



## Comparative Analysis of Segregated and Non-segregated Column-Beam Connection Region

Mehmet Emin ÖZDEMİR<sup>1\*</sup>, Sevil AY<sup>2</sup>, Murat YAYLACI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye

<sup>2</sup>İnşaat Bölümü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye

<sup>3</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: meozdemir@karatekin.edu.tr

### Abstract

In this study, the structural behavior of segregated and non-segregated column-beam connection regions was investigated using the Finite Element Method (FEM). In order to simulate the segregated situation, the concrete section was narrowed and the reinforcements were removed outside the concrete section. Analyzes were carried out with the ANSYS Workbench package program, which allows the behavior of structural elements to be examined under dynamic and static loads using the Finite Element Method (FEM). Firstly, the column-beam connection region was designed in three dimensions with the sizes and reinforcement diameters generally used in the application. Secondly, the design was transferred to the ANSYS program and the mesh structure was created. Finally, structural loads were added to the system and finite element analysis was performed. In the analysis, the equivalent (von-Mises) stress, strain and deformation values of the system were examined and the obtained results were compared. Obtained results are presented as figures and tables. As a result of the study, it has been shown that the calculated stress, strain and deformation values in the segregated column-beam connection region are greater than in the non-segregated connection region.

Keywords: Finite Element Method, Segregation, Stress Analysis, Three-Dimensional Modeling

## Segregasyonlu ve Segregasyonsuz Kolon Kiriş Bağlantı Bölgesinin Karşılaştırmalı Analizi

### Özet

Bu çalışmada, segregasyon meydana gelmiş ve segregasyonsuz kolon kiriş bağlantı bölgelerinin davranışları Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) ile incelenmiştir. Segregasyonlu durumu simüle edebilmek adına beton kesiti daraltılmış ve donatılar beton kesitinin dışına çıkartılmıştır. Analizler, Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) kullanarak yapı elemanlarının dinamik ve statik yükler altındaki davranışlarının incelenmesine olanak sağlayan ANSYS Workbench paket programı ile gerçekleştirilmiştir. İlk olarak kolon kiriş bağlantı bölgesi uygulamada genellikle kullanılan ölçüler ve donatı çapları ile üç boyutlu olarak tasarlanmıştır. İkinci olarak tasarım ANSYS programına aktarılmış ve ağ yapısı (mesh) oluşturulmuştur. Son olarak yapısal yükler sisteme eklenmiş ve sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde sistemin eşdeğer (von-Mises) gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şekiller ve tablolar halinde sunulmuştur. Çalışmanın sonucunda segregasyon meydana gelmiş kolon kiriş bağlantı bölgesinde hesaplanan gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon değerlerinin segregasyonsuz bağlantı bölgesine kıyasla daha büyük olduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sonlu Elemanlar Metodu, Segregasyon, Gerilme Analizi, Üç Boyutlu Modelleme

### 1. Giriş

Beton inşaat sektörü için vazgeçilmez bir malzemedir. İri ve ince taneli agregalar, çimento, su ve gerektiğinde katkı maddeleri kullanılarak elde edilen beton yüzünlü aşkın süredir inşaat sektörünü domine eden bir yapı malzemesidir. Sektörün her kısmında kullanılan beton sağladığı basınç dayanımı ile yapılara etkileyen dinamik ve

statik yüklerin büyük bölümünü karşılamaktadır. Yapılarda kullanılan betonun kalitesi genel olarak betondan alınan numunelerin basınç dayanım testi veya döküm öncesinde uygulanan kıvam deneyleri ile belirlenir. Ancak yapılan bu deneyler yapılarda kullanılacak betonun dayanımını doğrudan değerlendirmez ve uygulamada yani beton dökümü sırasında meydana gelebilecek hataları içermez. Bu durum inşaat sektöründe çalışan iş gücünün kalifiye iş gücü olmadığı göz önüne alındığında ciddi hesaplama hataları doğurabilmektedir.

İhmal edilen en önemli sorunlardan biri de segregasyondur. Segregasyon, iri taneli ya da kaba agrega olarak sınıflandırılan agreganın harçtan ayrılması olayıdır. Betonun homojen bir yapıda olması gerekir yani beton içerisindeki agregalar yapısal elemanın her bir bölüme eşit ve düzgün olarak dağılmalıdır. Segregasyon sonucunda meydana gelen asıl sorun sağlanması gereken bu homojen yapının bozulmasıdır. Betonun homojen yapısı bozulduğunda beton kesitinde azalmalar meydana gelecek ve donatı doğrudan havayla temas edecektir. Donatının hava ile teması sonucunda donatı korozyona maruz kalacaktır ve korozyon sonucunda donatı kesitinde daralma olacaktır. Bu etkilerin birleşmesi sonucu ile yapısal elemanın dayanımında radikal bir düşüş meydana gelecektir. Öte yandan segregasyon sonucunda taşıyıcı elemanın alt kısımlarında daha yüksek beton dayanımı meydana gelir ve elemanın üst kısımlarında ilerledikçe kademeli olarak dayanım düşüşler meydana gelir (Hidayat vd., 2015). Segregasyonun meydana gelme sebeplerine örnek olarak, beton üretim aşamasında iken beton karışım hesabında yapılan hatalar, şantiye ortamında betonun yerleştirilmesi sırasında yapılan işçilik hataları, yetersiz vibrasyon uygulanması, donatı sıklığı veya betona sonradan su ilave edilmesi gibi sebepler verilebilir.

Betonda meydana gelen segregasyon ile ilgili olarak literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalar iki ana grupta toplanabilir ve bunlardan ilki laboratuvar ortamında veya sahada uygulanan deneysel yöntemlerdir. Literatürde, Bui vd. (2002) çalışmalarında, kendiliğinden yerleşen betonun ayrışma direncini test etmek adına yeni bir aparat ve yöntem geliştirmişlerdir. Farklı agrega boyutlarında, karışım oranlarında ve çimento sınıflarında yapılan deneyler sonucu geliştirilen yeni yöntemin kendiliğinden yerleşen betonun ayrışma direncini değerlendirmede faydalı olduğu gösterilmiştir. Navarrete ve Lopez (2016) çalışmalarında, iri agregaların maksimum tane boyutu ve yoğunluğu, karışım viskozitesi, titreşim sırasındaki maksimum ivme ve süre altında betonun stabilitesini incelemiş ve çalışmanın sonucunda betonun segregasyon eğiliminin çoğunlukla beton karışımı ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Navarrete ve Lopez (2017) çalışmalarında, taze betonda titreşim altında meydana gelen segregasyonun etkilerini incelemişler ve deneysel ve istatistiksel sonuçlar altında segregasyonun uygulanan titreşim süresinden bağımsız olduğu sonucuna varmışlardır. Muslim vd. (2020) çalışmalarında, plastik ve çimentolu ara parçalardan 50 mm örtü elde edecek şekilde hazırlanan betonarme kolonları farklı frekans ve titreşim sürelerinde sıkıştırılmıştır. Deney sonunda kolonun üst kısmından alınan numunelerin alt kısma oranla daha tutarlı olduğu görülmüş ve betonun segregasyon etkilerinin yükseklikle azaldığı gösterilmiştir. Yim vd. (2020) çalışmalarında, elektrot kullanılarak alt ve üst bölümlerde elektrik direncinin ölçülmesini sağlayan kolon tipi bir kalıp ile kendiliğinden yerleşen betonun statik ayrışma derecesini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler ile karşılaştırılmıştır. İkinci yöntem ise incelenecek olan sistem iki boyutlu veya üç boyutlu modellenmesi yapılarak bilgisayar yazılımının kullanımı ile analizinin yapılmasına dayanan yöntemdir. Literatürde, Shen vd. (2009) çalışmalarında, betonun akması sırasında meydana gelen dinamik segregasyonu akış bilimine ve akışkanlar dinamiğine dayalı sayısal bir yöntem geliştirmişlerdir. Sayısal yöntem sonucunda elde edilen sonuçlar, laboratuvar ve saha deneylerinden elde edilen veriler ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu gösterilmiştir. Damayanthi vd. (2019) çalışmalarında, segregasyon meydana gelmiş bir betonarme kolonun davranışını incelemek için sayısal bir yöntem kullanmışlardır. Analiz sonucunda segregasyonlu kolonun doğrusal bir sürüklenme modeli oluştururken, segregasyonsuz kolonun çift eğrilikli bir grafik gösterdiği ve segregasyonsuz kolonun %25 daha yüksek çalışma gerilimine dayanabildiği gösterilmiştir. Xu ve Li (2021) çalışmalarında, iri agrega segregasyonunu akış davranışı ile tahmin etmek için bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlamışlardır. Farklı durumlar ve elemanlar kullanılarak yapılan analizler sonucunda önerilen sayısal yöntem doğrulanmıştır. Miguel Solak vd. (2022) çalışmalarında, hafif agregalı betonlarda meydana gelen segregasyonun basınç dayanımı üzerindeki etkisini incelemek için görüntü analizi tekniği kullanmışlardır. Çalışma sırasında silindirik numuneler kullanılmış ve 22 farklı senaryo incelenmiştir. Xu vd. (2022) çalışmalarında, tam örtük algoritmaya sahip MPS' ye dayalı olarak, borulardaki taze betonun segregasyonunu simüle etmek için sayısal bir yöntem geliştirmişlerdir. Farklı senaryolar incelenmiş ve sonucunda sayısal yaklaşımın pompa basıncını ve hız profilini doğru bir şekilde tahmin edebildiği gösterilmiştir. Sayısal yöntemler birçok alanda uygulanmakta ve gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Farklı alanlarda kullanılan sayısal yöntemlere örnek olarak, mühendislik alanında (Uzun Yaylacı vd. 2020; Yaylacı vd. 2021; Yaylacı vd. 2021; Öner vd. 2022), tıp alanında (Terzi vd. 2020; Nisancı vd. 2020), biyoloji alanında (Uzun Yaylacı, 2021) verilebilir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sayısal çözüm yapılmıştır. Üçüncü bölümde sistem için yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar gerilme, şekil değiştirme ve deformasyon

parametreleri için gösterilmiştir. Dördüncü bölümde karşılaştırmalı olarak elde edilen analiz sonuçlarının yorumlaması yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, segregasyonlu ve segregasyonsuz kolon kiriş bağlantı bölgelerinin yapısal yükler altındaki mekanik davranışlarını incelemek ve karşılaştırmaktır. Literatürde, kolon kiriş bağlantı bölgesinde meydana gelen segregasyon ile ilgili üç boyutlu analiz bulunmadığından bu durum makalenin literatüre katkısını ve özgünlüğünü teşkil etmektedir.

## 2. Yapılan Çalışmalar

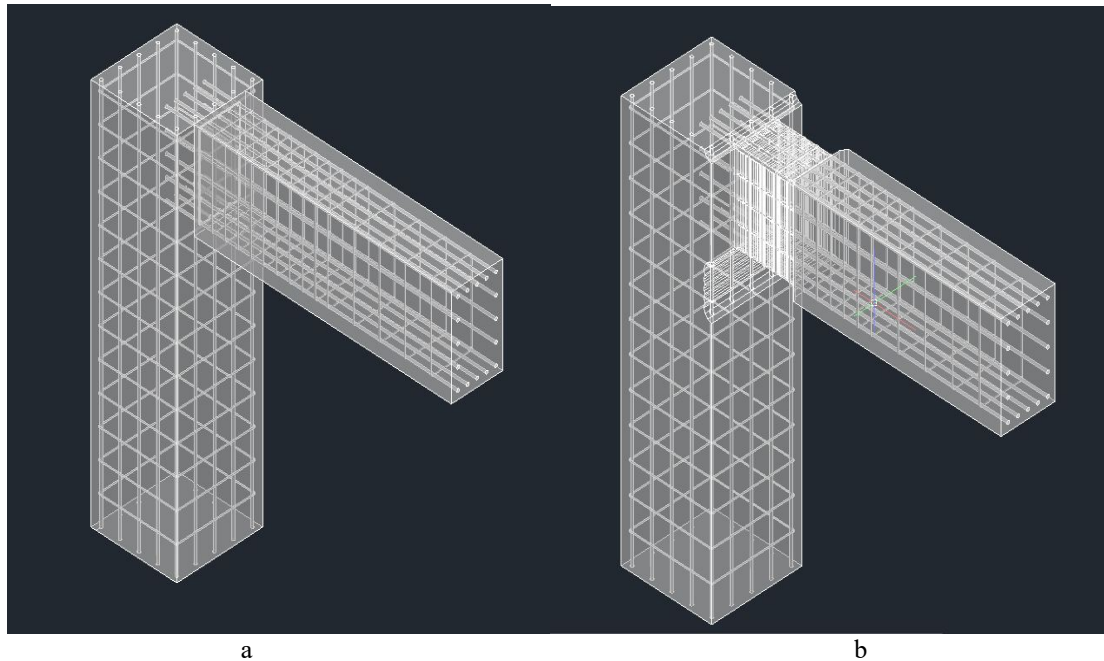
Bu çalışmada segregasyon meydana gelmiş bir kolon kiriş bağlantı bölgesi ile segregasyonsuz bir kolon kiriş bölgesini yapısal olarak karşılaştırmak için sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizi ANSYS Workbench programı kullanılarak yapılmış ancak geometrinin tasarımı daha kolay bir çizim ara yüzü kullanan AutoCAD 2014 programında yapılmıştır. Geometri tasarımında bir yapının ana taşıyıcı unsurları olan kolon ve kirişlerin bir kesiti alınarak üç boyutlu olarak tekrar çizilmiştir. Elemanların boyutları gerçekçi sonuçlar elde edebilmek adına uygulamada kullanılan ölççekler ile aynı olarak alınmıştır ve tasarımda kullanılan boyutlar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Analizde kullanılan eleman boyutları(mm).

Eleman	En	Boy	Yükseklik
Kolon	500	500	2000
Kiriş	300	1500	500

Betonun çekme mukavemeti çok düşük olduğundan yapılarda güvenli bir taşıyıcı unsur oluşturmak adına kolon ve kiriş elemanlarının içlerinin donatı demirleri ile sarılması gerekmektedir. Aksi halde analizler sadece betonun fiziksel özelliklerine göre yapılacağından alınan sonuçlar hatalı ve eksik olacaktır. Bu çalışmada beton içerisinde kullanılacak donatı çapı 16 mm( $\varnothing 16$ ), kesme kuvvetini karşılaması için kullanılan ve donatıyı bir arada tutan etriyelerin çapı ise 8 mm( $\varnothing 8$ ) olarak kabul edilmiştir. Bu değerler uygulamada birçok yerde kullanılan gerçekçi değerlerdir. Donatı çapı daha büyük değerler olarak alınabilir ancak yapılacak sonlu elemanlar analizinde sonlu elemanlara bölme işlemi sırasında daha az eleman çıkması ve hesap kolaylığı açısından bu değerler alınmıştır.

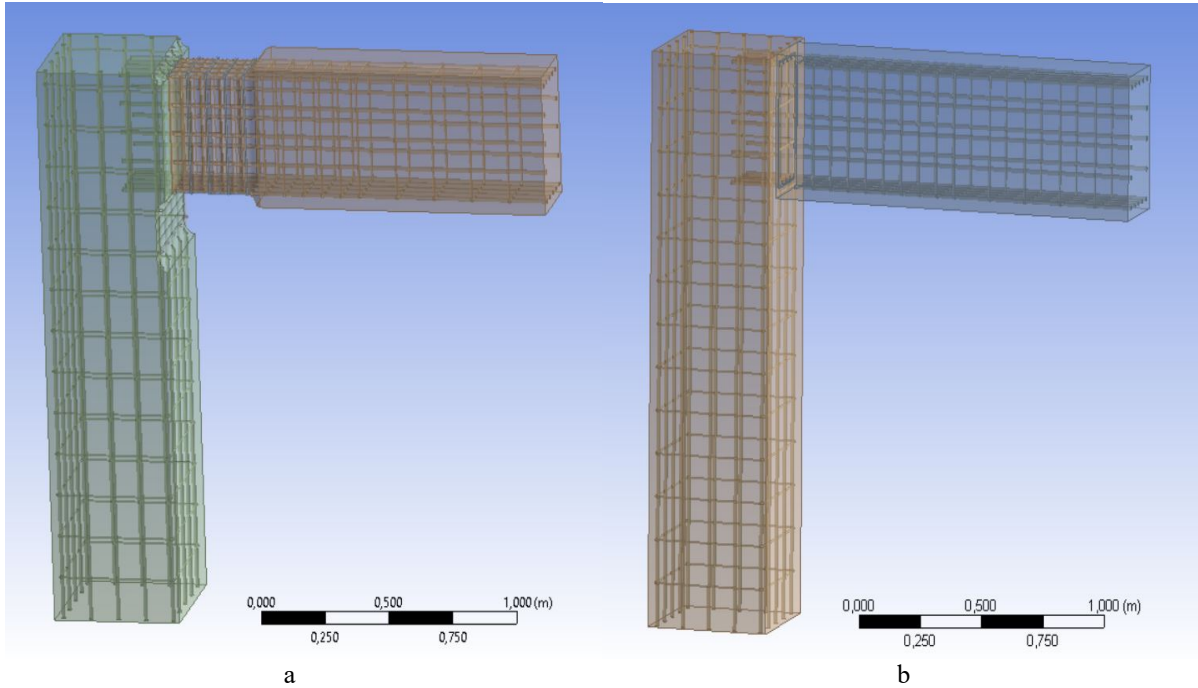
Geometrilerin tasarımı sırasında kolon kiriş bağlantı noktasına özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kolon kiriş bağlantı noktasında bindirme boyları dikkate alınmış ve donatılar arasında uygulamada kullanılan bağlar simüle edilmiştir. Geometri tasarımında son olarak dikkat edilmesi gereken kısım üç boyutlu geometrinin üst üste binmemesidir. Geometriler 'Subtract' komutu kullanılarak birbirlerinden çıkartılmalıdır. Aksi halde geometriler Workbench' e aktarıldıklarında temas yüzeylerinde problemler çıkabilmektedir.



**Şekil 1.** Analizde kullanılan segregasyonsuz (a) ve segregasyon meydana gelmiş (b) geometrilerin AutoCAD görüntüsü

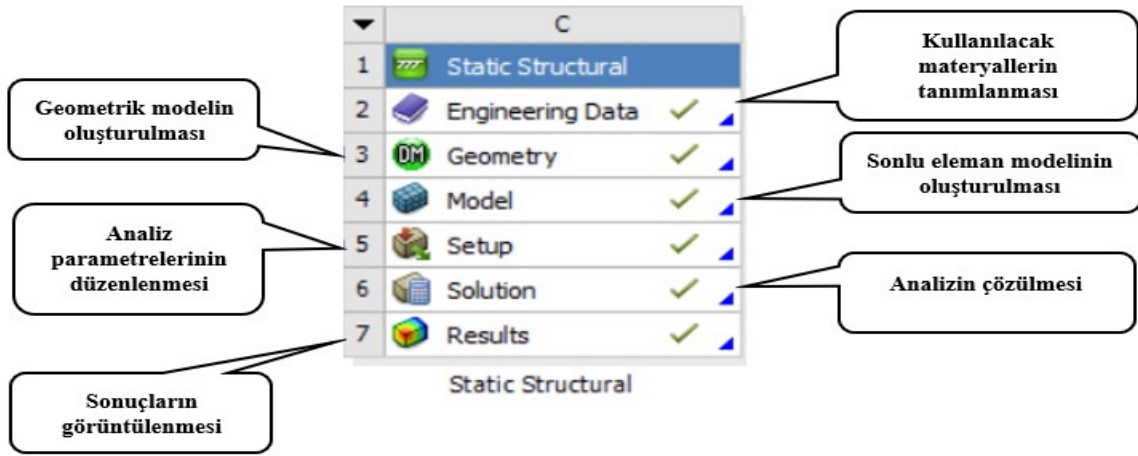
AutoCAD ile yapılan çizimlerin ANSYS programına aktarılmasında birden çok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada geometriler '.sat' formatında dışa aktarılıp Workbench' e aktarılmıştır. ANSYS, analize başlamadan geometrilerin düzenlenmesi veya kontrol edilmesi için Design Modeler ve SpaceClaim olmak üzere iki farklı yazılım sunmaktadır. SpaceClaim ara yüzü daha kullanıcı dostu olmakla birlikte geometrilerin kusurları, tasarım sırasında yapılan hatalardan dolayı oluşan boşluklar gibi analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkileyecek birçok unsuru tespit edebilmekte ve bu problemleri büyük ölçüde çözmeye yardımcı olmaktadır. Design Modeler ise aşırı komplike olmayan geometrilerin veya iki boyutlu analizi yapılacak olan geometrilerin tasarlanması açısından oldukça kullanışlıdır. Bu çalışmada geometrilerin kontrolleri çizim sırasında defaten yapıldığından ve Workbench kısmında tekrar ihtiyaç olmadığından Design Modeler kullanılmıştır. Son olarak geometrilerin aktarılması sırasında birimlere özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Geometri tasarımında milimetre kullanılmış ise Design Modeler' e aktarılırken de birimin milimetre olmasına dikkat edilmelidir.

Geometriler hatasız bir şekilde Workbench' e aktarıldıktan sonra analiz sırasında yük altındaki durumları incelenecek olan elemanların isimlendirilmeleri ilerleyen aşamalarda ciddi kolaylık sağlamaktadır.



**Şekil 2.** Segregasyonsuz (b) ve segregasyon meydana gelmiş (a) tasarımların Design Modeler'e aktarılmış görüntü

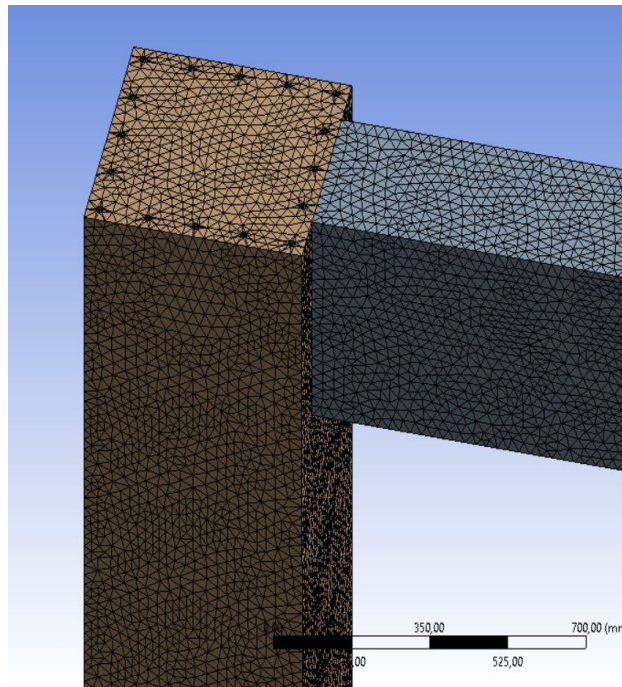
Tasarımı yapılan geometrilerin sonlu elemanlar analizi ANSYS programının Static Structural birimi ile yapılmıştır. Static Structural yapısı mekanik analizlerin yapılmasında sıklıkla kullanılmaktadır ve ANSYS bünyesinde hazır olarak bulunmakla birlikte alt birimlerin birleştirilmesiyle de elde edilebilir. Static Structural biriminin alt birimlerinin işlevlerini gösteren diyagram Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Static Structural birimlerinin işlevleri

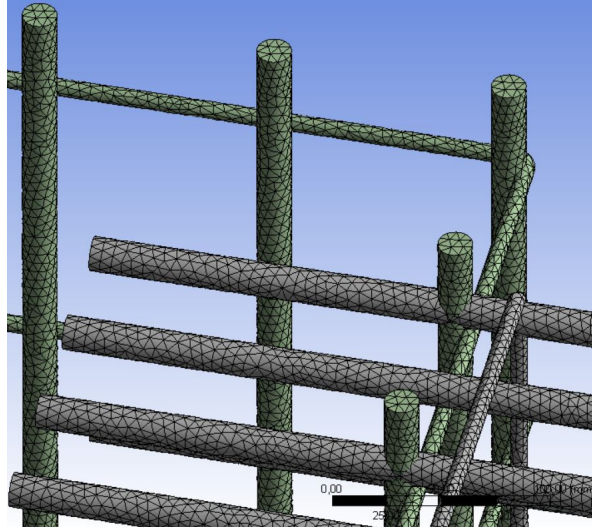
Geometri işlemlerinin bitiminden sonra yapılması gereken işlem Şekil 3' ten de görüleceği üzere Model birimine yani sonlu elemanlara bölünmesi işlemine geçmektir. Sonlu elemanlar analizinde en kritik olan bölüm 'Mesh' bölümüdür. Yapılan mesh işleminin kalitesiz ve yetersiz olması halinde analiz sonuçları hatalı çıkacaktır. Mesh işlemi sırasında geometrilerin her birine ayrı ayrı mesh boyutları atanabilmektedir. Bu çalışmada sonlu elemanlar modelinde 3 boyutlu dört yüzlü üçgen eleman (tetrahedron) ile ağ yapısı (mesh) oluşturulmuştur.

Segregasyonsuz kolon ve kiriş elemanlarında mesh boyutları 25 mm olarak belirlenmiştir. Beton içerisindeki donatılarda ise bu değer 5 mm olarak sisteme tanımlanmıştır. Oluşturulan kolon kiriş sonlu eleman modelinde 1.738.841 eleman ve 2.834.867 düğüm bulunmaktadır. Mesh Metric kısmında yer alan Element Quality seçeneği aktif hale getirildiğinde ortalama mesh kalite değeri 0.79666 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Segregasyonsuz kolon-kiriş elemanları mesh yapısı

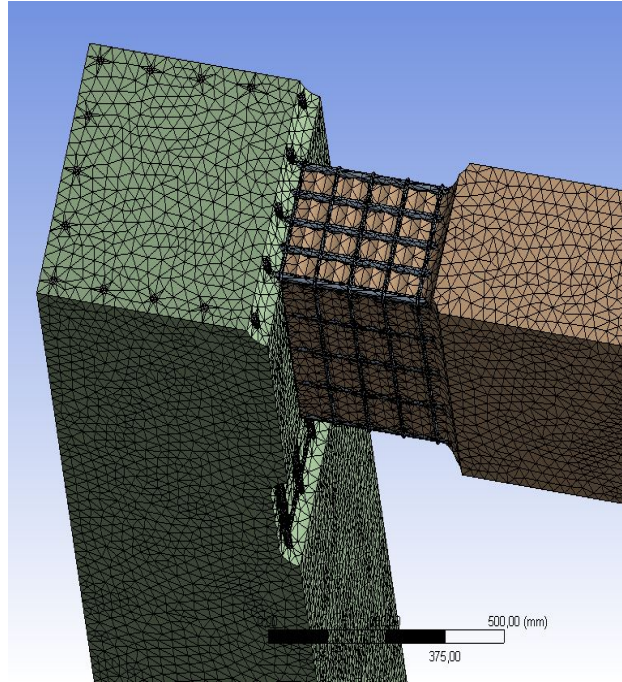




Şekil 5. Donatıların mesh yapısı

Segregasyon meydana gelmiş kolon kiriş elemanlarında, tasarım sırasında düzensiz bir geometri ortaya çıkacağından mesh işlemi daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu nedenle boyutlandırma işlemi yapılırken eleman boyutlarının daha da küçültülmesi analiz doğruluğunu arttıracaktır. Eleman boyutları sabit kaldığı takdirde Advanced Size Functions kısmından Curvature seçeneğinin aktif hale getirilmesi çok uçlu eleman yüzeyi için oluşturulacak mesh kalitesini arttıracaktır.

Segregasyon meydana gelmiş kolon ve kiriş elemanlarında mesh boyutları 25 mm olarak belirlenmiştir. Beton içerisindeki donatılarda ise bu değer 5 mm olarak sisteme tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar ile oluşturulan kolon kiriş sonlu eleman modelinde 1.311.202 eleman ve 2.123.021 düğüm bulunmaktadır. Mesh Metric kısmında yer alan Element Quality seçeneği aktif hale getirildiğinde ortalama mesh kalite değeri 0.76628 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. Segregasyon meydana gelmiş kolon-kiriş elemanları mesh yapısı

Sonlu elemanlar yapısı düzgün bir şekilde oluşturulduktan sonra analiz parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Analiz parametreleri Static Structural yapısının Setup kısmından yapılabilmektedir. Bu aşamada analiz sırasında geometrilere etkileyecek olan yükler, belirlenen mesnet noktaları, analiz seçenekleri gibi düzenlemeler yapılmaktadır. Bu çalışmada analiz ayarları varsayılan olarak program kontrolüne bırakılmıştır. Uygulamada kolona gelen yükler dikey olarak temele iletilir ve burada temel mesnet gibi davranarak yükleri zemine iletmektedir. Bu çalışmada temel olmadığı için aynı aktarımı simüle etmek adına kolon elemanının alt

yüzeyi mesnet olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamayı yapmak için 'Fixed Support' eklenerek yüzey olarak kolon elemanının alt yüzeyi seçilmelidir. Sistemin ankastre bir kiriş olarak davranmaması için kiriş elemanının kolon ile temas etmeyen yüzeyi de mesnet olarak tanımlanmıştır.

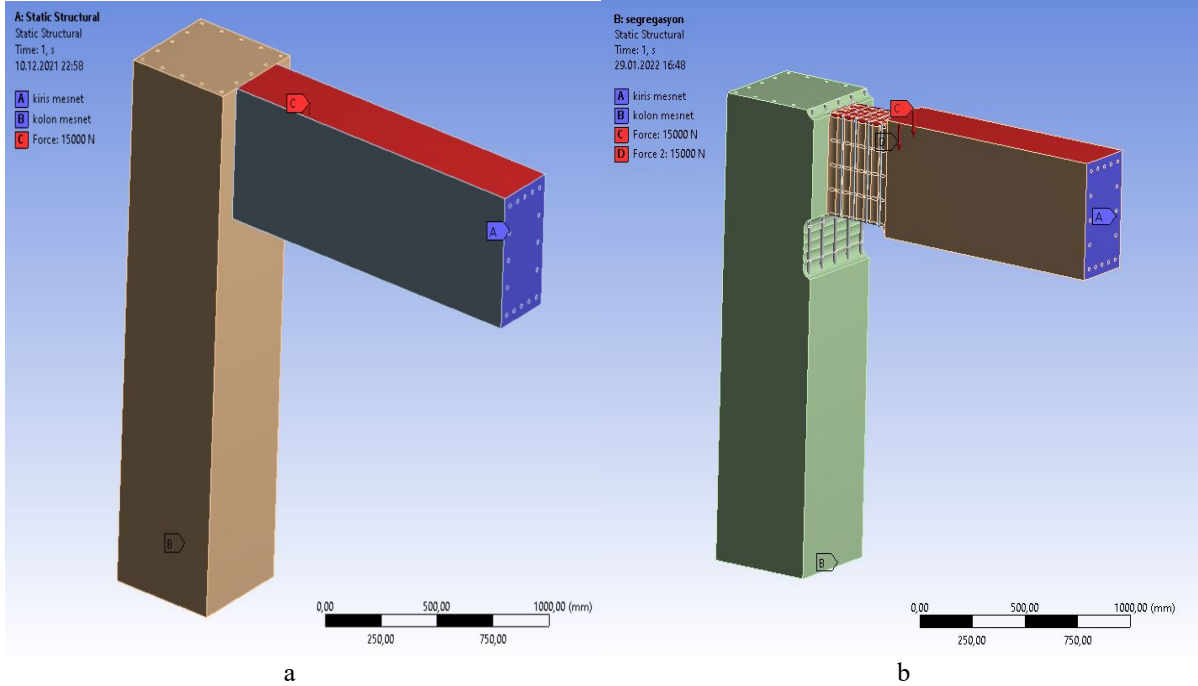
Segregasyonsuz sisteme etkiyen yüklerin sadece kiriş üzerine etkiği varsayılmış ve kiriş elemanının üst yüzeyine 'z' eksenine zıt yönde 15000N olarak yük tanımlanmıştır.

Segregasyon meydana gelen sistem için ise farklı olarak kiriş üzerine etkiyen 15000 N' luk yükün yanı sıra açıkta kalan donatı elemanlarına da aynı miktarda yük tanımlanmıştır.

Sonlu elemanlar analizine geçmeden önceki son adım elemanlara malzeme ataması yapmaktır. ANSYS programı çok geniş bir malzeme kütüphanesine sahiptir. Yapısal veya mekanik analizler sırasında kullanılacak birçok malzemenin fiziksel özellikleri program bünyesinde mevcuttur. Bu çalışmada kullanılacak olan beton ve inşaat demirinin de fiziksel özellikleri program bünyesinde varsayılan olarak tanımlıdır ve analizlerde kullanılacak elemanlara doğrudan ANSYS kütüphanesinden tanımlanmıştır. ANSYS kütüphanesinde tanımlı olmayan bir materyal ile analiz yapılmak istendiği takdirde ise program ilgili malzemenin fiziksel özelliklerinin tanımlanacağı ve analize eklenebileceği bir yöntem sunmaktadır.

**Tablo 2.** Analizlerde kullanılan materyallerin mekanik özellikleri.

Materyal	Elastisite Modülü	Yoğunluk	Poisson Oranı
	(MPa)	(kg/m <sup>3</sup> )	
Beton	$3 \times 10^4$	2300	0.18
Yapı Çeliği	$2 \times 10^5$	7850	0.3



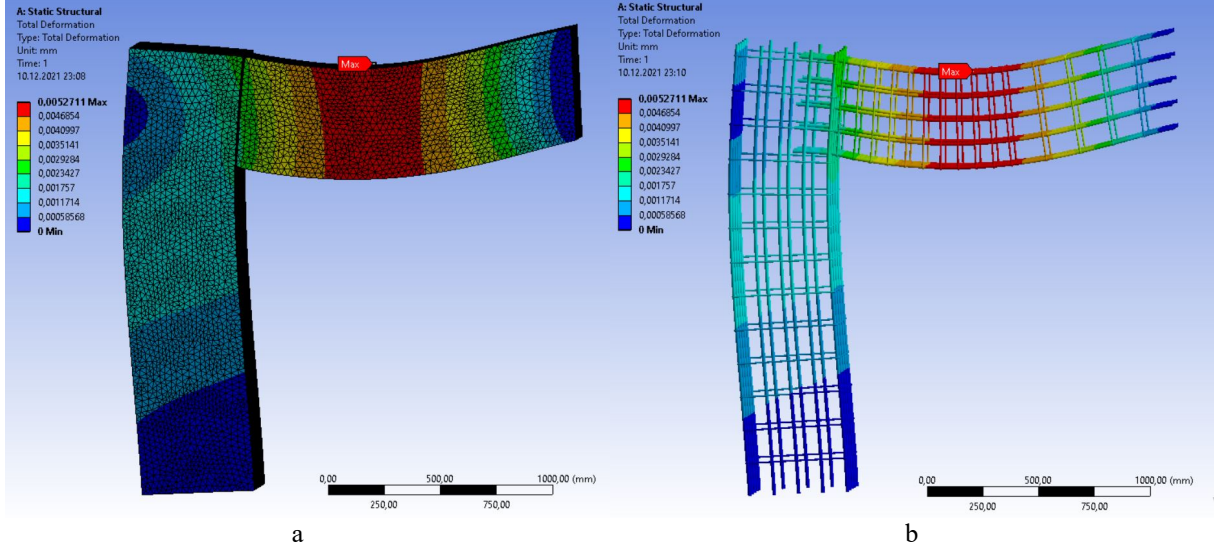
**Şekil 7.** Segregasyonsuz (a) ve segregasyon meydana gelmiş (b) sistemlere yük ve mesnetlerin tanımlanmış görünümü

Materyal tanımlamalarının yapılması, sonlu elemanlar (mesh) işleminin yapılması ve analiz parametrelerinin tanımlanmasından sonra analiz sonuçlarına geçilmektedir. Analiz sonuçları Static Structural yapısında yer alan 'Results' biriminden incelenebilmektedir. Analiz yapılmadan önce yapılmak istenen analiz sisteme tanımlanmalıdır. Bu çalışmada daha önce belirtilen analiz parametreleri altında von-Mises gerilme değerleri, şekil değiştirme değerleri ve deformasyon değerleri incelenmiştir.

### 3. Sayısal Sonuçlar

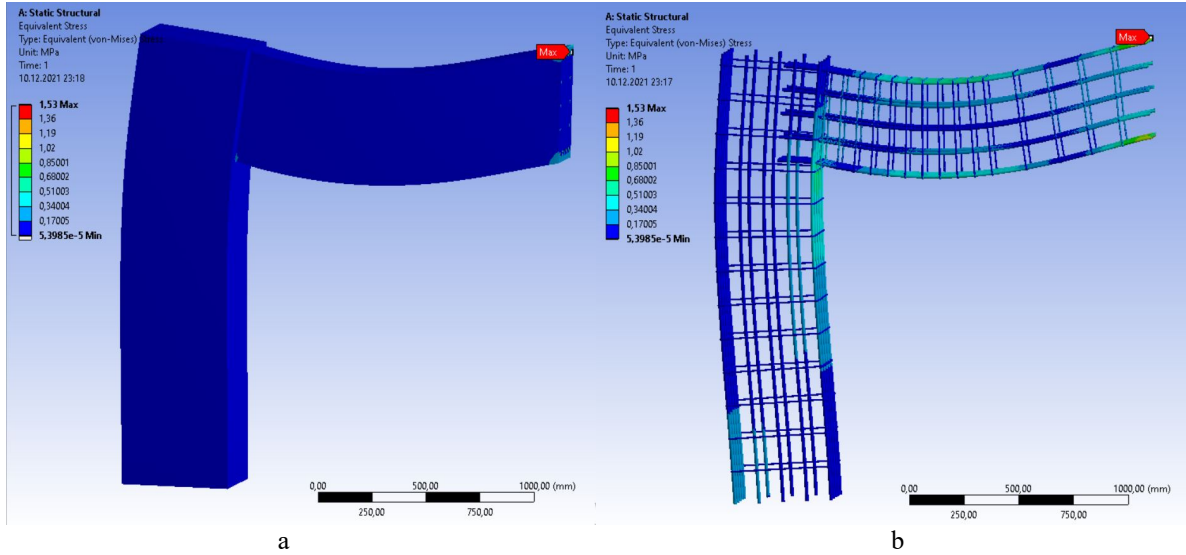
#### 3.1. Segregasyonsuz Kolon Kiriş Bağlantı Bölgesi İçin Elde Edilen Sonuçlar

Segregasyonsuz kolon kiriş bağlantı noktası için yapılan analizlerin sonuçlarına göre en büyük deformasyon değeri 0.0052711 mm olarak hesaplanmış ve kiriş elemanı üzerinde meydana gelmiştir.



Şekil 8. Segregasyonsuz sistem için hesaplanan en büyük deformasyon (mm) değerleri. Bütün sistemin görüntüsü (a) ve donatıların görüntüsü (b).

Segregasyonsuz kolon kiriş bağlantı noktası için yapılan analizlerin sonuçlarına göre en büyük von-Mises gerilme değeri 1.53 MPa olarak hesaplanmış ve kiriş donatıları üzerinde meydana gelmiştir.

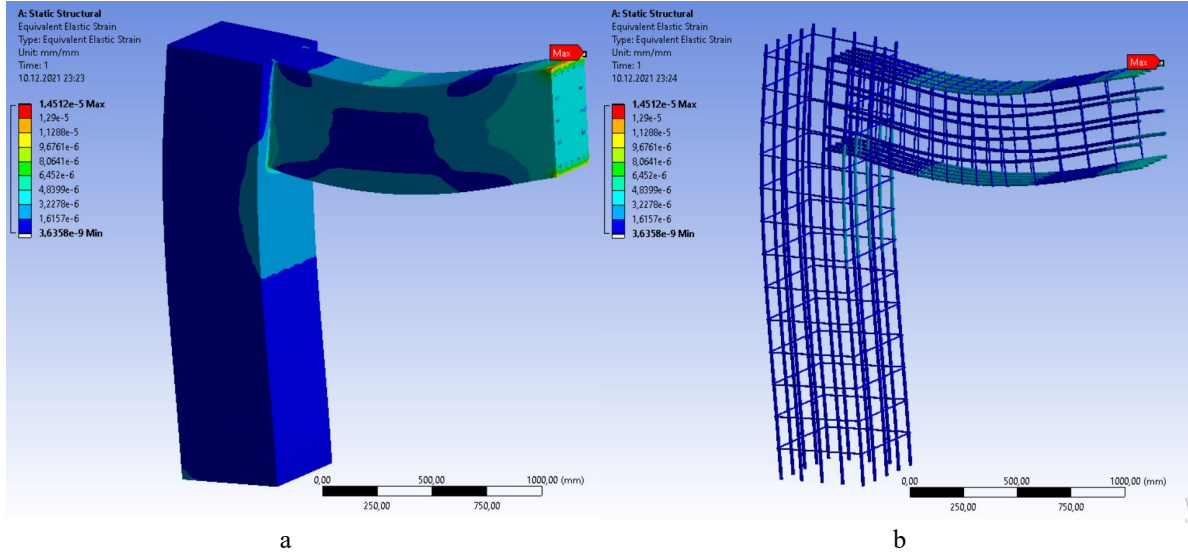


Şekil 9. Segregasyonsuz sistem için hesaplanan von-Mises gerilme değeri (MPa). Bütün sistemin görüntüsü (a) ve donatıların görüntüsü (b).

Segregasyonsuz kolon kiriş bağlantı noktası için yapılan analizlerin sonuçlarına göre en büyük şekil değiştirme değeri  $1.4512 \times 10^{-5}$  olarak hesaplanmış ve kiriş ile mesnet kısımlarının temas ettiği bölgelerde meydana gelmiştir.



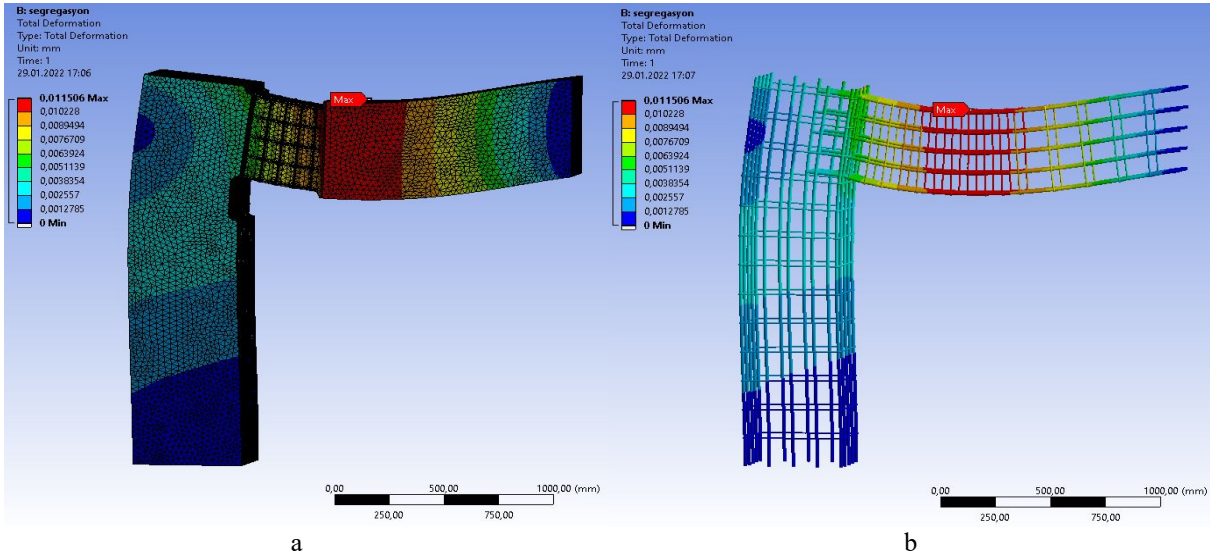
## Comparative Analysis of Segregated and Non-segregated Column-Beam Connection Region



Şekil 10. Segregasyonsuz sistem için hesaplanan şekil değiştirme değerleri. Bütün sistemin görüntüsü (a) ve donatıların görüntüsü (b).

### 3.2. Segregasyon Meydana Gelmiş Kolon Kiriş Bağlantı Bölgesi İçin Elde Edilen Sonuçlar

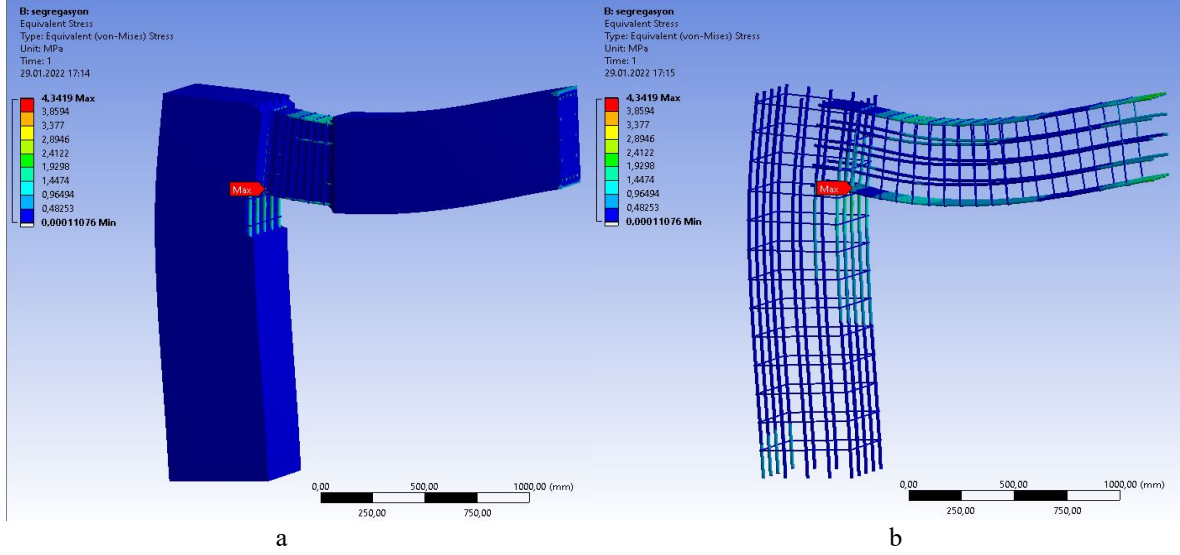
Segregasyon meydana gelmiş kolon kiriş bağlantı noktası için yapılan analizlerin sonuçlarına göre en büyük deformasyon değeri 0.011506 mm olarak hesaplanmış ve kiriş elemanı üzerinde meydana gelmiştir.



Şekil 11. Segregasyon meydana gelmiş sistem için hesaplanan en büyük deformasyon (mm) değerleri. Bütün sistemin görüntüsü (a) ve donatıların görüntüsü (b).

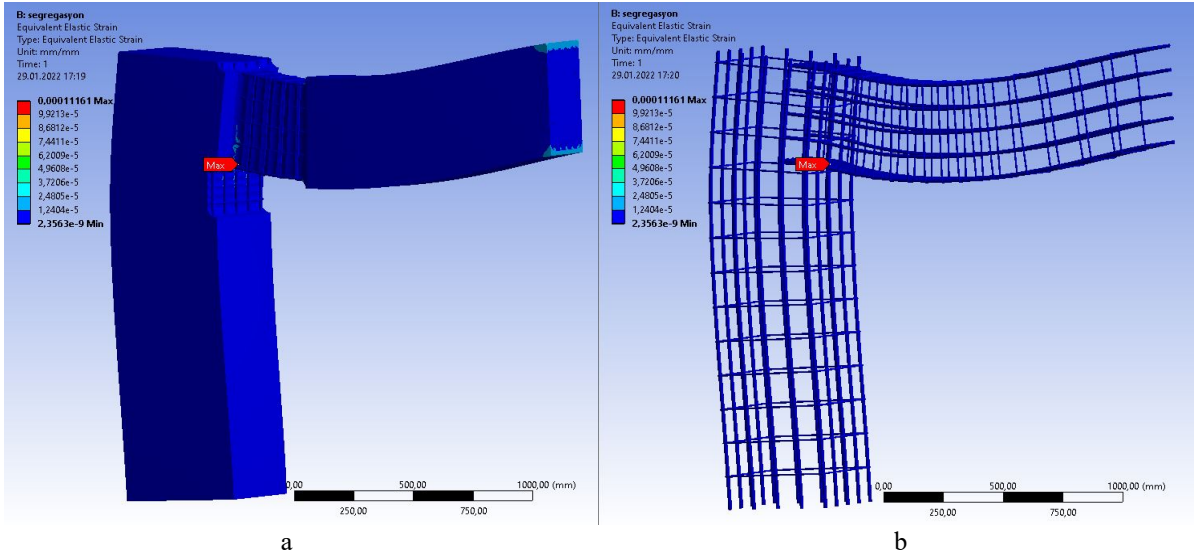
Segregasyon meydana gelmiş kolon kiriş bağlantı noktası için yapılan analizlerin sonuçlarına göre en büyük von-Mises gerilme değeri 4.3419 MPa olarak hesaplanmış ve kolon kiriş bağlantı bölgesi üzerinde meydana gelmiştir.

## Comparative Analysis of Segregated and Non-segregated Column-Beam Connection Region



Şekil 12. Segregasyon meydana gelmiş sistem için hesaplanan von-Mises gerilme değeri (MPa). Bütün sistemin görüntüsü (a) ve donatıların görüntüsü (b).

Segregasyon meydana gelmiş kolon kiriş bağlantı noktası için yapılan analizlerin sonuçlarına göre en büyük şekil değiştirme değeri  $1.1161 \times 10^{-4}$  olarak hesaplanmış ve kolon kiriş bağlantı bölgesi üzerinde meydana gelmiştir.



Şekil 11. Segregasyon meydana gelmiş sistem için hesaplanan şekil değiştirme değerleri. Bütün sistemin görüntüsü (a) ve donatıların görüntüsü (b).

## 4. Sonuçlar

Bu bölümde, ANSYS Workbench paket programı kullanılarak segregasyonsuz ve segregasyon meydana gelmiş kolon kiriş bağlantı bölgeleri için yapılan analizlerin karşılaştırmaları yapılmıştır. Analiz sonucunda von-Mises gerilme değerleri, şekil değiştirme değerleri ve deformasyon değerleri incelenmiştir. Elde edilen sayısal değerler tablolar halinde sunulmuştur.

**Tablo 3.** Segregasyonsuz ve segregasyonlu sistemler için elde edilen analiz sonuçları

Analiz Parametreleri	Sistem Durumu	
	Segregasyonsuz	Segregasyonlu
Gerilme (MPa)	1.53	4.3419
Şekil Değişirme	$1.4512 \times 10^{-5}$	$1.1161 \times 10^{-4}$
Deformasyon (mm)	0.0052711	0.011506

Tablo 2 incelendiğinde görülecektir ki segregasyon meydana gelen bir kolon giriş bağlantı bölgesi için elde edilen bütün değerler segregasyonsuz sistem için elde edilen değerlerden çok daha büyüktür.

Sistem üzerinde oluşan gerilme değeri 1,53 MPa' dan 4,3419 MPa' a yükselmiştir. Bu durum kesit yüzeyinde meydana gelen kayıplar ile açıklanabilir. Segregasyon oluşan sistemlerde betonun homojen bir şekilde dağılmaması nedeni ile kesit kaybı meydana gelmektedir. Oluşan bu kesit kaybı sebebi ile yük altına çalışan alan azalmakta ve oluşan gerilme miktarı artmaktadır.

Elde edilen şekil değiştirme değeri yaklaşık 8 kat artarak  $1.4512 \times 10^{-5}$  seviyesinden  $1.1161 \times 10^{-4}$  seviyesine yükselmiştir. Sistem üzerinde kullanılan malzemelerin elastisite modülü, poisson oranı, yoğunluk gibi mekanik özelliklerinde herhangi bir değişim olmadığı göz önüne alındığında elde edilen sonuçlar arasındaki bu büyük fark elde edilen gerilme değerinde meydana gelen artış ve kesit üzerinde meydana gelen kayıp ile açıklanabilir.

Elde edilen deformasyon değeri segregasyonsuz durumda 0.0052711 iken segregasyon meydana geldiğinde 0.011506 değerine çıkmıştır. Bu artış kesit kaybına ve gerilme değerinde meydana gelen artış ile açıklanabilir. Şekil 8 ve Şekil 11 karşılaştırıldığında görülecektir ki deformasyonda hem artış meydana gelmiş hem de maksimum deformasyonun meydana geldiği bölüm kolon giriş bağlantı noktasına yaklaşmıştır. Bu durumun önemi alınıp sistem güçlendirilmezse uygulamada çok ciddi ve tehlikeli sonuçlara yol açabilmektedir.

## Kaynaklar

- Bui, V. K., Montgomery, D., Hinczak, I., & Turner, K. (2002). Rapid testing method for segregation resistance of self-compacting concrete. *Cement and Concrete Research*, 32(9), 1489–1496. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)00811-6](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)00811-6)
- Damayanthi, W., Novitasari, Y., & Pratama, M. M. A. (2019). Effects of segregation on reinforced concrete column, a numerical approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 669(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012061>
- Hidayat, A., Purwanto, Puspwardojo, J., Aziz, F.A., (2015). The influence of graded concrete strength on concrete element. *Procedia Engineering*. 125, 1023-1029. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.157>
- Miguel Solak, A., José Tenza-Abril, A., & Eugenia García-Vera, V. (2022). Adopting an image analysis method to study the influence of segregation on the compressive strength of lightweight aggregate concretes. *Construction and Building Materials*, 323, 126594. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.126594>
- Muslim, F., Wong, H. S., Cheng, G., Alexandrou, C., Liu, B., & Buenfeld, N. R. (2020). Combined effects of vertical spacers and segregation on mass transport properties of reinforced concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 53(6), 1–17. <https://doi.org/10.1617/S11527-020-01591-9/FIGURES/11>
- Navarrete, I., & Lopez, M. (2016). Estimating the segregation of concrete based on mixture design and vibratory energy. *Construction and Building Materials*, 122, 384–390. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.06.066>
- Navarrete, I., & Lopez, M. (2017). Understanding the relationship between the segregation of concrete and coarse aggregate density and size. *Construction and Building Materials*, 149, 741–748. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.05.185>
- Nişancı, G.N., Güvercin, Y., Ateş S.M., Ölmez, H., Uzun Yaylacı E., Yaylacı, M., 2020. Investigation of the effect of different prosthesis designs and numbers on stress, strain and deformation distribution. *Int. J. of Eng. and Appl. Sci.* 12(4), 138-152. <https://doi.org/10.24107/ijeas.816227>.
- Oner, E., Şengül Şabano, B., Uzun Yaylacı, E., Adıyaman, G., Yaylacı, M., Birinci, A., 2022. On the plane receding contact between two functionally graded layers using computational, finite element and artificial neural network methods. *J. of Appl. Math. and Mech.* <https://doi.org/10.1002/zamm.202100287>.

- Shen, L., Struble, L., & Lange, D. (2009). Modeling Dynamic Segregation of Self-Consolidating Concrete. *Materials Journal*, 106(4), 375–380. <https://doi.org/10.14359/56658>
- Terzi M, Güvercin Y, Ateş S.M, Sekban D.M, Yaylacı M., (2020). Effect of different abutment materials on stress distribution in peripheral bone and dental implant system. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*. 38(3), 1515-1527.
- Uzun Yaylacı E., Yaylacı M., Ölmez, H. and Birinci, A., (2020). Artificial neural network calculations for a receding contact problem, *Computers and Concrete*, 25(6), <https://doi.org/10.12989/cac.2020.25.6.000>.
- Uzun Yaylacı E., (2021) Application of Artificial Neural Networks to Predict Inhibition in Probiotic Experiments, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(3), 106-125, <http://dx.doi.org/10.24107/ijeas.1019382>
- Xu, Z., & Li, Z. (2021). Numerical method for predicting flow and segregation behaviors of fresh concrete. *Cement and Concrete Composites*, 123, 104150. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2021.104150>
- Xu, Z., Li, Z., & Jiang, F. (2022). Numerical approach to pipe flow of fresh concrete based on MPS method. *Cement and Concrete Research*, 152, 106679. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2021.106679>
- Yaylacı, M., Eyüboğlu, A., Adıyaman, G., Uzun Yaylacı, E., Öner, E., Birinci, A., 2021. Assessment of different solution methods for receding contact problems in functionally graded layered mediums. *Mechanics of Materials*. 154, 103730. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2020.103730>.
- Yaylacı M., Yaylı M., Uzun Yaylacı E., Ölmez, H., Birinci A., 2021. Analyzing the contact problem of a functionally graded layer resting on an elastic half plane with theory of elasticity, finite element method and multilayer perceptron. *Structural Engineering and Mechanics*. 78, 585-597. <https://doi.org/10.12989/sem.2021.78.5.585>.
- Yim, H. J., Bae, Y. H., & Kim, J. H. (2020). Method for evaluating segregation in self-consolidating concrete using electrical resistivity measurements. *Construction and Building Materials*, 232, 117283. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117283>