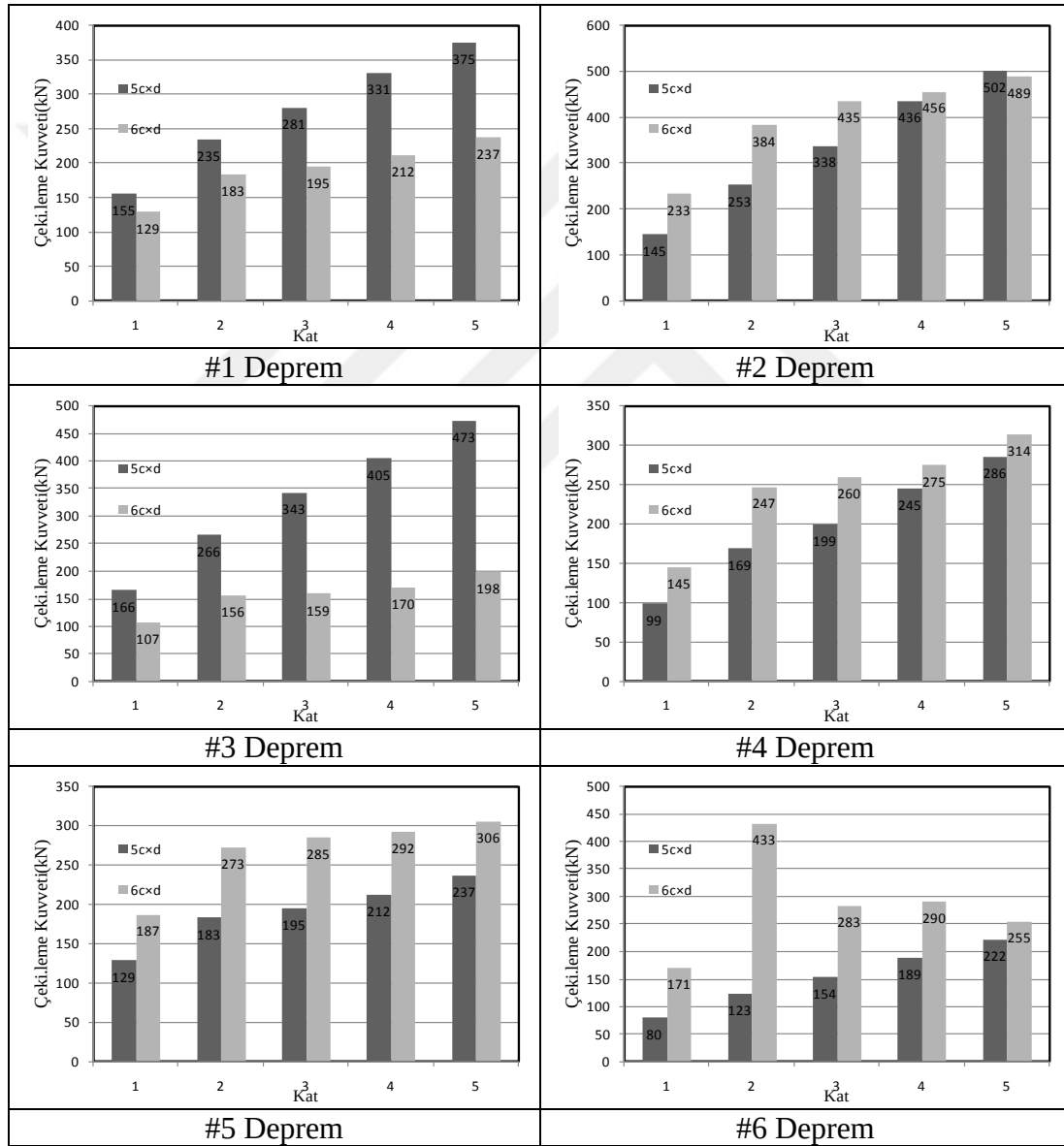
En büyük çekişme etkisi #3 deprem kaydı dördüncü kat seviyesinde meydana gelen 5cxd yapı sistem çiftine ait olan 1282 kN luk çekişme etkisidir. #1, #3, #12, #13 deprem kayıtları etkisinde yapılan analizlerde meydana gelen çekişme etkileri etkileşim halinde bulunan yapı çiftlerinin rijitlikleri arttıkça çekişme etkileri azalma göstermiştir. #5 deprem kaydı etkisinde meydana gelen çekişme kuvvetleri yapı sistem çiftlerinin rijitliği arttıkça çekişme etkisi artış göstermiştir.

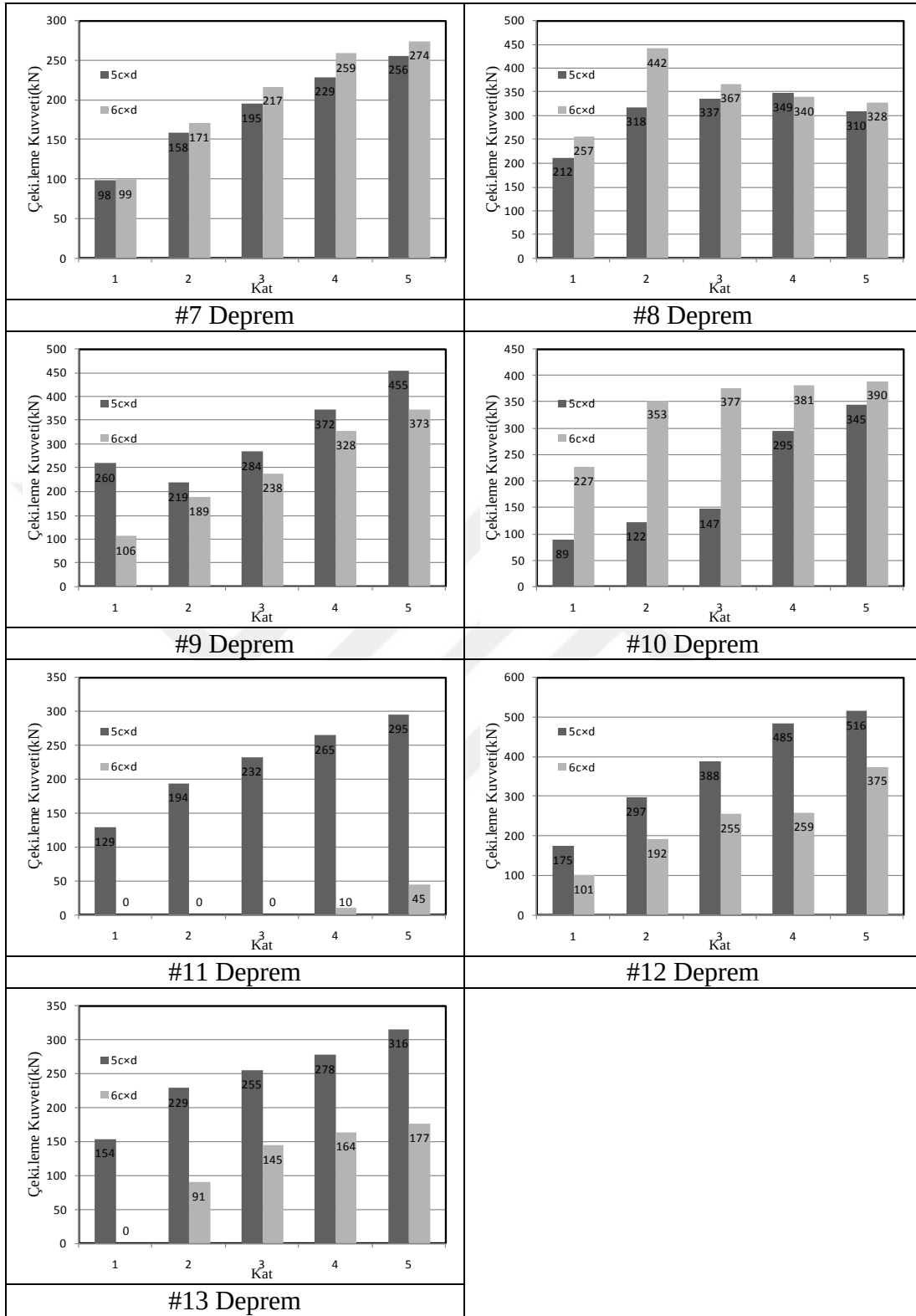


Şekil 25 : #5 ve 6 cxd neoprensiz durumda ortalama çekişme kuvvetleri

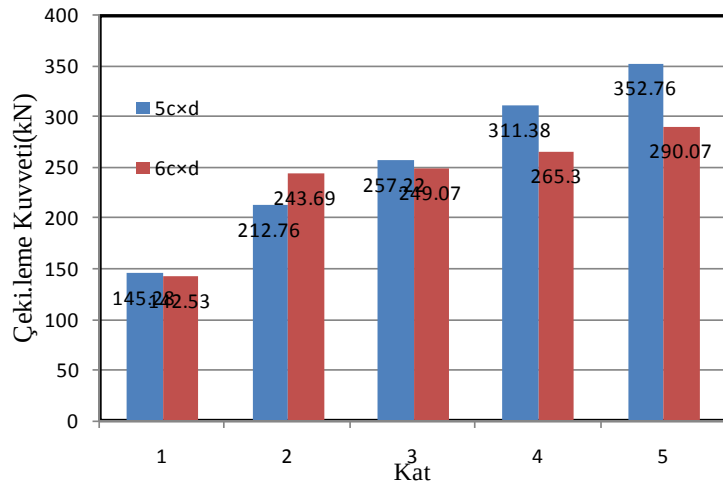
Çekiçleme etkisi birinci ve ikinci kat seviyelerinde malzeme kalitesi arttıkça artarken üçüncü dördüncü ve beşinci kat seviyelerinde malzeme kalitesi arttıkça azalma göstermektedir.

5cxd, 6cxd isimli b.a çerçeve sistem sistem çiftlerinde neopren tabaka varlığında gerçekleştirilen analizlerde meydana gelen çekiçleme etkileri baz alınarak malzeme durumunun çekiçleme etkisi üzerindeki etkisi şekil 27'deki karşılaştırmalı grafikler doğrultusunda değerlendirilmiştir.





Şekil 26 : #5 ve 6 cxd neoprenli durumda çekişme kuvvetleri



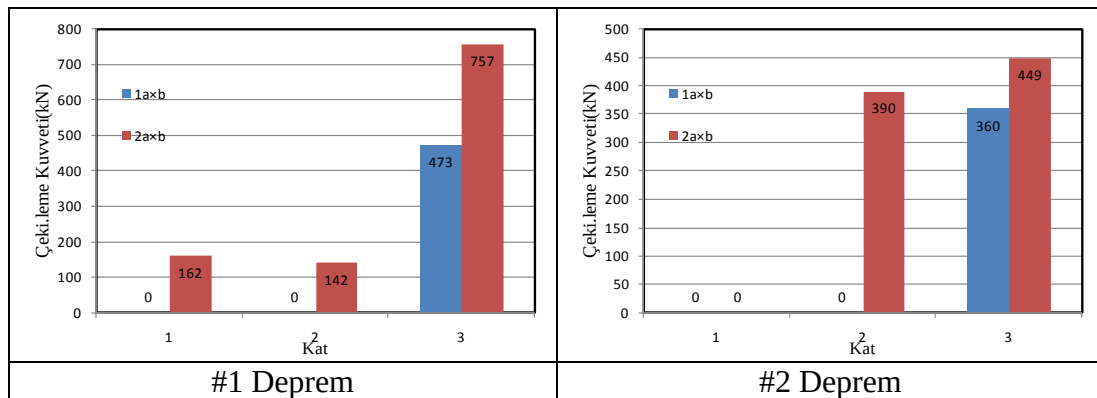
Şekil 27 : #5 ve 6 cxd neoprenli durumda ortalama çekişme kuvvetleri

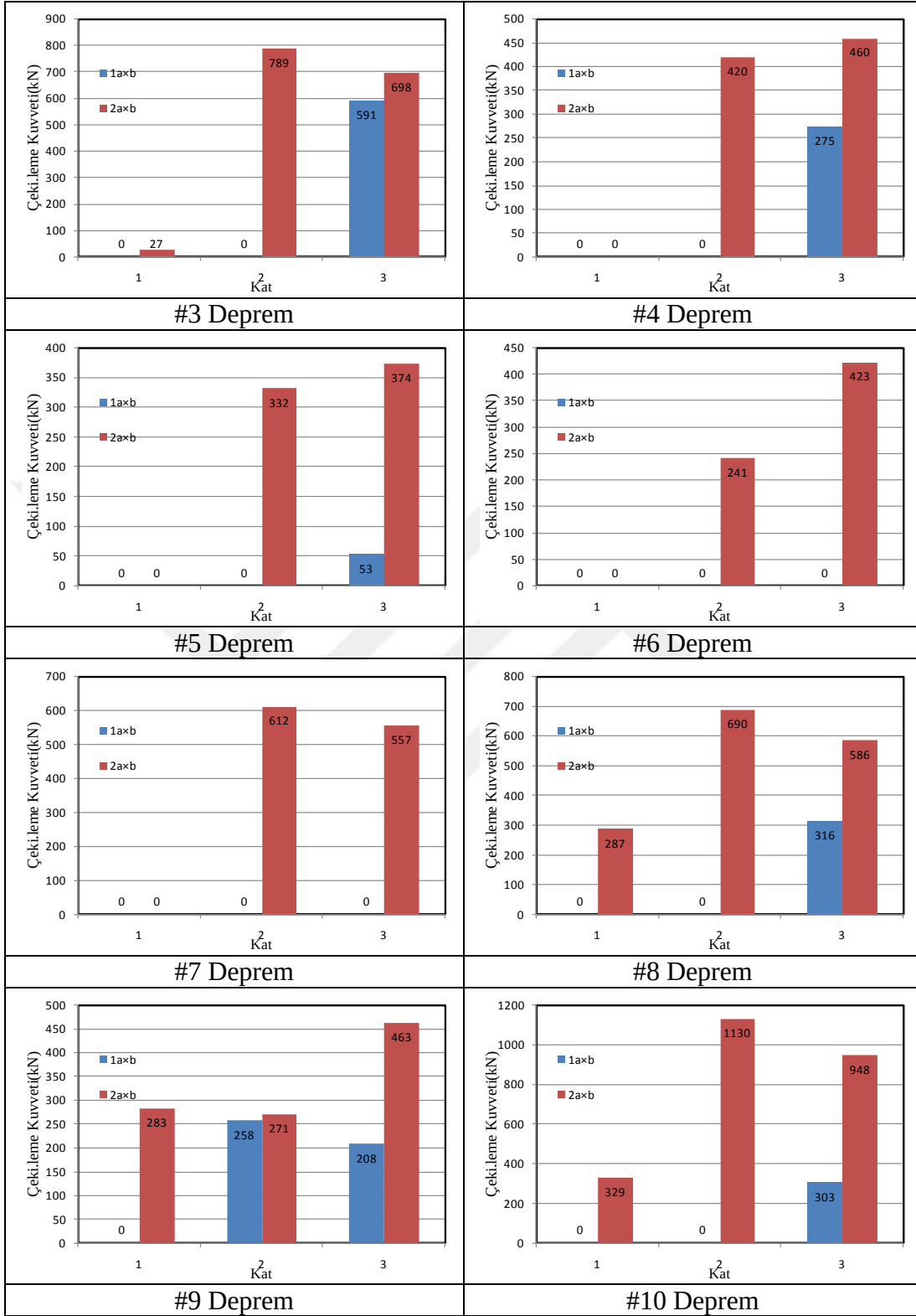
Neopren kullanımıyla #5cxd ve #6cxd yapı türlerinde meydana gelen çarpışma etkileri birbirine yaklaşılarak eşitlenme eğilimi göstermiştir. Kat yüksekliği arttıkça çarpışma etkileri düzenli olarak artış göstermiştir.

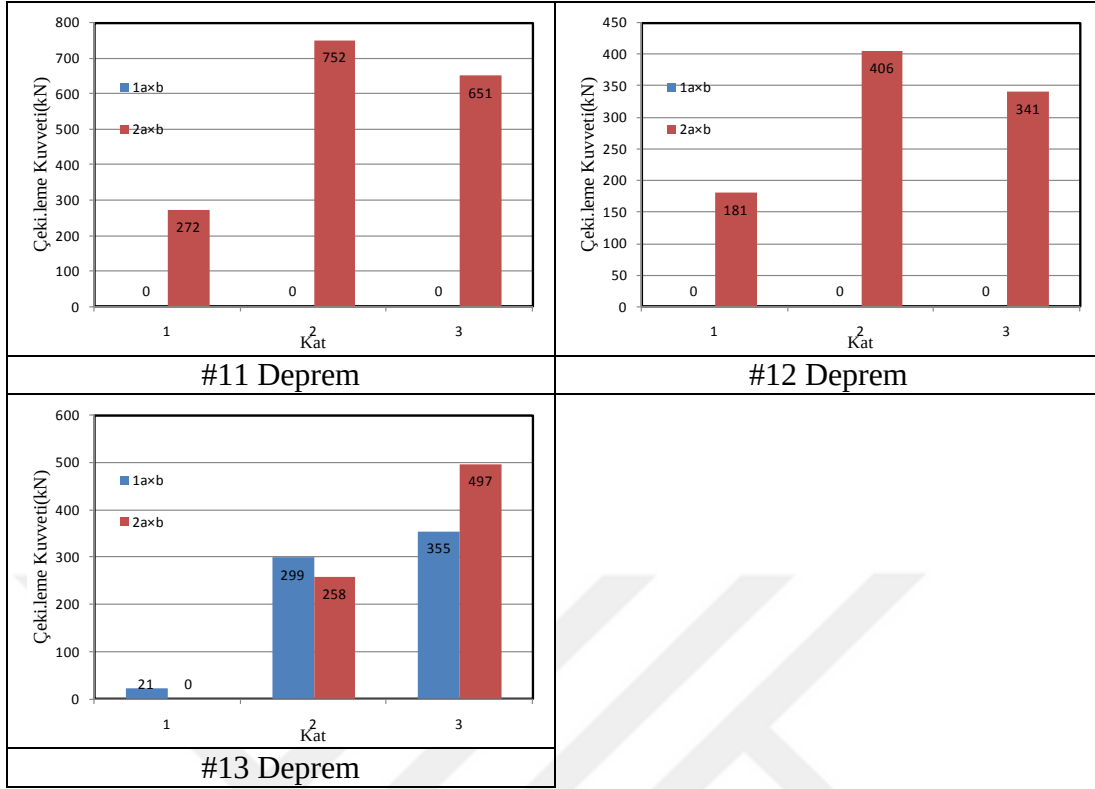
Genellikle #6cxd yapı sistem çiftinde meydana gelen çarpışma etkisi #5cxd yapı sistem çiftine göre daha alt seviyededir.

4.2. Kat Seviyelerinin Değerlendirilmesi

1axb, 2axb b.a yapı sistem çiftleriyle gerçekleştirilen analizler doğrultusunda kat seviyelerinin neopren tabakasız durumda çekişme etkisi üzerindeki etkisi şekil 29'daki veriler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

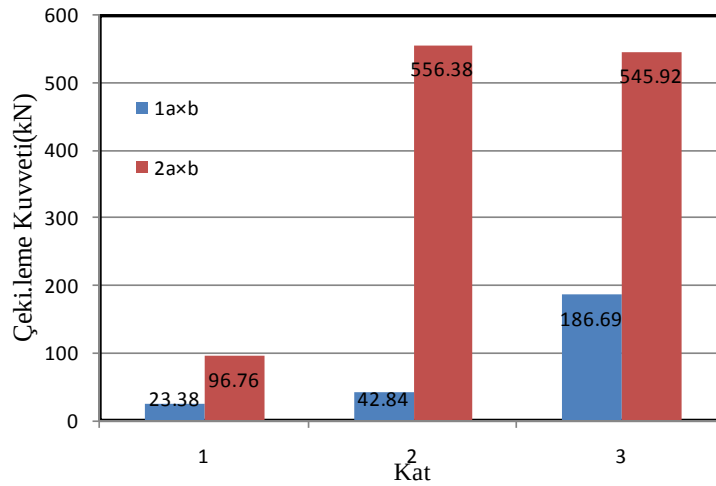






Şekil 28 : #1 ve 2 axb neoprensiz durumda çekileme kuvvetleri

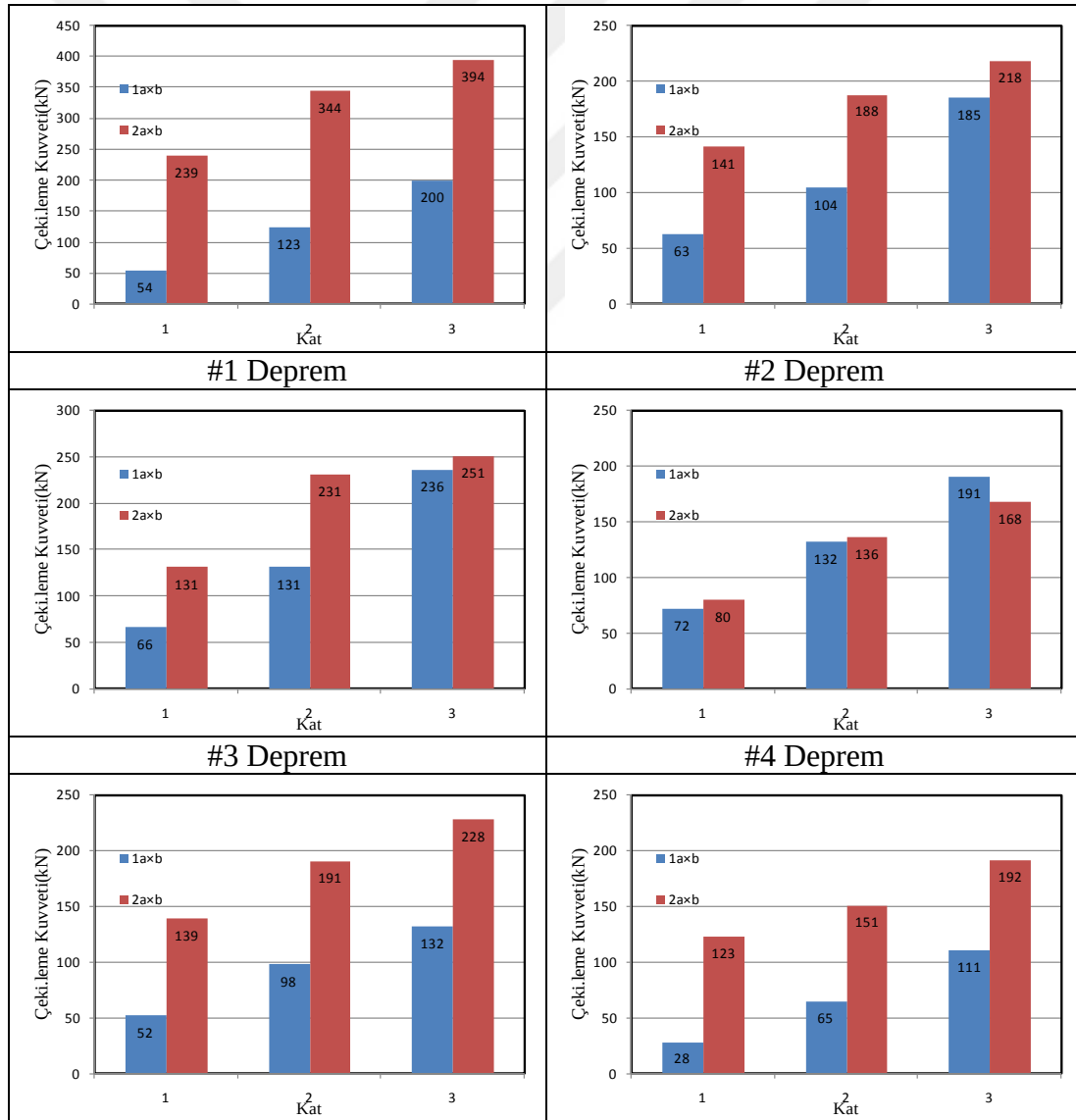
Analizler kapsamında etkililen on üç deprem kaydından onbirinde #1a x b yapı sistem çiftinde birinci ve ikinci kat seviyelerinde çarpışma etkisi oluşmamıştır.

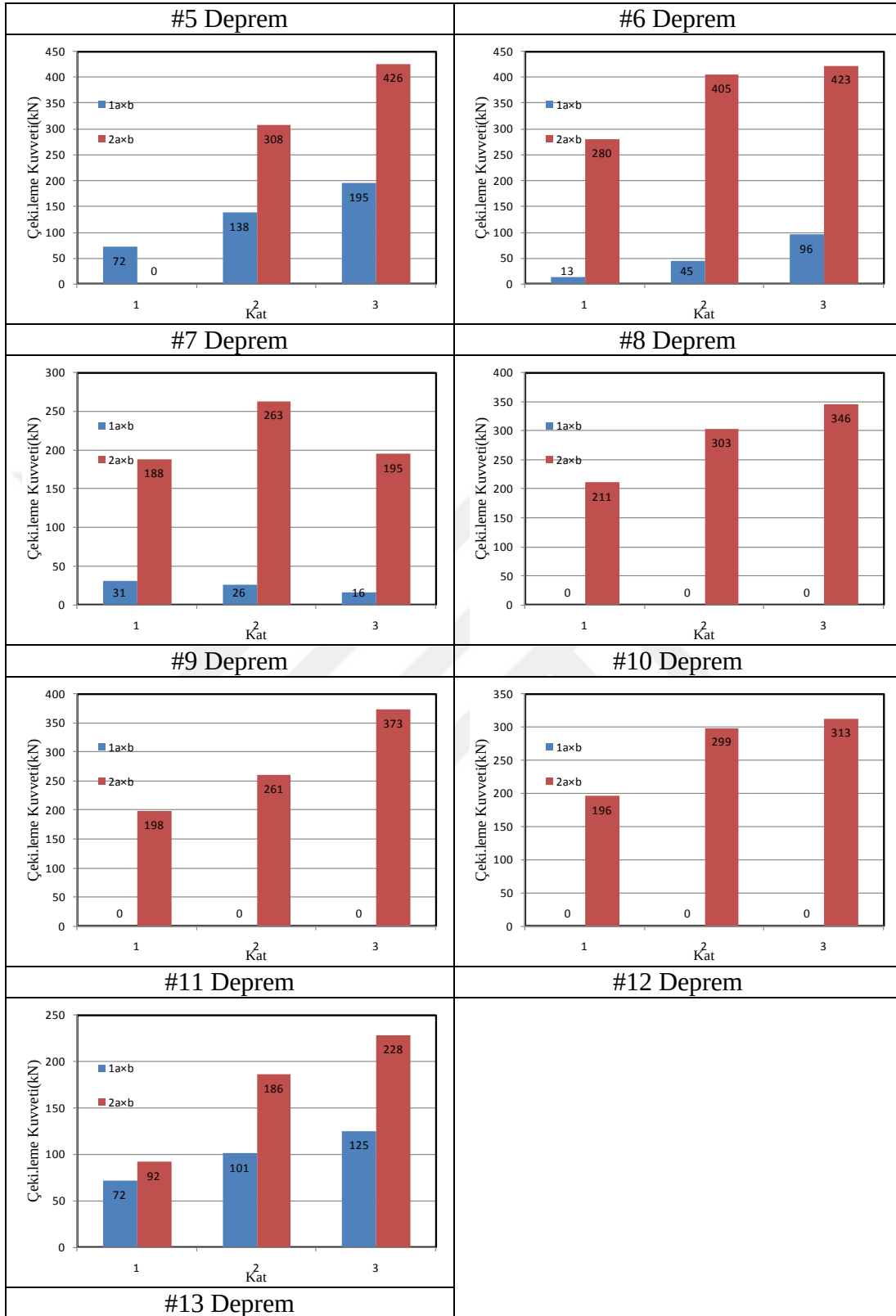


Şekil 29 : #1 ve 2 axb neoprenli durumda çekileme kuvvetleri

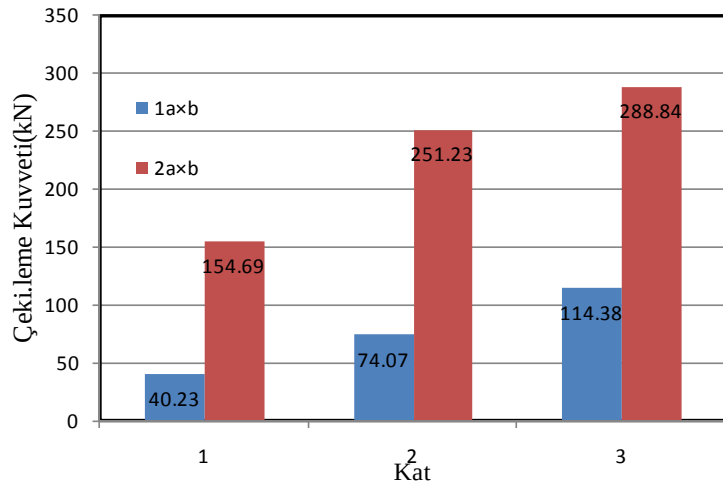
Neoprensiz durumda gerçekleştirilen analizler kapsamında eşit kat seviyelerine sahip benzer yatay rijitlikteki sistem ile ($1a \times b$) ve farklı kat seviyelerine sahip benzer yatay rijitlikteki ($2\#a \times b$) yapı sistemi çiftlerinde meydana gelen çarpışma kuvvetleri kıyaslanmıştır. Farklı kat seviyesine sahip sistemde ($2a \times b$) meydana gelen çarpışma etkisi eşit kat seviyesine sahip sisteme göre ($1a \times b$) ciddi oranda fazla gerçekleşmiştir. Bu durum komşu yapıların kat seviyelerindeki eşitsizlikler çarpışma etkisini ciddi oranda artırdığını göstermektedir.

$1a \times b, 2a \times b$ b.a yapı sistem çiftleriyle gerçekleştirilen analizler doğrultusunda kat seviyelerinin neopren tabaka varlığında çekiçleme etkisi üzerindeki etkisi şekil 31'deki veriler doğrultusunda değerlendirilmiştir.





Şekil 30 : #1 ve 2 axb neoprenli durumda çekilme kuvvetleri

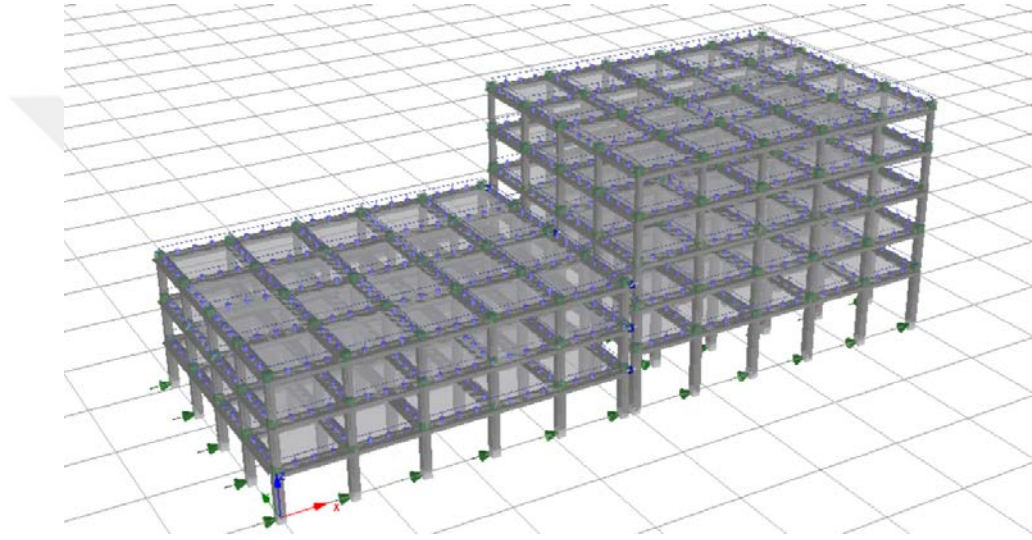


Şekil 31 : #1 ve 2 axb neoprenli durumda ortalama çekişleme kuvvetleri

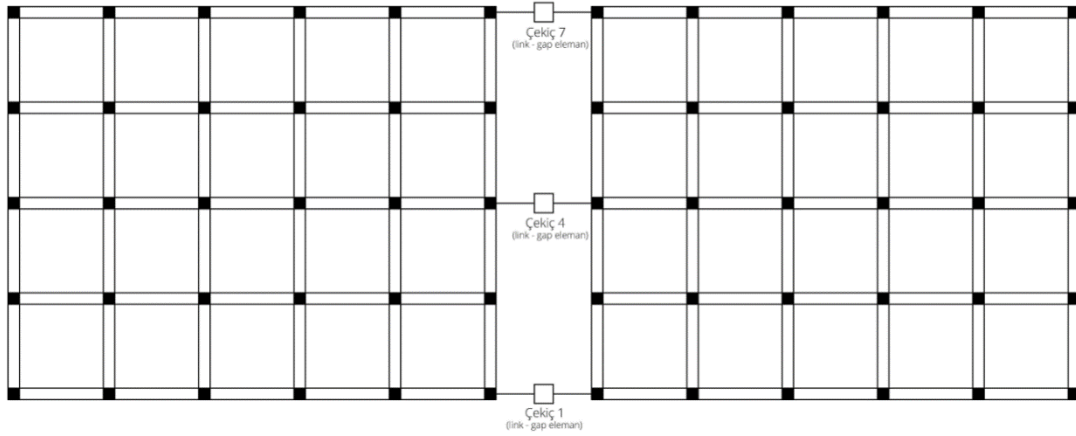
Neopren tabaka kullanımıyla gerçekleştirilen benzer yatay rijitliklere sahip farklı kat seviyelerine sahip (#2a×b) ve aynı kat seviyelerine sahip (#1a×b) yapı sistem çiftlerinde meydana gelen ortalama çarpışma kuvvetleri incelendiğinde farklı kat seviyesine sahip sistemde (#2a×b) meydana gelen çarpışma kuvveti aynı kat seviyesine ait sisteme göre (#1a×b) ciddi oranda fazla oranda oluşmuştur. Neopren kullanımıyla çekişleme kuvvetlerinin birbirine yaklaştığı gözlemlenmiştir.

5.NEOPREN DOLGU MALZEMESİNİN 3 BOYUTLU SİSTEMDE UYGULANMASI

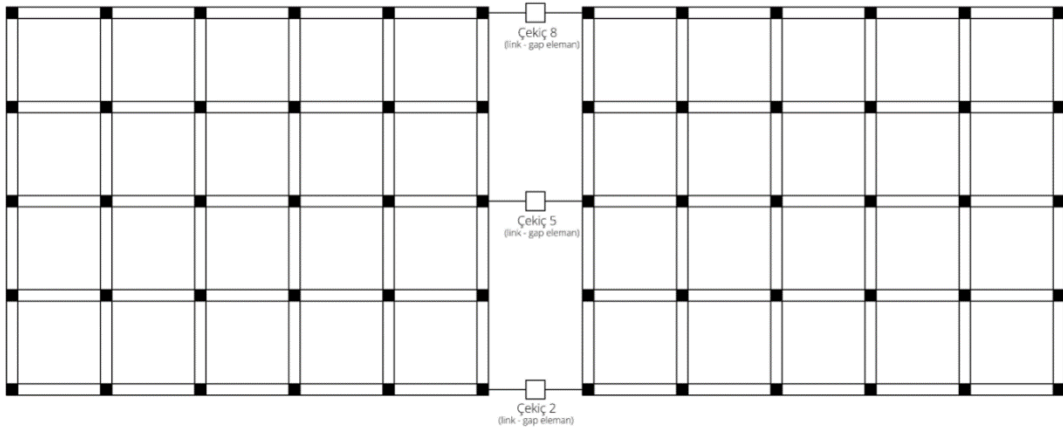
Betonarme çerçeve sistem çiftlerinde incelemiş olduğumuz çekişleme etkisinin neopren kauçuk cisim ile azaltılması durumunu 3 boyutlu model ile analiz ederek meydana gelen çekişleme kuvvetlerini , meydana gelen çekişleme enerjilerini ve yük yer değiştirme eğrileri incelendi.



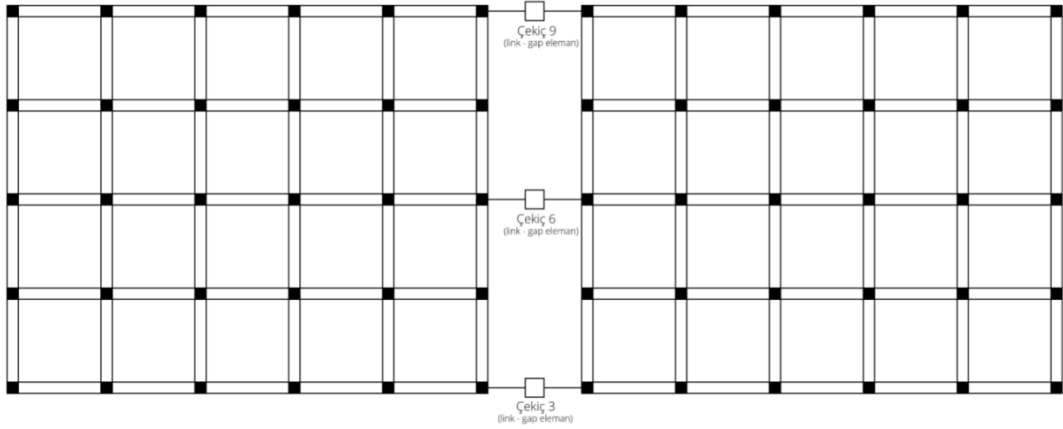
Şekil 32 : 3 Katlı 5 Açıklıklı ve 5 Katlı 5 Açıklıklı 3-B Sistem



Şekil 33 : 1.Kat Planı



Şekil 34 : 2.Kat Planı



Şekil 35 : 3.Kat Planı

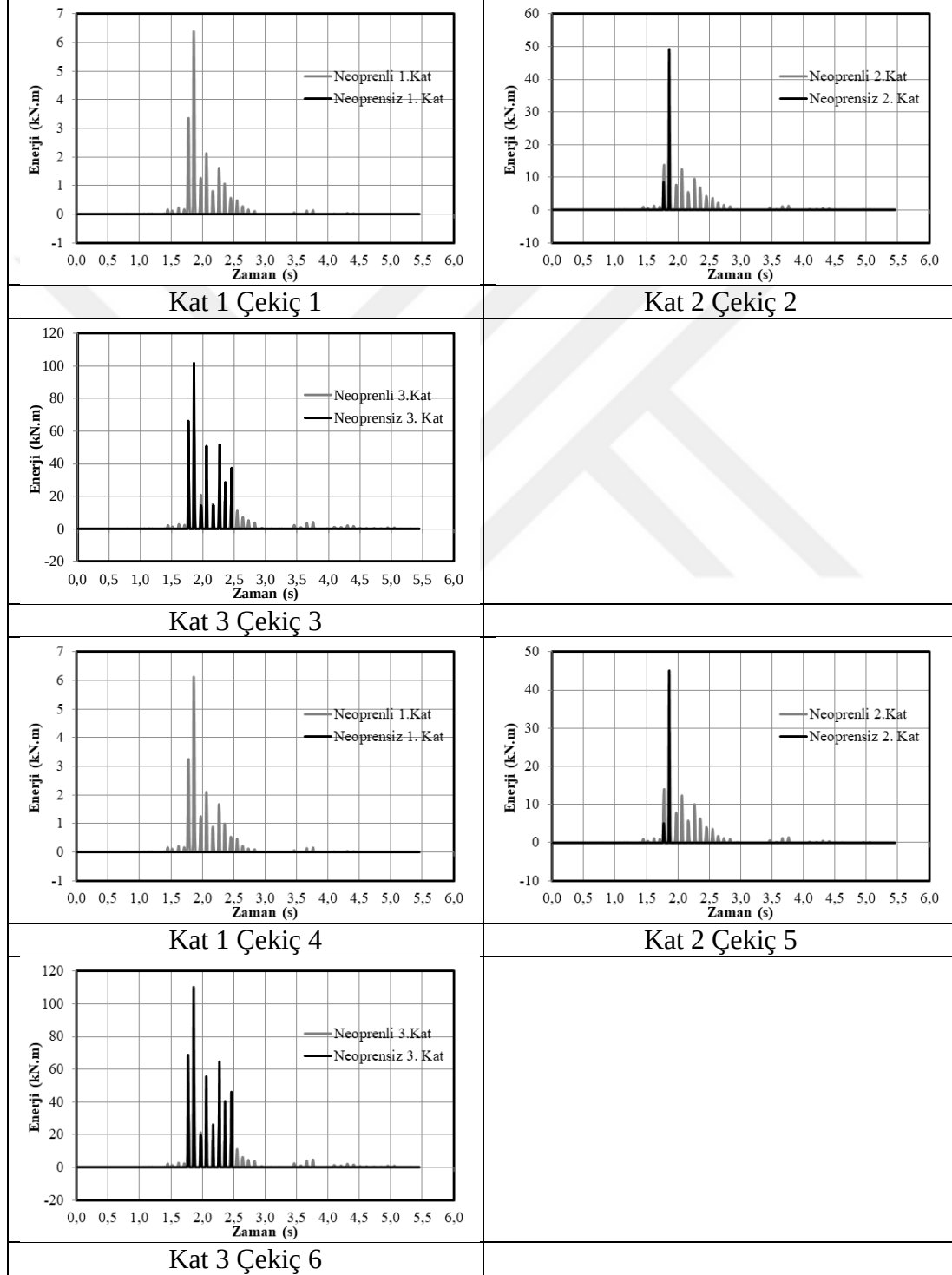
3 katlı ve 5 katlı 2 sistemin 3 boyutlu tasarımı yapılarak her kata 3 gap eleman olmak üzere 9 adet gap eleman tanımlanarak ,deprem kaydı bu iki yapıya etkilmiştir. Bu link elemanlarda meydana gelen çekişleme kuvvetleri iki yapı arasına neopren kauçuk pad tanımlanarak sönümlenme miktarları gözlemlenmiştir. Bu kuvvetlere ilintili olarak neoprenli ve neoprensiz durumda oluşan enerji miktarları ve yük – yer değiştirme eğrileri incelenmiştir.

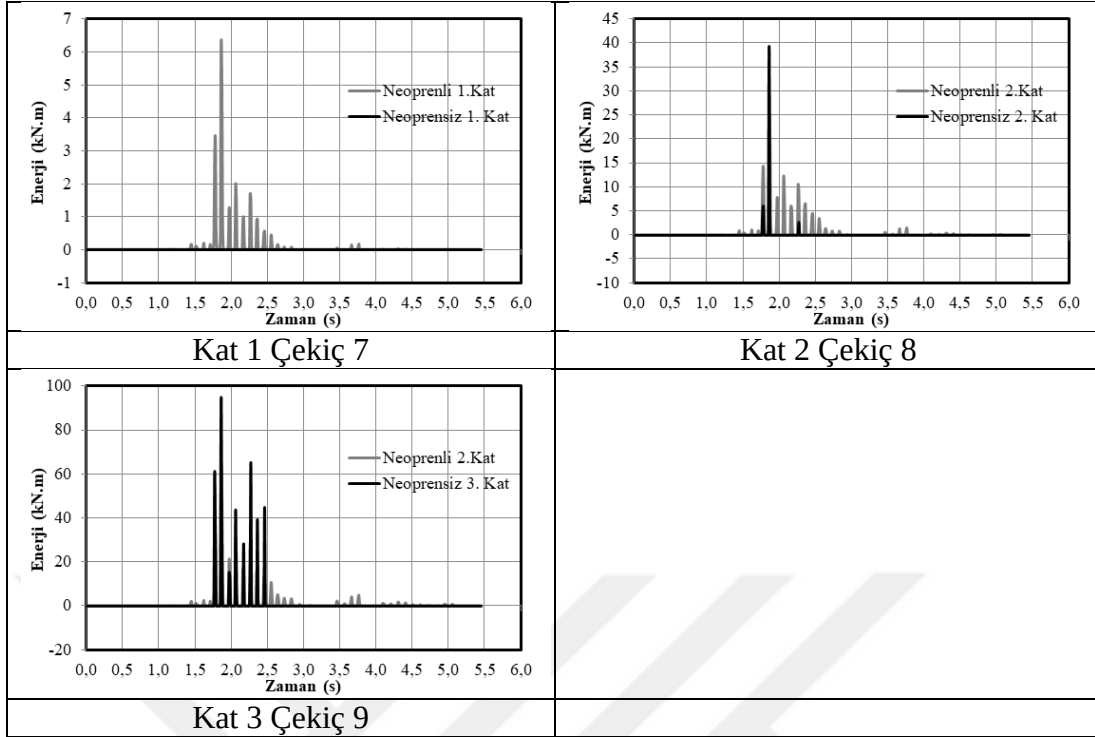
Sistem verileri sol taraftaki 3 katlı yapı yetersiz donatı ve beton verileri baz alınarak , sağ taraftaki 5 katlı yapıda yeterli donatı ve beton verileri baz alınarak tasarlanmıştır. (**Tablo 1 , Tablo 2**)

Sisteme Kocaeli – Düzce deprem kaydı etkilmiştir.

5.1. Çarpışma Enerjilerinin Değerlendirilmesi

Komşu durumdaki 3 katlı ve 5 katlı 3 boyutlu sistemin Kocaeli – Düzce depremi etkisi altında meydana gelen çekiçleme enerjilerinin neoprenli ve neoprensiz durumdaki enerji değişimleri incelenmiştir.





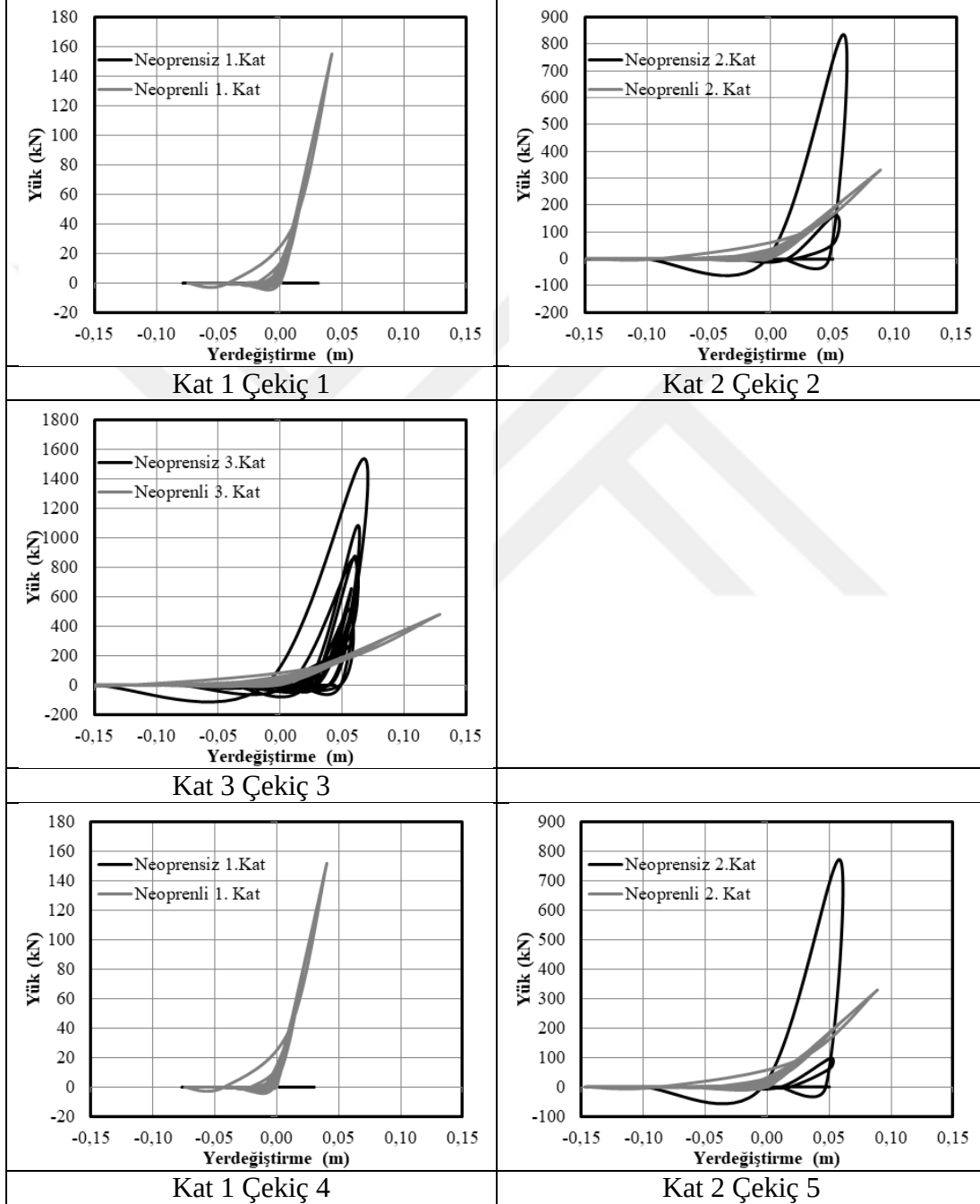
1.Kat seviyesinde bulunan Çekiş1 , Çekiş 4 ve Çekiş 7 ‘ de neoprensiz durumda meydana gelen çekişleme enerjisi neoprenli duruma göre daha azdır.

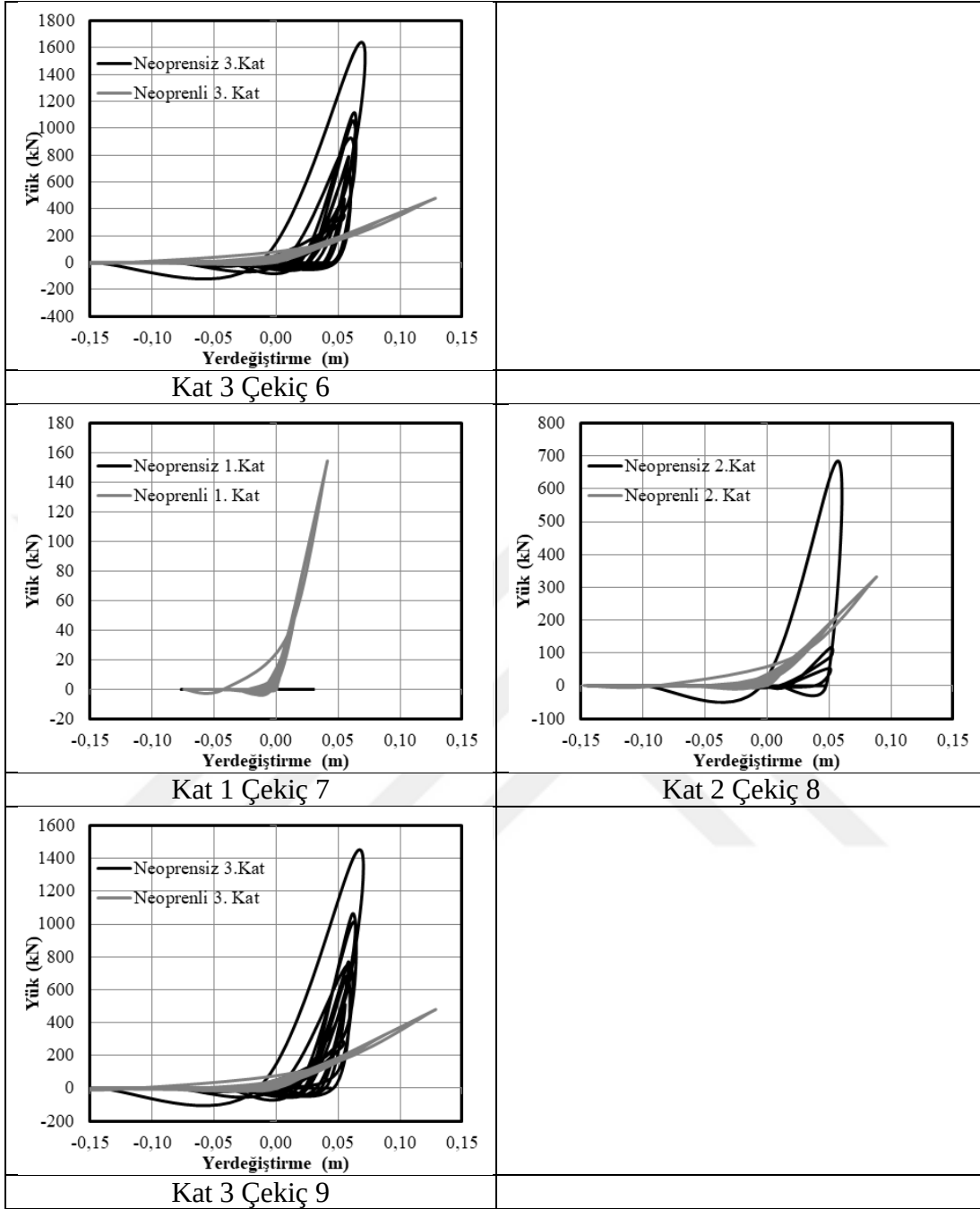
2. Kat seviyesinde bulunan Çekiş 2 , Çekiş 5 ve Çekiş 8 isimli link elemanlarda meydana gelen çekişleme enerjileri neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık % 40 oranda azalma sağlamıştır.

3.Kat seviyesinde bulunan Çekiş 3 , Çekiş 6 , Çekiş 9 isimli link elemanlarda meydana gelen çekişleme enerjileri neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık % 40 oranda azalma sağlamıştır.

5.2. Yük – Yerdeğiştirme İlişkisinin Değerlendirilmesi

Komşu durumdaki 3 katlı ve 5 katlı 3 boyutlu sistemin Kocaeli – Düzce depremi etkisi altında meydana gelen çekiçleme enerjilerinin neoprenli ve neoprensiz durumdaki yük – yerdeğiştirme durumları incelenmiştir.





Birinci kat seviyelerinde bulunan Çekiç 1 , Çekiç 4 ve Çekiç 7 isimli link elemanlarda meydana gelen yük – yer değıştirme eğrileri neoprensiz durumda en yüksek yer değıştirme anlarında etkiyen yük 0 kN dolaylarında iken neoprenli durumda bu değęerler yer değıştirme değęeri yaklaşık 0,05 m iken bu ana denk gelen yük 160 kN dolaylarındadır.

İkinci ve üçüncü kat seviyelerinde bulunan Çekiç 2 , Çekiç 3 , Çekiç 5 , Çekiç 6 , Çekiç 8 ve Çekiç 9 isimli link elemanlarda meydana gelen yük – yer değiştirme eğrilerinde neoprenli ve neoprensiz durumda meydana gelen yer değiştirme değerlerinin maksimum noktalarında neoprenli durumda neoprensiz duruma göre yaklaşık % 40 oranında azalma gözlemlenmiştir.



SONUÇ

Sismik çarpışma etkisi ikili gruplar halinde gerçekleştirilen lineer olmayan dinamik analiz sonuçları değerlendirilerek incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen somut sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

1. Tasarımı yapılan betonarme sistemlerde kullanılan malzeme kalitesi (düşey eksenel rijitlik) arttıkça deprem etkisi altında komşu binalar arasında meydana gelen ortalama çekiçleme kuvveti artmaktadır.

2. Bitişik nizam yapılarda farklı malzeme kalitelerinde yapılan analizlere göre malzeme kalitesi (düşey eksenel rijitlik) arttıkça katlarda oluşan kat kesme kuvvetleri artış göstermektedir.

3. Komşu yapılar arasına tanımlanan neopren tabaka , deprem etkisi altında meydana gelen çarpışma etkilerini neopren tabaka kullanılmayan duruma göre ortalama %55 oranda azaltmaktadır.

4. Betonarme sistem çiftlerine tanımlanan malzeme kalitesi (düşey eksenel rijitlik) arttıkça meydana gelen çarpışma kuvvetleri artmaktadır buna ilintili olarak çarpışma kuvvetleri artış göstermektedir, çarpışma kuvveti arttıkça neopren tabakanın sönümleme oranıda artış göstermektedir.

5. Deprem etkisi altında komşu yapılarda meydana gelen çekiçleme kuvvetleri, farklı kat seviyesine sahip komşu yapılarda eşit kat seviyesine sahip komşu yapılara göre ciddi oranda fazla çarpışma kuvveti oluşmaktadır.

6. Betonarme çerçeve sistem çiftleri arasına her kat seviyesinde tanımlanan link elemanlarda meydana gelen çekiçleme kuvvetleri kat yüksekliği arttıkça düzenli olarak artış göstermektedir.

7. Bitişik nizam 3 boyutlu modellerde komşu binalar arasında neopren kauçuk cisim kullanılması durumunda çekiçleme enerjilerinde % 40 oranında azalma gözlemlenmiştir.

8. Komşu binalar arasında neopren kaçuk cisim kullanılması durumunda yer değiştirme anında karşılık gelen yük miktarı % 40 oranında azalma göstermiştir.



KAYNAKÇA

- ABYYHY-1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara,(1975).
- ABYYHY-1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (1998).
- Anagnostopoulos S.A, Pounding of buildings in series earthquakes. Earthquake Engineering and Structural Dynamics 16:443-456,(1988).
- Bertero, V.V., “*Observation of Structural Pounding*”, international Conference: The Mexico Eartquake, (1986).
- Beşikçi, O.B., “*Düşük ve Orta Yükseklikteki Yumuşak Katlı Binaların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Analizle Tahmini*”, Yüksek Lisans Tezi, PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, (2013).
- Chau, K.T., Wei X.X., Guo, X. and Shen., Y.C., “*Experimental and Theoretical Simulations of Seismic Poundings Between Two Adjacent Structures*”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 32, 537-554, (2003).
- Chouw, N., and Hao, H., “*Pounding Behaviour of Adjacent Structures in the 2011 Christchurch Eartquake*”, Australian Earthquake Engineering Society 2011 Conference, South Australia, (2011).
- Çelik, S.,“*Düşük ve Orta Yükseklikteki Binaların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizle Tahmini*”, Yüksek Lisans Tezi, PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, (2011).
- Doğan, M. ve Günaydın, A., “*Pounding of Adjacent RC Buildings During Seismic Loads*”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,XXII, (2009).
- Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E., “*Structural Pounding Between Adjacent Buildings Subjected to Strong Ground Motions. Part II: The*

Effect of Multiple Earthquake”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 42, 1529-1545, (2013).

Francisco Lopez-Almansa and Alireza Kharazian, *Parametric Study Of The Pounding Effect Between Adjacent Rc Buildings with Aligned Slabs*, Second European Conference on Earthquake Engineering And Seismology, İstanbul, 25-29, (2014).

Inel, M., Cayci, B.T., Kamal, M. and Altinel, O., “*Structural Pounding of Mid Rise RC Buildings During Earthquakes*”, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 24-29 August 2014, Istanbul, Bildiri No: 1282, (2014).

Inel, M. and Ozmen, H.B., “*Effects of Plastic Hinge Properties in Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Buildings*”, Engineering Structures, 28, 1494-1502, (2006).

Jankowski, R., “*Non- Linear FEM Analysis of Earthquake-induced Pounding Between the Main Building and Stairway Tower of Olive View Hospital*”, Engineering Structures, 31, 1851-1864, (2009).

Kasai, K. and Maison, B. F., “*Building Pounding Damage During The 1989 Loma Prieta Earthquake*”, Engineering Structures, 19, 3, 195-207, (1996).

Kasai, K., Patel, P.C. and Munshi, J.A., “*Seismic Pounding Effects- Survey and Analysis*”, Earthquake Engineering, Tenth World Conference, Rotterdam, (1992).

Li, B., Chouw, N., “*Experimental Investigation of Inelastic Bridge Response Under Spatially Varying Excitations with Pounding*”, Engineering Structures, 79, 106-116, (2014).

Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R., *Theoretical stress-strain model for confined concrete*. Journal of the Structural Division. Vol. 114, no. 8, pp. 1804–1826, (1988).

- Menegotto, M., and Pinto, P.E (*Method of analysis of cyclically loaded RC plane frames including changes in geometry and non-elastic behavior of elements under normal force and bending.*) Preliminary Report IABSE, vol 13,(1973).
- Muthukumar, S., DesRoches, R., “*A Hertz Contact Model with Non-Linear Damping For Pounding Simulation*”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35, 811-828, (2006).
- Ozmen, H.B., Inel M., Akyol, E., Cayci, B.T. and Un, H., “*Evaluations On the Relation of RC Building Damages with Structural Parameters After May 19, 2011 Simav (Turkey) Earthquake*”, Nat Hazards, 71, 63-84, (2013)
- Pantelides, C.P and Ma, X., “*Linear and Nonlinear Pounding of Structural Systems*”, Computer & Structures, 66, 79-92, (1998).
- Papadrakakis, M. and Mouzakis, H., “*Earthquake Simulator Testing of Pounding Between Adjacent Buildings*”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 24, 811-834, (1995).
- Peer, 15 June 2014, <http://peer.berkeley.edu>, (2011).
- Rajaram, C. and Ramancharla, P.K., “*Three Dimensional Analysis of Pounding Between Adjacent Buildings*”, Journal of Structural Engineering, 41, 2, 1-11, (2014).
- TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1987).
- TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).

ÖZGEÇMİŞ

25 Eylül 1991 tarihi, İstanbul İli Bakırköy ilçesi doğumluyum. İlk, Orta ve Liseyi yine aynı ilçede tamamladıktan sonra, Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2015 yılında mezun olduktan sonra, 2015 yılında Beykent Üniversitesi, Mühendislik Anabilim Dalında Kentsel Dönüşüm ve Deprem Riskli Yapılar programında yüksek lisans eğitimine başladım. 2015 yılından beri özel bir firmada İnşaat Mühendisi olarak görev almaktayım.

Özel ilgi alanlarım, şantiye yönetimi, mali tablolar analizi, stratejik karar verme süreçleri ve karar verme süreçlerinde istatistiksel analizlerdir.

Selahattin GÜLER

