



A new approach in understanding the influence of irregular framing over the lateral drift in reinforced concrete structures

Hakan Karaca^{1*}, Ersin Aydın², Metin Hakan Severcan²

¹Department of Architecture, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240, Niğde, Türkiye

²Department of Civil Engineering, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240, Niğde, Türkiye

Highlights:

- The planar irregularity of a structure could be quantified
- A preliminary structural evaluation is possible and valid by just checking the column distribution
- The irregularity parameter could be associated with the lateral drift and so the performance of the structure

Keywords:

- Global drift
- Lateral performance
- Irregularity in plan
- Similarity ratio
- Column density map

Article Info:

Research Article

Received: 11.02.2022

Accepted: 05.11.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1071722

Correspondence:

Author: Hakan Karaca

e-mail:

karaca26@hotmail.com

phone: +90 506 235 1837

Graphical/Tabular Abstract

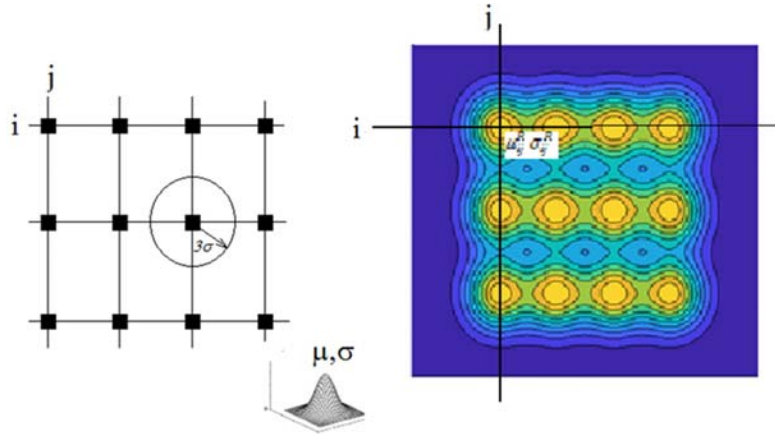


Figure A. The structural plan of regular structure (left) and column density map (right)

Purpose:

Approximate prediction of lateral performance of a structure is quite difficult without using analytical means. However, together with the accumulating experience one could guesstimate the or at least compare the relative performances of structures by just checking the structural plans. The knowledge used in guesstimation could be as simple as assessing the column alignments, connectivity of the columns and number of frames in the considered direction. Indeed, these parameters are used for the assessment of the structural irregularity in the plan. By just checking these parameters, though close prediction of lateral drift is quite difficult, relative drifts of a number of structures could be performed correctly. Within this context, the purpose of this study is the quantification of the planar irregularity, development of an irregularity parameter and monitoring the variation of the developed irregularity parameter with the lateral drift of the structures.

Theory and Methods:

The planar irregularity of a structure is based on the perfect alignment of the columns, which are fully connected, by beams and frames parallel to each other. As the alignment of columns is breached and the column distribution in plan becomes more irregular, the lateral drift of the structure is the first to be affected. In order to measure the influence of irregularity over the drift, the irregularity has to be quantified. Hence, for that purpose, a regular artificial structure is created and the columns of this structure purposely relocated to generate irregular structures. 16 different irregular structures are generated and the column density maps are produced for the generated structures. The column density maps of these structures and the regular structure are then compared. A new parameter is defined to quantify the similarity of the column density maps with the map of the reference structure. The variation of the lateral drift with this parameter is then monitored (Figure A)

Results:

The lateral drift of the structures, computed by using both linear and nonlinear methods, are dependent on the irregularity of the structure and the new parameter is succeeding in quantification of the irregularity.

Conclusion:

The relationship between the irregularity parameter and the lateral drift is clear, however, there is still room for the development of the introduced parameter.



Betonarme binalarda düzensiz çerçeveleşmenin yanal ötelemeye etkilerini bulmak için yeni bir yaklaşım

Hakan Karaca^{1*}, Ersin Aydın², Metin Hakan Severcan²

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mimarlık Bölümü, 51240, Niğde, Türkiye

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Plan düzensizliği sayısal büyüklük olarak ifade edilebilir
- Sadece kolon dağılımına bakılarak yapının performansı ile ilgili ön değerlendirme yapılabilir
- Düzensizlik parametresi ile yapının maksimum çatı katı ötelemesi ve yanal performansları arasında ilişki vardır

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 11.02.2022

Kabul: 05.11.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1071722

Anahtar Kelimeler:

Çatı katı ötelemesi,
yanal performans,
planda düzensizlik,
benzeşim katsayısı,
kolon yoğunluğu haritası

ÖZ

Yapıların yanal performanslarının analitik çözümlere gerek duyulmadan doğru öngörülebilmesi yapısal tasarımcı ve de mimar için çok fazla deneyim gerektiren uzmanlık işidir. Bilgi ve deneyime dayalı bu öngörünün daha doğru ve kesine yakın olacak şekilde güçlendirilmesi için yeni bir tahmin algoritmasına gerek vardır. Bu bağlamda, çalışmada, betonarme yapılarda kolonların yerleşim düzensizliğinin sayısallaştırılması için kolon yoğunluğu haritası kavramı geliştirilmiş, düzensizliğin sayısallaştırılması sayesinde de kolon yerleşim düzensizliği ile maksimum çatı katı ötelemesi arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Kolonların plandaki yerleşim düzensizliğinin ötelemelerde artışa neden olacağı bilinmekle birlikte düzensizlik oranı ile öteleme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için seçilen bir tam düzenli model üzerinde farklı kolon düzensizlikleri olan 16 adet model geliştirilmiştir. Doğrusal tepki-spektrum çözümlenmeleriyle ile doğrusal olmayan itme analizleri yapılarak bütün modeller için kat ötelemeleri, taban kesme kuvvetleri hesaplanmış, ayrıca doğrusal yöntemle, dışmerkezlik, kütle katılım oranları ve ana salınım periyotları gözlemlenmiştir. Kısaca, düzensizliğin sayısallaştırılması hem mimari hem de yapısal açıdan tasarımcıların elini daha çok güçlendirebilecek yeni bir yaklaşım olmakla birlikte, deneyime dayalı öngörünün bir ileri aşaması olarak geliştirilen bu algoritma, tasarımcılar için bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilir.

A new approach in understanding the influence of irregular framing over the lateral drift in reinforced concrete structures

HIGHLIGHTS

- The planar irregularity of a structure could be quantified
- A preliminary structural evaluation is possible and valid by just checking the column distribution
- The irregularity parameter could be associated with the lateral drift and so the performance of the structure

Article Info

Research Article

Received: 11.02.2022

Accepted: 05.11.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1071722

Keywords:

Global drift,
lateral performance,
irregularity in plan,
similarity ratio,
column density map

ABSTRACT

The approximate prediction of lateral performance of buildings without any analytical study requires quite a lot of knowledge and experience in the field for an engineer and an architect as well. An algorithm is required to enhance the mentioned predictions that mostly rely on the knowledge and experience. In this context, in order to quantify the degree of irregularity in framing of the structure in plan column density maps are developed, and thanks to the developed quantification method, the derivation of the relationship between the degree of irregularity and the maximum global roof drift of the structure is aimed. Knowing that the degree of irregularity has a negative impact on the lateral performance, in order to derive the relationship between the two, a regular structure is designed and 16 irregular models based on the regular model are developed. Linear response spectrum analysis and non-linear pushover analysis are conducted to obtain the global drifts and based shears. For linear analysis, the fundamental periods of vibration, mass participation ratio and eccentricity are monitored, while in non-linear analysis the global drifts are monitored. Shortly, the quantification of the irregularity in plan, is a novel approach which a potential to strengthen the hands of the designers, engineers and architects, also could be treated an evaluation tool as an improved global drift and lateral performance prediction method.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *karaca26@hotmail.com, eaydin@ohu.edu.tr, msever@ohu.edu.tr /

Tel: +90 506 235 1837

1. Giriş (Introduction)

Yapısal tasarım ilkelerinin belirlenmesi ve pek çok kavramın sayısallaştırılması daha yakın zamanda gerçekleşmiş olduğundan, bu ilkelerin bilinmediği zamanlarda üretilen yapıların ve özellikle mimari şaheserlerin nasıl yapıldığı hala merak konusudur. Tamamıyla, deneyime dayalı bilgilerle gerçekleştirilen bu tasarımlar, her ne kadar aşırı büyük boyutları sayesinde ayakta dursalar da, bu yapıların üretilmesi sırasında kullanılan bilgiler hâlihazırda tasarımcılar tarafından da yapıların performanslarını öngörebilmek için kullanılmaktadır. Örneğin bir yapının kolonlarının yatay yük doğrultusunda ne kadar geniş olduğu, kolonların arka arkaya dizildiğinde dağılık dizilime göre daha dayanıklı bir yapı oluşturduğu gibi bilgiler, yapıyla ilgili hemen herkes tarafından anlaşılabilir bir şekilde bilgilerdir. Bunun gibi yapının planda düzeni ile ilgili bilgilere dayanarak pratik bir öngörü geliştirmek mümkündür.

Bu bağlamda yapıların yanal performans ölçütü olarak sıklıkla kullanılan çatı katı ötelemesinin yapının plan düzeni, yapısal özellikleri ve malzeme özelliklerine bağlı olarak tahmin edilmeye çalışıldığı birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Yanal ötelemenin yapının geometrisi ve yapısal değişkenler ile ilişkisine bağlı olarak da geliştirilen çalışmalarda [1-3], yanal öteleme tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu üç çalışmada da yanal öteleme hesabı için denklemler geliştirilmiştir. Sismik hasar görülebilirlik ve yanal öteleme arasındaki ilişkiye dayanarak geliştirilen çalışmalarda benzer çabanın ürünü olarak [4-6] literatüre kazandırılmıştır. Özellikle yapay sinir ağları kullanarak yapısal hasar tahmin etme yönteminin geliştirilmesi sonucunda konu ile ilgili çalışmaların sayısında hızlı bir artış meydana gelmiştir [7-10].

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda [4-6] çerçeveleşmenin yapının yanal ötelemesi ve depremlerde gözlemlenen hasarlarla ilişkilendirilip, aradaki ilişkiyi de sayısallaştırmaya çalışılmıştır. Yapıların kalıp planına göre belirlenen çerçeve sayısı, geliştirilen denklemlerde değişken olarak kullanılmıştır. Çerçeve sayısı belirlenirken de kolon ve kirişlerin bir aks üzerinde yapının bir kenarından diğer kenarına kadar uzanıp uzanmadığı kontrol edilmiştir. Böylelikle, bütün kolon ve kirişlerin bir çerçeve üzerinde ve birbirine paralel akslar üzerinde bulunduğu tam çerçeveleşmenin gerçekleştirildiği ideal bir yapıdan kadar uzaklaşıldığı da sayısallaştırılmaya çalışılmıştır.

Bununla birlikte, herhangi bir yapının; bütün kolonlarının çerçeve oluşturduğu tam çerçeveleşme sağlanan tam düzenli bir yapıya göre doğrusal ve doğrusal olmayan davranışın araştırıldığı çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, bütün düşey taşıyıcı elamanların aynı doğru üzerinde ve kirişlerle tam bağlı olarak çalıştırılacağı düzgün yapı ile düzenliliğin ve çerçeveleşmenin tam olmadığı yapıların davranışları karşılaştırılmıştır. Referans yapı olarak tanımlanan tam düzenli yapıda, tam çerçeveleşme ile yapının plandaki düzenliliğinin en yüksek seviyede olacağı varsayılmış ve bu yapının yanal öteleme, ana salınım periyodu, taban kesme kuvveti, modal kütle katılım oranı referans değerler olarak kullanılmıştır. Yapının düzenlilikten ne kadar saptığı sayısallaştırılarak yapı düzensizliği ile ilgili geliştirilen düzenlilik katsayısı ile yapı yanal ötelemesi, taban kesme kuvveti, dışmerkezlilik oranı ve modal kütle katılım oranı arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

Kolon ve kiriş sayıları ve kesitleri sabit tutulmuş ve kolonların dağılımına göre düzensiz yapılar oluşturulmuştur. Kolon düzeninin etkisini ölçmek için kolonların rijitlikleri kirişlere göre daha az olarak tasarlanmıştır. Böylelikle performans ölçütlerinin diğer etkenlerden bağımsız olarak, sadece kolon düzensizliği ile ilişkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, doğrusal olmayan yöntemin daha etkili olarak

kullanılabilmesi planlanmış, kolonların daha önce mafsaallaşması ve kolon düzeninin yapı performansına direk etkisi ölçülmeye çalışılmıştır.

Yapı performans parametrelerinin ölçülmesi hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlere göre çözümlene gerektirmiş, her iki yöntemle de yapının tam düzenlilikten sapması ile ötelemenin nasıl değiştiği izlenmiştir. Doğrusal olmayan yöntem uygulanmasındaki ana amaç, doğrusal çözümlenemeyecek detayları inceleyebilmek, yapıyı doğrusal olmayan davranışa zorlayarak, tam düzenden sapma nedeniyle zayıf kalan elemanların yanal ötelemeye katkısını gözlemleyebilmek olmuştur.

Çalışmanın en öne çıkan yönü, yapıların düzenliliğinin sayısallaştırılması için geliştirilen kolon yoğunluk haritaları ile bu haritalar kullanılarak elde edilen benzeşim değerleri kavramıdır. Böylelikle, bahsedilen düzensizliğe sahip olan yapıların ne kadar düzenli oldukları ile ilgili sayısal bir veri elde edilmesi planlanmıştır. Benzeşim değeri, herhangi bir yapının kolon yoğunluğu haritasının tam düzenli yapının kolon yoğunluğu haritası ile ne kadar benzeştiği ya da benzeşmediğinin ölçütü olarak bu çalışmada geliştirilmiştir. Benzeşim değeri kavramı aslında yeni bir kavram olmakla birlikte, fiktisel olarak sismolojik çalışmalarda kullanılan mekân-zaman deprem dağılımı ve tahmin edilen mekân-zaman dağılımlarının olasılıklarının hesaplanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Kagan, 1977 [11] tarafından fiktisel olarak ilk kullanıma sunulan yöntemi daha sonra hem küresel ölçekli hem de yerel çalışmalarda birçok araştırmacı kullanmış ve geliştirmiştir [12].

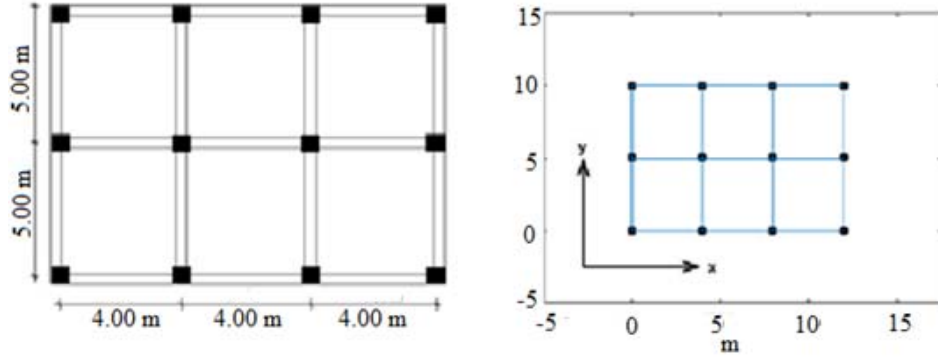
Çalışma sonucunda, yeni bir parametre olarak sunulan benzeşim değeri ve benzeşim değerlerinin normalleştirilmesi ile elde edilen düzenlilik katsayısının yapının performans göstergeleri ile ilişkilendirilebileceği görülmüştür. Sadece kolonların yerleşimi açısından düzensiz yapıların performanslarının irdelendiği ve karşılaştırıldığı çalışmanın en aydınlatıcı yönü, eğitilmiş tahminlerle öngörülebilir performans ölçütlerinin sayısallaştırılması olarak da düşünülmelidir. Şöyle ki, eğitilmiş tahmin aslında daha çok önceki deneyimlere dayalı olarak geliştirilen bir öngörü iken, bu işlemin sayısallaştırılabilmesi için tahmin mekanizmalarının çözümlenmesi ve modellenmesi gerekmektedir. Eğitilmiş tahmin girdilerinin en başında ise kolon düzensizliği gelmektedir ki çalışmada da ana hedef kolon düzensizliğinin sayısallaştırılması ve performans ölçütleri ile ilişkilendirilmesidir. Bu çalışma aslında bu şekilde yürütülen öngörülerin sayısallaştırılabileceğini göstermektedir.

2. Problemin Tanımı ve Önerilen Çözüm Yöntemi (Definition of the Problem and Proposed Solution)

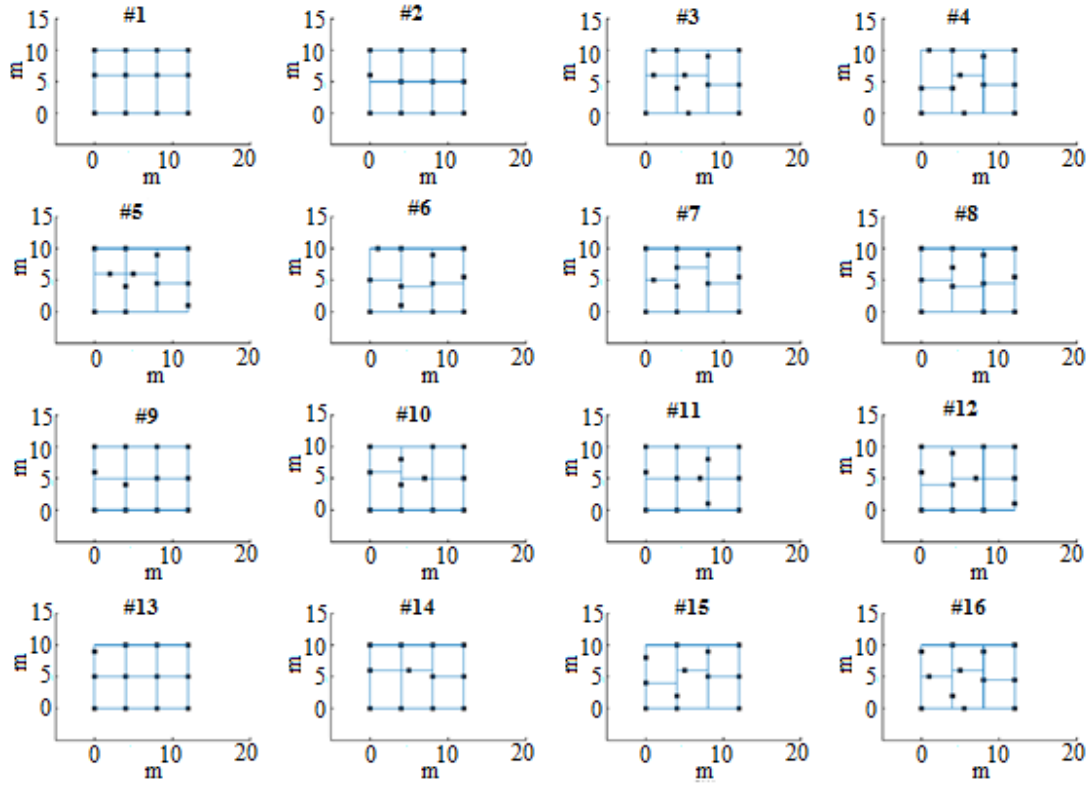
2.1. Seçilen Yapı Modelleri (Selected Structural Models)

Öncelikli olarak düzenliliğin derecelendirilmesi amacıyla, 10 m x 12 m olarak tasarlanan bir yapıda tam düzenli çerçeve olarak nitelendirilebilecek bütün kolonların her iki yönde de aynı hizada ve tam bağlı olduğu durum tanımlanmıştır. 40x40 cm kolonlar ve 25x60 cm boyutlarında kirişler ile 15 cm kalınlığında döşemeler oluşturulmuş, aynı plan uygulanarak 2, 5 ve 8 katlı olarak tasarlanan yapıda sabit ve hareketli yükler için aynı değerler atanmıştır. Şekil 1'de plan verilen yapının kolon dizilimleri kirişlerle birbirlerine her iki yönde de bağlanarak tam bağlı ve tam düzenli yapı modeli oluşturulmuştur. Her iki yönde de çerçeveleşmenin tam olduğu yapı modelinin düzenlilik katsayısı 1.0 olarak kabul edilmiştir.

Tam düzenli yapı kullanılarak, tam düzenlilikten farklı derecelerde uzaklaşacak şekilde toplam 16 adet yapı modeli tasarlanmıştır (Şekil 2), her bir modelde kolonların hiçbirinin herhangi bir desene göre



Şekil 1. Tam Düzenli Yapı Planı ve Yapısal Modeli (Plan of Regular Structure and Structural Model)



Şekil 2. Düzensiz Çerçeveleşme ve Kaotik Kolon Düzenine Göre Oluşturulmuş 16 Adet Düzensiz Bina Modeli Planları (Irregular Framing and 16 Models Created Based on Chaotic Column Plan)

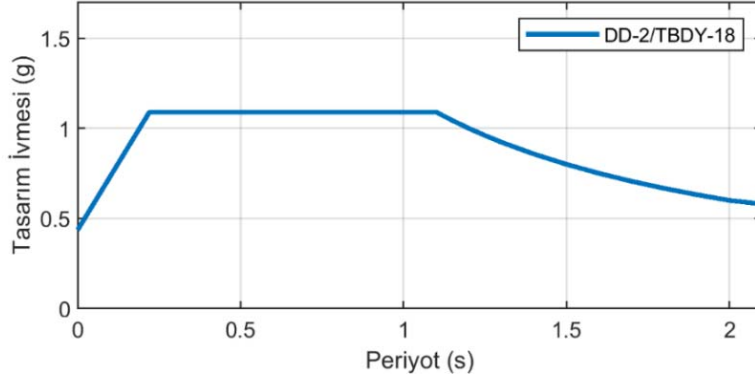
dizilmediği kaotik çerçeveleşme tanımlanmıştır. Kaotik çerçeveler yapının hiperstatiklik derecesi artmayacak ve kolon sayısı sabit kalacak şekilde geliştirilmiştir. Dolayısıyla, kolonların tam düzenden sapması ve bununla birlikte kullanılan sınırlı sayıda kirişin de düzensiz olarak yerleştirilen kolonları kuşatması mümkün olmadığından, yapının sismik performansını etkileyeceği düşünülmektedir.

Bu şekilde geliştirilen 16 adet düzensiz yapı modeli ile tam düzenli yapı modeli SAP2000 v22 [13] kullanılarak modellenmiş ve yanal performans ölçeği olarak çatı katı ötelemeleri incelenmiştir. Kat sayısının etkisini incelemek amacıyla yapı modelleri aynı plan uygulanarak 2, 5 ve 8 katlı olarak tasarlanmıştır. Kaotik dizilim uygulanmış modellerin hem saplama kirişlerin çoğuğu hem de deprem yönetmeliklerinde belirtilen kuşatılmış kolon ölçütünü sağlamamasına rağmen, düzensiz çerçeveleşme problemi daha

detaylı inceleyebilmek için bu düzensiz tasarımlar seçilmiş ve çatı katı yanal ötelemeleri hesaplanarak tam çerçeve yapının performansı ile karşılaştırılmıştır.

Yapıların İstanbul'da olduğu (28.9 Doğu Boylam ve 41.0 Kuzey Enlem) varsayılarak, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [14] kapsamında geliştirilen sismik tehlike haritası verileri kullanılmış ve Şekil 3'te gösterilen tasarım ivme-spektrum eğrileri elde edilmiştir. Hesaplamalarda deprem yönetmeliğinde tasarım ivme spektrum eğrilerinden tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem için geliştirilen tasarım ivme spektrumu (Deprem düzeyi-2, DD-2) kullanılmıştır.

Yatay deprem kuvvetleri etkisi altındaki yapı modellerinin analizinde hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemler kullanılmıştır. Doğrusal yöntem için tepki-spektrum analizi kullanılmış, yapının çatı katı ötelemeleri hesaplanırken mod birleştirme yöntemi uygulanmış



Şekil 3. Çalışmada Kullanılan Tasarım İvme Spektrumu [14] (Elastic Design Acceleration Spectrum Used in the Study [14])

ve karelerinin toplamının karekökü (SRSS) birleştirme yöntemine göre hesaplar yapılmıştır. Çalışmanın hedefi bağlamında, düzensizliğin sayısallaştırılması ve yapıların yanal ötelemesi olan ilişkinin irdelenmesi düşünüldüğünden, yapıların tasarımı ve yönetmelik kısıtlarının uygulanması düşünülmemiştir. Böylelikle, düzenlilik ve yanal öteleme arasındaki ilişkinin daha sağlıklı olarak belirlenebilmesi için düzensizlikleri çok farklı ve düzenlilik katsayıları çok geniş spektrumda dağılmış olan modellerin geliştirilmesi mümkün olmuştur. Yapı kütlelerinin belirlenmesinde ölü yüklerin tamamının katıldığı, hareketli yüklerin de %30'unun katıldığı varsayılmış, ancak yük azaltma katsayısı kullanılmamıştır.

Doğrusal olmayan yöntemde, yanal ötelemelerin hesaplanması için Geliştirilmiş Öteleme Katsayıları Yöntemi (GÖKY) kullanılmıştır. FEMA-440'da detaylıca tanıtılan bu yöntemde yanal ötelemenin hesaplanması için Eş. 1'de δ çatı katı yanal ötelemesi olmak üzere, C0, Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral ötelemesi ile çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası ötelemesi arası ilişkiyi kuran katsayı, C1, binanın doğrusal ve doğrusal olmayan davranışları sırasında ortaya çıkan yer değiştirmeler arasındaki farkları göz önüne alınması için kullanılan katsayı, C2, Histerik çevrimdeki kuvvet artımsız yer değiştirme (pinching) etkisini dikkate alındığı katsayı, C3, ikinci mertebe etkilerin dikkate alındığı katsayıdır.

$$\delta = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_g^2}{4\pi} g \quad (1)$$

C₀ katsayısı yapının katsayısına göre ve çerçevesiz ya da perdeli çerçevesiz olup olmamasına göre değişen bir katsayı olup, FEMA-400 çizelgeleri kullanılarak belirlenen katsayı otomatik olarak hesaplanmıştır. C₁ katsayısının hesaplanmasında ise bina ana salınım periyodunun, ivme spektrumunun sabit ivme ile sabit hız geçiş noktasından büyük ya da küçük olup olmamasına göre belirlenen bir katsayı olup, etki eden yük ile maksimum taban kesme kuvveti arasındaki orana göre değişmektedir. Çalışma kapsamında SAP2000 v22 [13] tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. C₂ ve C₃ katsayıları 1 olarak kabul edilmiştir.

Eş. 1'de S_a, spektral ivme ve T_e ise İki doğru ile temsil edilen kapasite eğrisinden hesaplanan etkin periyottur. Çalışma kapsamında, öncelikle itme analizi gerçekleştirilmiş ve itme analizi sonucunda elde edilen öteleme-taban kuvvet eğrisi kullanılarak etkin periyot otomatik olarak hesaplanmıştır.

Yapının doğrusal olmayan davranışını modellemek amacıyla kullanılan mafsal modelleri için, giriş ve kolon uç noktalarında yığılı plastik mafsal modeli kullanılmıştır. Yığılı plastik modelin uygulanmasında kesitlerin plastik davranış modellerinin tanımlanması için SAP2000 v22 [13] programında hazır kullanılan

ASCE 41-06'ya [15] göre tasarlanan mafsal modellerinden faydalanılmış ve bütün yapılar için aynı model kullanılmıştır. İtme eğrilerinin GÖKY uyarınca ve DD2'ye karşı gelen ivme spektrumu kullanılarak çözümlenmesi ile yanal öteleme büyüklükleri hesaplanmıştır.

2.2. Düzenlilik Katsayısı (Regularity Constant)

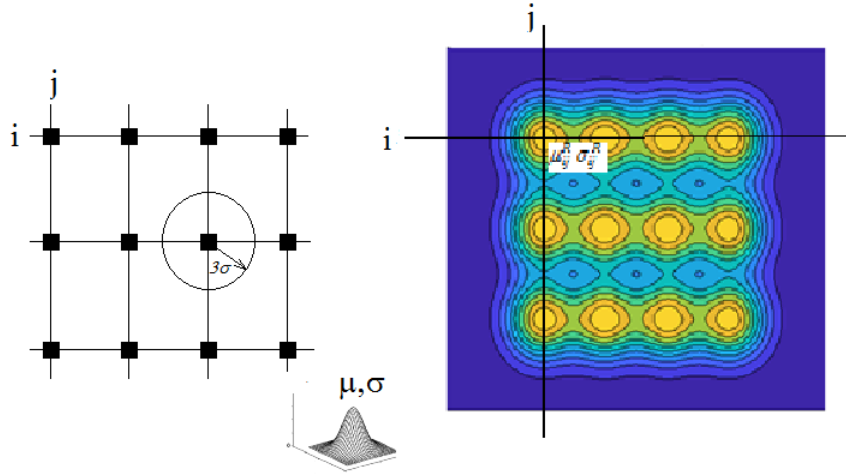
Yapı modelindeki kolonların planda yerleşiminin düzenli olup olmaması durumunun sayısallaştırılması önemli bir gelişme olacaktır. Bu amaç ile bu bölümde düzenlilik katsayısı kavramı ilk olarak ortaya atılmıştır. Kolon düzeninin tam düzenli kolon dağılımına göre değerlendirilmesi amacıyla; kolonların dağılımında herhangi bir desen, çerçeve oluşturup oluşturmadıkları ile ilgili bir parametre geliştirilmiş, düzenlilik katsayısı olarak adlandırılan bu parametre tam çerçeveler için 1.0 ve hiç çerçeve oluşturmayan yapılar için 0 olarak belirlenmiştir. Bu iki değer arasında ise çerçevesel düzen oluşturma desenlerine ve çerçeve düzeni oranına göre 0 ile 1 arasında değerler hesaplanmıştır.

Çerçevesiz orana başta olmak üzere, kolon alanı, toplam ataleti ve toplam yapı alanı kullanılarak geliştirilen yatay rijitlik parametresi de değerlendirilmiş ve bu iki parametre ile deprem performansı ilişkisi araştırılmıştır. Yapıların çerçevesiz oranlarının belirlenebilmesi için kolon etki alanları kavramı geliştirilmiş, her bir kolonun çevresinde Eş. 2'de 3-B Gauss fonksiyonları kullanılarak kolon etki alanları oluşturulmuştur.

Kolon yoğunluk haritalarının oluşturulabilmesi için yapının dış cephesinden itibaren uygun aralıklarla ızgara oluşturulmuştur. Iızgarayı oluşturan her bir i ve j noktasının kolon yoğunluk değerlerinin hesaplanması için, her bir kolon merkezine yerleştirilen 3-boyutlu Gauss fonksiyonunun değerleri hesaplanmıştır.

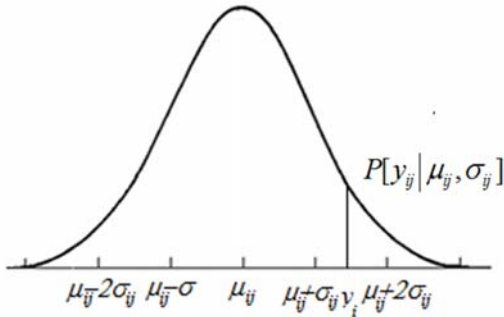
Kolonların aynı boyutta olduğu yapıların kolon yoğunluk haritalarının hesaplanması için kullanılan 3-boyutlu Gauss fonksiyonun parametrelerinin de aynı olması gerekir. Böylelikle, Şekil 4'te de gösterildiği gibi her bir kolon merkezine yerleştirilen 3-boyutlu Gauss fonksiyonlarının değerlerinin her bir noktadaki toplamı kolon yoğunluk haritasının değerlerini oluşturacaktır.

Kolon yoğunluk haritasının anlamsız derecede yüksek ya da düşük değerler almasını önleyebilmek için kolonlar arası mesafeler göz önüne alınarak uygun σ değerlerinin varsayılması önemlidir. Örneğin, tam düzenli yapıda kolonlar arası mesafenin Şekil 1'de gösterildiği üzere x yönünde 4 m ve y yönünde 5 m olduğu göz önüne alınarak, anlamlı bir kolon yoğunluğu haritası elde edebilmek için merkezi kolon merkezlerinde olmak üzere ortalama, μ , değeri olarak 0 ve



Şekil 4. Tam Düzenli Yapının Çerçeve Planı (Solda) ve Kolon Yoğunluk Haritası (Sağda) Kolon Etki Alanlarının Oluşturulabilmesi için Kullanılan 3B Gauss Fonksiyonu (Not: 3-σ Ötesi Değerler 0 olarak Kabul Edilmiştir)
(The Structural Plan of Regular Structure (Left) and Column Density Map (Right) (Note: For the 3D Gaussian Function which is Used to Generate the Column Influence Map, the Values Beyond 3-σ is Accepted as 0))

standart dağılım değeri σ ise 1.5 m olarak varsayılmıştır. Anlamli bir karşılaştırma yapabilmek için, düzensiz yapılarda da aynı değerler kullanılmıştır.



Şekil 5. Benzeşim Değerleri ve Katsayılarını Elde Etmek için Kullanılan Düzgün Yapı Kolon Etki Haritasının ij Noktasında Tanımlanan Normal Dağılım Denklemi ile Karşılaştırma Yapılan Kolon Etki Haritası Verisi y_{ij} 'nin Gerçekleşme Olasılığı (The Probability of Occurrence of Column Influence Factor, $P(y_{ij})$, given the Mean and Standard Deviation of the Column Influence Map of the Regular Structure, the Probability is Used to Compute the Similarity Factor and Likeness Constant)

Yapıların kolon yoğunluk haritalarının elde edilmesinden sonra, kolon yoğunluk haritalarının benzeşim değerlerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Bu benzeşim değerleri, yapıların tam düzenli halden ne kadar uzaklaştığını sayısallaştırmak için gereklidir. Kolon yoğunluk haritalarının karşılaştırılması ve benzeşim değerlerinin bulunması için, oluşturulan kolon yoğunluk haritası değerlerinin de normal dağılım gösterdiği (Eş. 2), hesap kolaylığı açısından standart sapma değerlerinin ise kolon etki haritası değerinin k kadari olduğu varsayılmıştır (Eş. 3).

$$P[\mu_{ij} | \mu_{ij}^R, \sigma_{ij}^R] = \frac{e^{-\frac{(\mu_{ij} - \mu_{ij}^R)^2}{2(\sigma_{ij}^R)^2}}}{\sigma_{ij}^R \sqrt{2\pi}} \quad (2)$$

$$\sigma = k\mu, 0 < k < 1 \quad (3)$$

Böylelikle Şekil 4'te gösterildiği gibi kolon etki haritasının ij koordinatına denk gelen y_{ij} değerleri ile Şekil 5'te gösterildiği gibi düzenli yapı kolon etki haritası ij koordinatı μ_{ij} değeri dağılım karşılaştırılarak, y_{ij} değerinin gerçekleşme olasılığı $P[\mu_{ij} | \mu_{ij}^R, \sigma_{ij}^R]$ hesaplanmıştır. Her bir ij noktası için elde edilen P_{ij} değerleri Eş. 4'te gösterildiği gibi kullanılarak, benzeşim değeri (LL) hesaplanır.

$$LL = \log \left(\prod_{ij} P_{ij} \right) = \sum_{ij} \log(P_{ij}) \quad (4)$$

Denklem 4 ile verilen benzeşim katsayısı, b , düzensiz çerçeveleşmenin olduğu binaların kolon yoğunluğu haritaları ile düzenli referans binanın kolon yoğunluğu haritasının karşılaştırılması sonucunda bulunan bir değerdir. Benzeşim değeri kullanılarak 0 ile 1 arasında değişen ve yapının kolon düzenliliğinin ya da düzensizliğinin artıp azalmasına bağlı olarak değişen düzenlilik katsayısı ise Eş. 5 kullanılarak hesaplanır.

$$b_i = 1 - \frac{abs(LL_i)}{\max[abs(LL)]} \quad (5)$$

Bu denklemde LL_i herhangi bir yapının benzeşim değeri olmak üzere, b_i , benzeşim katsayısı, en düzenli yapı için 1 olmak üzere, düzensizlik arttıkça 0'a doğru yaklaşacak şekilde düzenlenmiştir.

3. Çözümleme Sonuçları (Results of Analysis)

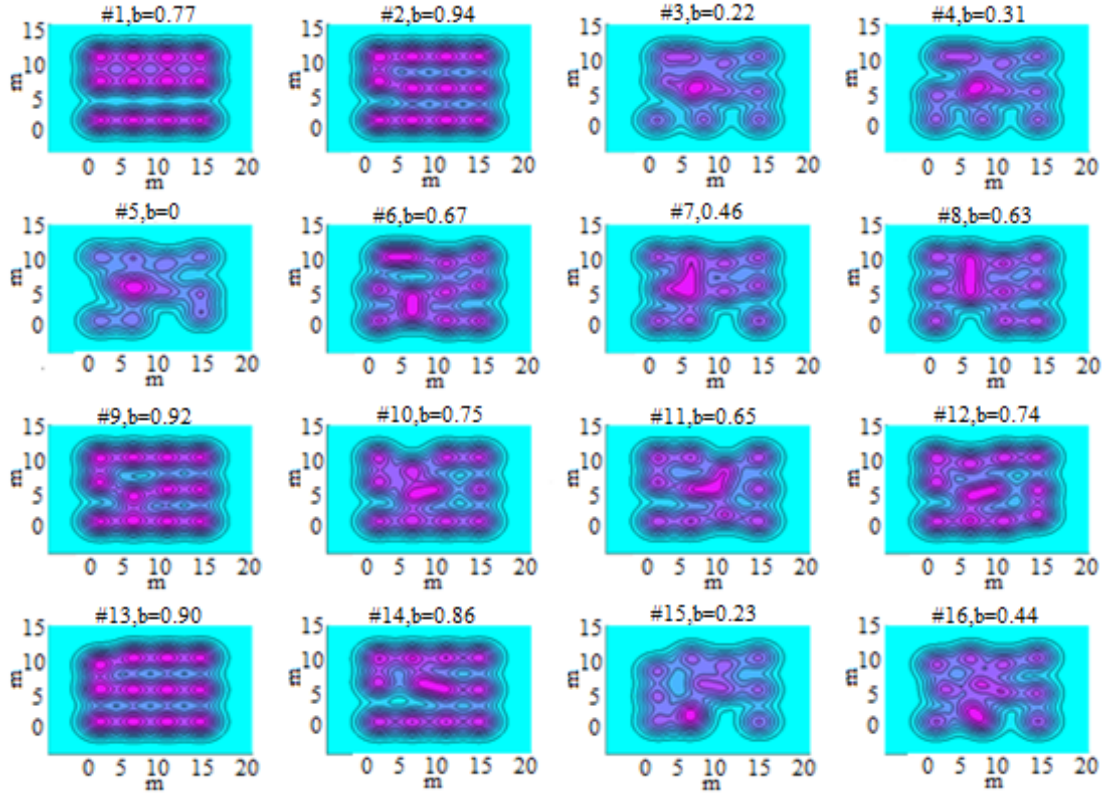
Yapıların modellenmesi ve çözümlenmesi SAP2000 v22 [13] ile gerçekleştirilmiş, veri oluşturulması, derlenmesi ve çözümlenmesi için MATLAB v20 [16] kullanılmıştır. Benzerlik katsayısı hesaplanması için gerekli olan kolon yoğunluk haritaları, standart sapma değerleri (σ) öznal olarak 1.5 m olarak seçilen 3-B Gauss fonksiyonu kullanarak geliştirilmiştir.

Bu bağlamda, Şekil 6'da sunulan kolon yoğunluk haritaları ile Şekil 2'de sunulan kolon planlarının uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Böyle bir benzeşimin gerçekleştirilebilmesi için, kolon yoğunluk haritalarının geliştirilmesinde kullanılan 3-B Çan Eğrisi parametreleri kolon haritaları anlamlı olacak şekilde ayarlanmıştır. Çan eğrisinin yarıçap ve standart sapma değerlerinin daha yüksek olması durumunda, yoğunluk haritalarında detay kaybı meydana geleceği ya da yarıçap ve standart sapma değerlerinin daha düşük olması durumunda da, kolon yerleşimlerinin ve etkileşimlerinin yansıtılmayacağı kadar anlamsız kolon yoğunluk haritaları elde edileceği belirtilmelidir.

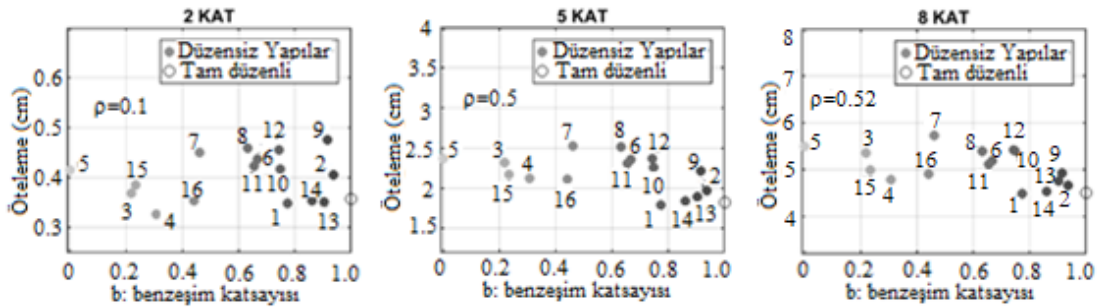
Şekil 6'da sunulan kolon yoğunluk haritaları detaylı olarak incelendiğinde, 2 no'lu yapının düzenlilik katsayısının en yüksek ve 5 no'lu yapının düzenlilik katsayısının da en düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, tam düzenli yapıdan ne kadar uzaklaştıkça o kadar benzeşim katsayısının azaldığı anlaşılmakta, ayrıca 1 no'lu yapıdan da izlenebileceği gibi, aks kaymaları nedeniyle tam düzenli referans yapıdan ayrılan yapının da aslında kendi içinde düzenli olmasına rağmen referans olarak kullanılan yapı kullanılarak

hesaplanan düzenlilik katsayısının düşük olduğu görülmüştür. Tam bu noktada belirtilmesi gereken önemli husus, kolon yoğunluk haritaları kullanılarak elde edilen düzenlilik katsayılarının, uzman bilgisi gerektirmeyecek derecede anlaşılabilir ve öngörülebilir olduğudur. Bir başka deyişle, sadece kolonların plandaki dağılımlarına ve belirgin bir düzende dizilip dizilmediklerine bakılarak yapının performansı ile ilgili yapılacak tahminlerin doğruluğunu test etmek amacıyla geliştirilen düzenlilik katsayıları, bu öngörünün sayısallaştırılmasından ibarettir.

Düzenlilik katsayılarının hem doğrusal hem de doğrusal olmayan durumlarda yapının performansı ile ilgili parametrelerle ne kadar örtüştiğini belirlemek amacıyla tepki-spektrum analizi yöntemi ile doğrusal ve statik itme analizi ile de doğrusal olmayan yapısal performans parametreleri hesaplanmıştır. Doğrusal çözümleme sonucunda; çatı katı en büyük öteleme miktarları ve ana salınım periyotları Şekil 7'de sunulmuş, taban kesme kuvvetleri, kütle katılım oranları ve dışmerkezlilik ile benzeşim katsayıları verileri de Tablo 1'de verilmiştir. Böylelikle, doğrusal hesap sonucunda elde edilen



Şekil 6. Kolon Yoğunluk Haritaları (Column Density Maps)



Şekil 7. Benzeşim Katsayısı ve Yanal Ötelemeler (Likeness Ratios and Roof Drifts)

öteleme değerlerinin düzenlilik katsayıları ile olan ilişkisini daha iyi anlatabilmek ve açıklayabilmek için gerekli olan periyot, taban kesme kuvveti, kütle katılım oranı ve dışmerkezlik değerlerinin de, düzenlilik katsayılarına göre değişimi değerlendirilmiştir. Benzeşim katsayılarının yapı davranışını açıklayabilme yetisi olup olmadığı hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerle açıklanmaya çalışılmıştır.

475 yıllık depreme göre İstanbul için geliştirilen ivme-tepki eğrisi kullanılarak elde edilen ötelemeler ve benzeşim katsayıları arasındaki ilişki Şekil 7’te gösterilmektedir. Benzeşim katsayısı azaldıkça ötelemenin arttığı özellikle 8 katlı yapılarda daha belirgin olmakla birlikte, kat sayısı arttıkça da düzensizliğin öteleme üzerindeki etkisinin daha da arttığı görülmüştür. Şekil incelendiğinde, yapı formlarının 2, 5 ve 8 kat olarak tasarlanmasının kesme ve eğilmeden dolayı meydana gelen ötelemelerin ağırlığını değiştirmesi nedeniyle, yapıların performans sıralamalarında da farklılıklar olduğu görülmüştür. Özellikle 4 ve 9 nolu yapılarda bu durumun belirgin olarak gözlemlendiği belirtilmelidir.

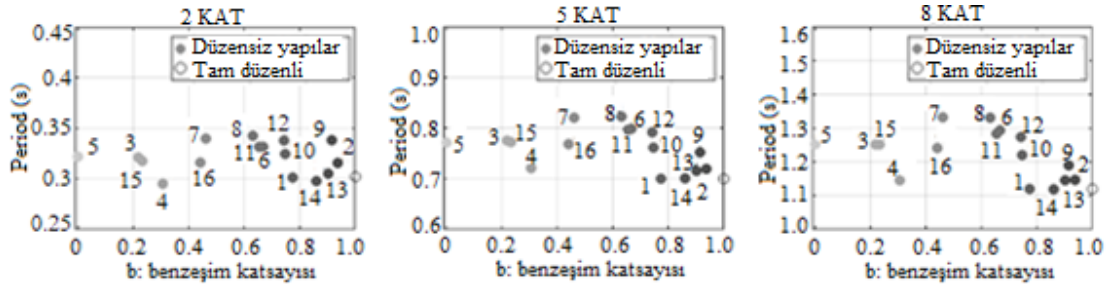
Çerçeveleşmenin olmadığı ancak göreceli olarak tam düzenli yapılarla benzeşen yapıların (7, 8, 9 ve 12) yanal ötelemelerinin yüksek seyrettiği, ancak düzenliliği göreceli daha az ancak çerçeveleşmenin bulunduğu 1 ve 4 no’lu yapılarda ise ötelemelerin göreceli olarak daha az olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle 5 ve 8 katlı yapılar değerlendirildiğinde 7 ve 8 no’lu yapılarda görülen yüksek ötelemelerin nedeni olarak göreceli çerçeveleşmenin düşük olması, kolonların sıralanmayıp birbirlerine de bağlanmaması olarak gösterilebilir. 14 no’lu yapı ise belirli bir düzensizlik oranına sahipken

yanal ötelemesinin hemen hemen aynı ya da daha az olması, yapının çerçeveleşmeye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Yani sıralı ve birbirine bağlı kolonlar ile oluşturulan parçalı çerçeveler, yapının rijitleşmesini ve daha yüksek performans göstermesini sağlamıştır.

Ayrıca, 2, 5 ve 8 katlı yapıların yanal öteleme dağılımları incelendiğinde, 8 katlı yapılarda daha belirgin yanal öteleme deseni gözlemlendiği ancak katsayısı azaldıkça yanal öteleme belirsizliğinin arttığı görülmüştür. Kesme ve eğilme rijitliği arasındaki ilişki ile bağlantılı olan bu durumun da ayrıca incelenmesi gerektiği belirtilmelidir.

Şekil 8’de ana titreşim periyotları incelendiğinde ise, kütleleri aynı olan yapılarda yanal rijitliğin düzensizlikten dolayı azalması sonucu meydana gelen salınım periyodu uzamaları özellikle kat sayısı arttıkça daha belirgin hale gelmektedir. Düzensizliğin arttığı ve aynı zamanda çerçeve davranışının bozulduğu 7 ve 8 no’lu yapılardaki periyot uzamalarına neden olan yanal rijitlik azalmasının da kayda değer derecede etkin yanal ötelemelere de neden olduğu Şekil 7’den izlenebilir.

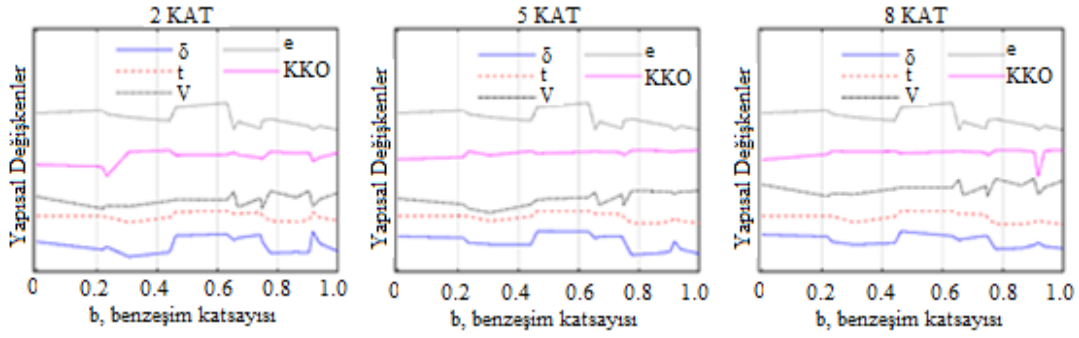
Yanal ötelemenin, yapının ana salınım periyodu, kütle katılım oranı, taban kesme kuvveti ve dışmerkezlik ile olan ilişkisini de izleyebilmek için Tablo 1’deki veriler ile Şekil 9’ da sunulan grafikleri incelemek yeterli olacaktır. Aslında bu değişkenlerin birbirinden çok da bağımsız olmadığı, birbirleriyle ya doğru ya da ters orantılı olduğu bilinmekle birlikte, değişkenlerin seyrinin gözlemlenmesi yapıların yanal ötelemelerinin dağılımını ile ilgili bilgi verebilir. Şekil 9’daki grafikler incelendiğinde ilk göze çarpan, yanal ötelemenin ana salınım



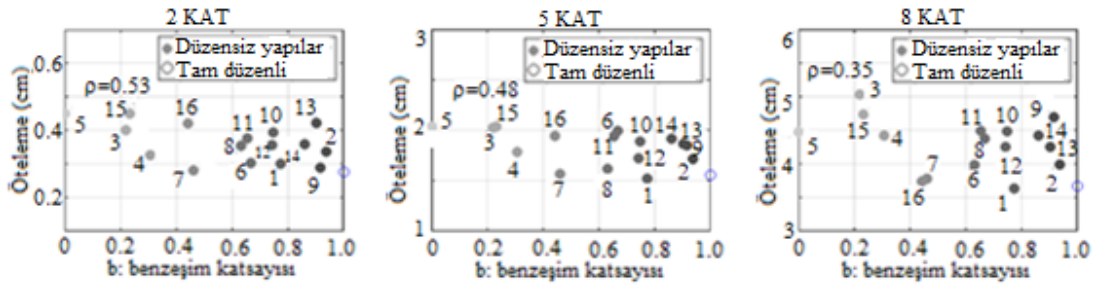
Şekil 8. Benzeşim Katsayısı ve Ana Salınım Periyotları (The Likeness Ratio and Period of Vibration)

Tablo 1. Benzeşim Katsayıları ile Elastik Analiz Sonucunda Elde Edilen Yapısal Göstergeler (The Likeness Ratio and the Various Structural Performance Indicators Obtained through Elastic Structural Analysis)

No	B	Öteleme (cm)			Periyot (s)			Kütle Katılım Oranı			Eksantrisite			Taban Kesme Kuvveti (ton)		
		2	5	8	2	5	8	2	5	8	2	5	8	2	5	8
1	1	0,36	1,82	4,51	0,30	0,70	1,120	0,87	0,848	0,83	0,00	0,00	0,00	41,8	102,6	158,1
1	0,774	0,348	1,793	4,480	0,301	0,700	1,120	0,883	0,847	0,825	0,023	0,015	0,012	42,2	102,6	157,9
2	0,937	0,406	1,970	4,661	0,316	0,720	1,146	0,819	0,841	0,823	0,008	0,038	0,034	39,9	102,0	154,1
3	0,219	0,368	2,321	5,357	0,321	0,775	1,251	0,717	0,776	0,786	0,041	0,006	0,008	37,4	93,6	132,4
4	0,306	0,326	2,124	4,787	0,295	0,721	1,145	0,882	0,795	0,812	0,027	0,046	0,020	38,0	87,7	136,2
5	0,000	0,415	2,371	5,491	0,322	0,771	1,253	0,740	0,751	0,729	0,035	0,002	0,004	40,7	97,5	134,3
6	0,667	0,437	2,360	5,186	0,332	0,799	1,293	0,849	0,830	0,814	0,017	0,027	0,024	37,7	93,3	125,6
7	0,461	0,450	2,527	5,726	0,340	0,820	1,332	0,844	0,814	0,795	0,047	0,019	0,014	39,9	96,9	126,7
8	0,631	0,459	2,518	5,393	0,343	0,823	1,330	0,851	0,830	0,813	0,057	0,022	0,016	39,8	98,3	128,9
9	0,916	0,476	2,218	4,926	0,338	0,752	1,190	0,776	0,831	0,555	0,000	0,044	0,041	37,8	100,8	148,0
10	0,748	0,417	2,261	5,398	0,325	0,761	1,220	0,805	0,791	0,773	0,019	0,032	0,031	37,3	92,8	132,1
11	0,654	0,423	2,309	5,106	0,331	0,796	1,283	0,878	0,838	0,819	0,000	0,040	0,038	42,0	101,6	137,5
12	0,743	0,456	2,370	5,415	0,338	0,792	1,273	0,815	0,824	0,803	0,003	0,026	0,024	40,3	100,2	136,5
13	0,903	0,351	1,894	4,752	0,305	0,715	1,146	0,874	0,832	0,811	0,008	0,027	0,026	42,3	101,9	153,4
14	0,860	0,354	1,842	4,532	0,298	0,701	1,119	0,868	0,845	0,825	0,013	0,024	0,021	40,4	102,3	157,9
15	0,233	0,385	2,172	4,993	0,318	0,772	1,251	0,611	0,836	0,816	0,034	0,000	0,004	38,2	90,6	125,6
16	0,441	0,353	2,112	4,904	0,316	0,768	1,241	0,900	0,838	0,815	0,019	0,024	0,021	39,5	93,6	130,5



Şekil 9. Yanal Öteleme (δ), Taban Kesme Kuvveti (V), Dışmerkezlik (e), Salmım Periyodu(t) ve Kütle Katılım Oranlarının (KKO) Normalleştirilmiş ve Ölçeklendirilmiş Değişimleri (The Variation of Normalized and Scaled Roof Drift (δ), Base Shear (V), Eccentricity (e), Period of Vibration (t) and Mass Participation Ratio (MPR) with Respect to Likeness Ratio)



Şekil 10. GÖKY kullanılarak elde edilen Çatı Katı Ötelemelerinin Benzeşim Katsayılarına Göre Dağılımı (The Variation of Roof Drift with Respect to the Likeness Ratio)

periyodu ve dışmerkezlik ile neredeyse birebir örtüşen bir örüntüde değişmiştir. Kütle katılım oranı ile taban kesme kuvvetinin birbiri ile paralel ve yanal öteleme ile de ters orantılı değişimi de beklediği gibi gözlemlenmiştir.

Aslında bu noktada şunu da belirtmek gerekir ki yapıların kütle katılım oranlarının yüksek olması, daha çok tahmin edilebilir öngörülebilir olmasını da sağlamıştır. Kolon düzeninin rijitlik dağılımı ile birebir ilişkili olduğu ve hatta kütle dağılımı ile de ilişkili olabileceği göz önüne alındığında, modal davranışların da kolon düzenleri ile ilişkili olabileceği belirtilmelidir. Şekil 9'dan da anlaşılacağı üzere, tam düzenden uzaklaşan yapılarda az da olsa ana mod kütle katılım oranlarının azaldığı görülmüştür. Böylelikle, kolonların dağılımının hem doğrudan hem de dolaylı olarak yanal ötelemeleri etkilediği anlaşılmıştır.

Doğrusal davranış sınırları içerisinde kolon dağılımı ile yanal öteleme arasında bir bağlantı olduğu açıktır. Kolon dağılımı ile yanal öteleme arasındaki bu ilişkinin doğrusal olmayan davranışlar için de gözlemlenmesi daha gerçekçi sonuçlara varmak açısından önemlidir. Şöyle ki, düzenden sapma nedeniyle yapının yanal rijitliğinde azalma beklenebilir ve bu da itme analizleri sonucunda elde edilen öteleme-taban kesme kuvveti eğrilerinin seyrini değiştirecek ve dolayısıyla da yanal öteleme miktarlarında farklılıklara neden olabilecektir.

Bu bağlamda yapıların doğrusal olmayan modellerinin çözülmesi GÖKY kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çözümleme sonucunda elde edilen öteleme değerlerinin benzeşim katsayılarına göre değişimi Şekil 10'da gösterilmektedir. Şekilde yanal öteleme dağılımının benzeşim katsayılarıyla olan ilişkisinin derecesini de ifade eden korelasyon katsayıları da sunulmuş olup, bu katsayıların değişimi izlendiğinde yanal öteleme-benzeşim katsayısı ilişkisinin 2 katlı yapılarda çok daha belirgin olduğu ancak kat sayısı arttıkça ilişkinin belirsizleştiği anlaşılabılır.

Kat sayısının artmasıyla birlikte öteleme performans değerlerinde ki saçılımın artmasının nedeni olarak, kolonların zayıf olması ve özellikle yüksek katlı yapılarda tam da bu nedenden dolayı mekanizma oluşumunun çok daha hızlı olabileceği gösterilebilir.

Kolonların kirişlerden daha zayıf tasarlanması nedeniyle kirişlerin doğrusal davranışa zorlanmalarından önce kolonların mafsallaşmaya maruz kalacağı ve bu nedenle mekanizma oluşumunun çok daha hızlı ve kolay olacağı açıktır. Böylesi bir durumda, doğrusal olmayan davranış kapasitesinin de etkileneceği beklenmelidir. Ayrıca bu noktada şu da belirtilmelidir ki, doğrusal olmayan itme analiz sonuçlarından maksimum öteleme ve taban kesme kuvvetlerinin dağılımının anlamlı olmayabileceği irdelenmelidir. Şöyle ki, kolonların düzensiz dağılımı nedeniyle zayıf kalan bir kolonun çok daha fazla kuvvetlere maruz kalacağı ve göreceli olarak yapının daha kısa bir sürede göçme durumuna gelme olasılığı bulunmaktadır.

4. Sonuçlar ve Tartışma (Conclusion and Discussion)

Benzeşim katsayısı aslında bir yapının düzenden ne kadar uzaklaştığının da göstergesi olarak yapı performans göstergeleri ile de ilişkilendirilir. Doğal olarak bir yapı düzenden ne kadar uzaklaşırsa performans göstergelerinin de o kadar etkileneceği kaçınılmaz olacaktır. Bu bağlamda benzeşim katsayıları, yapının performans göstergelerinden en büyük yanal öteleme ile ilişkilendirilmiş, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan davranış modelleri kullanılarak oluşturulan yapıların en büyük yanal ötelemeleri benzeşim katsayıları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın bulgularını listelemek gerekirse;

- Bu çalışmada göstermiştir ki, kolon dağılımının etkisi o kadar önemlidir ki, hangi kaotik dağılım olursa olsun, dağılımın etkisi beklediği şekilde kendisini göstermiştir. Yani, tam düzenlilikten

sapmanın etkisi belirgin bir şekilde gözlemlenmiş, tam düzenden saptıkça yapı ötelemelerinde artış olduğu görülmüştür.

- Yanal ötelemelerde gözlemlenen bu genel artış eğilimi bazı yapılarda hissedilir derecede gözlemlenememiş, bunun nedeni olarak ise,
- Doğrusal malzeme davranışı varsayımı ile tasarlanan yapıların yanal ötelemelerinin daha çok çerçeveleşme ve sonrasında kolon yoğunluğu ile ilişkili olduğu, doğrusal olmayan malzeme davranışı ile modellenen yapılarda ise kolon yoğunluğu ile yanal öteleme arasında benzer ilişkinin bulunduğu ancak çerçeveleşmeye bağlı olarak bazı yapıların yanal ötelemelerinin çok fazla etkilendiği anlaşılmıştır.
- Doğrusal olarak modellenmeyen yapıda kolonların seyrekliğinin performansa etkisinin göreceli olarak daha fazla etki ettiği, bunun yanı sıra, çerçeveleşmesi düşük yapıların doğrusal modellerde performansının göreceli olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Böylelikle hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modeller kullanarak yapıların farklı açılardan performansı da test edilmiştir. Benzeşim katsayılarının her iki yaklaşım ile de modellenen yapıların yanal ötelemeleri ile ne kadar ilişkili olduğu da, kolon yerleşim düzeninin ve yoğunluğunun ne kadar önemli olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.
- Çalışma, çerçeveleşmenin etkisini göstermesi bakımından da kaynak olabilecek bulguları sunmaktadır. Çerçeveleşmenin de yanal öteleme ile belirgin bir ilişkisi olduğu ve aslında yapıların yanal performansları için kilit rol oynadığı gösterilmiş, çerçeveleşmesi daha fazla olan yapıların daha rijit davrandığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla kolonlar arası bağlılık ve aynı aks üzerinde yerleşim gibi düzenlilik açısından önemli ölçütlerinde yanal performansı etkileyen başat yapısal unsurlar olduğu anlaşılmıştır.
- Ayrıca, düzenliliğin kütle dağılımı ve eksantrisine ile olan ilişkisinin de yadsınamayacağı, her ikisinin de yanal ötelemeyi etkilediği açıktır. Yapısal tasarımda kütle dağılımı ve rijitlik dağılımının birbiri ile uyumlu olması gerektiği düşünüldüğünde, kolon dağılımı haritasının aslında dolaylı olarak kütle ve rijitlik dağılımı ile ilgili bilgi sunacağı açıktır. Yani, kolon dağılımı haritası ile yanal öteleme arasındaki ilişkinin de kütle e rijitlik dağılımı üzerinden yanal öteleme hakkında bilgi sunduğu anlaşılmıştır.
- Son olarak şunu da belirtmek gerekir ki, çalışmanın amacının yapının plandaki düzeni ile çatı katı yanal ötelemesi ve de performansı olması nedeniyle, bütün elemanlarının aynı boyutta olması aslında hesaplama ve işlemler açısından çalışmayı kolaylaştırmıştır. Ancak, gerçek yapıların hem taşıyıcı sistemin düzeni ve hem de taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının çeşitliliği düşünüldüğünde, çalışma için geniş bir geliştirme alanı bulunduğu belirtilmelidir.

Referanslar (References)

1. Sözen M., Lateral Drift of Reinforced Concrete Structures Subjected to Strong Ground Motion, Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, 16 (2), 107-122, 1983.
2. Brun J., Kostem C., Lateral deflection prediction of concrete frame-shear wall system, Technical Report No: 433-6 Fritz Engineering Laboratory, Lehigh Univ., 1986, USA, http://digital.lib.lehigh.edu/fritz/pdf/433_6.pdf
3. Karaca H., Development of a Lateral Performance Prediction Equation (LPPE), Periodica Polytechnica Civil Engineering, 62 (2), 429-443, 2018.
4. Yucemen M.S., Ozcebe G., Pay A.C., Prediction of potential damage due to severe earthquakes, Structural Safety, 26 (3), 349-366, 2004.
5. Yakut A., Ozcebe G., Yucemen M.S., Seismic Vulnerability assessment using regional empirical data Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35, 1187-1202, 2006.
6. Ozcebe, G., Yucemen, M.S., Aydoğan, V., Yakut A., Preliminary seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in turkey- part i: statistical model based on structural characteristics, In: Wasti S.T., Ozcebe G. (ed) Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings Kluwer Academic Publishers-KAP, Dordrecht, 29-42, 2003.
7. Wu X., Ghaboussi J., Garrett Jr, J.H., Use of neural networks in detection of structural damage. Computers and Structures, 42 (4), 649-659, 1992.
8. Xie Y., Majid E.S., Padgett J.E., Reginald D., The promise of implementing machine learning in earthquake engineering: A state-of-the-art review, Earthquake Spectra, 36 (8), 875529302091941, 2020.
9. Stefanini L., Badini L., Mochi G vd, Neural networks for the rapid seismic assessment of existing moment-frame RC buildings, International Journal of Disaster and Risk Reduction, 67, 102677, 2022.
10. Bingol K., Akan A.E., Ormecioglu H.T., Er A., Artificial intelligence applications in earthquake resistant architectural design: Determination of irregular structural systems with deep learning and ImageAI method, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 35 (4), 2197-2209, 2020.
11. Kagan Y., Knopoff L., Earthquake Risk Prediction as a Stochastic Process, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 14, 97-108, 1977
12. Strader A., Schneider M., Schorlemmer D., Prospective and Retrospective Evaluation of Five-Year Earthquake Forecast Models for California, Geophysical Journal International, 211 (1), 239-251, 2017.
13. Sap2000 Version 22, Computers and Structures, Inc, Structural Analysis Program, Berkeley, California, USA, 2020.
14. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018
15. ASCE 41-06, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings ASCE/SEI 41-06, American Society of Civil Engineers, Washington DC, USA, 2007.
16. MATLAB version R2018a, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, USA, 2018.