



ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS

Lütfü Enes FİRAR^{1*}, İbrahim Batıkan GÜNAYDIN¹

¹ Free Civil Engineer, Rize, Turkey

*Corresponding author e-mail: lutfuenesfirar10@gmail.com

ABSTRACT

Today, in parallel with the development of technology, there have been developments in the field of construction. The analysis of the structure, which is one of these developments, with package programs before it is built and its design according to the results of this analysis, is important in our country in the active earthquake zone. In this study, a four-storey building was modeled in the SAP2000 and IdeCAD package programs, which are frequently used today, and the modeled structure's floor weights, irregularity controls, earthquake forces, earthquake tipping moments, period values and effective mass according to the Turkish Building Earthquake Code (TBDY 2018). Participation rates and second-order effects were checked. With the outputs obtained, the Sap2000 package program was taken as a reference, and the results between the programs were examined, inferences were made and suggestions were made.

Keywords: SAP2000, IdeCAD, TBDY 2018, structural irregularity, structural analysis

BETONARME YAPILARIN FARKLI PAKET PROGRAMLAR İLE ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak inşaat alanında da gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmelerden biri olan yapının inşa edilmeden önce paket programlar ile analizi ve bu analiz sonuçlarına göre projelendirilmesi aktif deprem kuşağında ülkemizde önem arz etmektedir. Bu çalışmada da günümüzde sıkça kullanılan SAP2000 ve İdeCAD paket programlarında dört katlı bir yapının modelleme işlemi yapılmış, modellenen yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)'e göre kat ağırlıkları, düzensizlik kontrolleri, deprem kuvvetleri, deprem devrilme momentleri, periyot değerleri ile etkin kütle katılım oranları ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri yapılmıştır. Elde edilen çıktılar ile birlikte Sap2000 paket programı referans alınarak programlar arasında çıkan sonuçların irdelenmiş, çıkarımlar yapılarak önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sap2000, İdeCAD, TBDY 2018, yapı düzensizlikleri, yapısal analiz

GİRİŞ

Her geçen gün artan insan nüfusu nedeniyle inşaat sektörüne duyulan ihtiyaç artmaktadır. Aynı zamanda inşaat sektörü bir ülkenin teknolojik ve ekonomik olarak kalkınmasını sağlayan bir sektör haline gelmektedir. İnşaat sektörüne duyulan ihtiyaç nedeniyle sektör içerisinde bulunan firmalar arası rekabet ve özgünlük çalışmasını ön plana çıkarmaktadır. Ancak ülkemizin bir deprem bölgesi olduğu unutulmalıdır. Bu nedenle yapılacak yapıların depreme dayanıklı bir şekilde yapılması ve mevcut yapıların depreme dayanıklılığı göz önünde bulundurularak standartlara uygun şekilde tasarımlar yapılmalıdır. Bu nedenle özgün, ekonomik ve dayanıklı yapı inşaatı yapmak için yönetmelikler çıkarılmış ve bu yöntemlere göre çalışan, analiz yapan ve yapının davranışını yüksek oranda yaklaşıklık ile tahmin edebilen paket programlar geliştirilmiştir. Ülkemizde de yapı inşaatları ve tasarımları için çıkarılan ilk yönetmelik 1949 yılında çıkarılan Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliğidir. Yıllar geçtikçe eksik maddeler, yapılan yeni çalışmalar ve teknolojinin gelişmesi ile daha dayanıklı yapı malzemelerin çıkması sonucunda yeni yapı yönetmelikleri geliştirilmiştir. Kimi zaman ise meydana gelen depremler sonucunda mevcut yönetmeliklerinin yetersiz olduğu düşünülüp yeni yönetmelikler çıkarılmıştır. Bu yönetmelikler sırasıyla 1953, 1962, 1968, 1975, 1998, 2007 ve son olarak çıkan yapı tasarımlarında kullandığımız Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)'dir. TBDY 2018 ile yeni inşa edilecek olan yapının veya halihazırda kullanılmakta olan binaların değerlendirilmesi için deprem tasarım sınıfı ve bina yükseklik sınıfına bağlı olarak performans hedefi belirlenmesi ve bu performans hedefi baz alınarak uygun bir tasarım çalışmasının gerçekleştirilmesi istenmektedir. Bu kapsamda yönetmeliğe göre uygun tasarım yapabilmek için proje hazırlama ofisleri paket programları kullanarak emniyetli, ekonomik ve estetik bir yapı tasarlanmaya çalışmaktadır. Proje ofislerinde hazırlanan ve analizleri yapılan projeler, inşaat işleri ile ilgilenen kamu birimleri tarafından da incelenmektedir. Bu incelemeler sonucunda yapı modelinde, analiz sonuçlarında problem yoksa ve yönetmeliklere uygun ise projenin uygulama çalışmasına geçilmektedir. TBDY 2018 Yönetmeliği ile birçok yenilikler gelmiştir. Bu yeniliklerden biri Türkiye Deprem Riski için kullanılan harita güncellenmiştir. Eski haritaya göre 1.Bölgeden 5.Bölgeye kadar olan deprem haritaları ile tasarım gerçekleştirilmekteydi. TBDY 2018 ile bölge kavramı kaldırıldı. Yeni oluşturulan harita Deprem Tehlike Haritasıdır. Bu harita oluşturulurken en büyük yer ivmesi değerleri baz alınarak yeni deprem tehlike haritası çıkarılmıştır. Bunun yanı sıra analizi yapılacak binaların maruz kalacakları depremlere göre deprem düzeyleri oluşturulmuştur. Bu deprem düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 düzeyleridir.

Günümüzde kullanılan paket programlardan çıkan sonuçların hangisinin daha güvenilir olduğu tartışılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada tasarım depremi (DD-2 deprem düzeyi) için oluşacak öteleme değerlerini, yapıda oluşabilecek düzensizlikleri, yapının periyot gibi karakteristiklerini, katların ağırlıklarını incelenecektir.

Bu çalışmada Sap2000 (V20) ve İdeCAD (V10) paket programlarını kullanarak dört katlı betonarme çerçevesi bir yapının DD-2 deprem düzeyinde modal analizini, kütle katılım oranları, yapının toplam ağırlığı, düzensizlik kontrolleri ve kat öteleme kontrolleri yapılmıştır. Sap2000 (V20) ve İdeCAD (V10) paket programında çıkan sonuçların karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

2.MATERYAL METOT

Bu bölümde çalışmada kullanılacak olan paket programlar ile ilgili, binanın statik özellikleri ve deprem düzeyleri hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1 Sap2000 (V20) Programı

Sap2000 programı, yapı sistemlerinin analizini ve tasarımını gerçekleştirmek için kullanılan bir analiz programıdır. "Structural Analysis Program" sözcüğünün baş harflerinin birleştirilmesiyle oluşan SAP sözcüğü, "Yapısal Analiz Programı" anlamına gelmektedir[1]. Sap2000 ile basit geometri sistemden karmaşık geometri sistemlerinin tasarımı ve analiz yapılabilmektedir. Aynı zamanda yapı karmaşık bir geometriye sahip ise sonlu elemanlar yöntemini kullanarak elemanları daha küçük elemanlara ayırarak bölünen her bir elemanın tek tek analizlerini yapmaktadır. Böylelikle bir kere de analiz yapması uzun zaman sürecek sistemleri, küçük elemanlara ayırarak tek seferde analiz işlemlerinin doğru bir şekilde yapılması sağlanmaktadır. Sap2000 programı ile dinamik analiz, zaman tanım alanında hesap yöntemi, statik itme analizleri gibi birçok statik ve dinamik analiz türleri gerçekleştirilebilmektedir..

2.2 İdeCAD (V10) Programı

İdeCAD programı, yapı sistemlerinin analiz işlemini yapmak ve tasarım işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılmakta olan bir programdır. Program kapsamında modelleme işlemleri, sonlu elemanlara göre analiz işlemleri, TBDY 2018 ve TS500 yönetmeliklerine göre tasarım kontrolü, performans değerlendirmesi ve güçlendirme çalışmaları yapılabilmektedir. Aynı zamanda rijit diyaframlı, rijit diyaframsız veya kısmen rijit diyaframlı yapıların analiz işlemleri de gerçekleştirilebilmektedir. Taşıyıcı yapı elemanları olan perde, kolon, kiriş, döşeme ve temel elemanlarının hepsinin analizi aynı anda bütünlük olarak yapılabilmektedir.

2.3 Deprem Düzeyleri

1900'den günümüze kadar ülkemizde birçok deprem meydana gelmiştir. Bu meydana gelen depremler neticesinde oluşan hasarlara göre deprem haritaları oluşturulmuştur. Ülkemizde ilk olarak oluşturulan 1945 yılındaki deprem haritasında iki deprem bölgesi öngörülmüştür. İlerleyen zamanlarda meydana gelen depremler sonucunda ve gelişen deprem mühendisliğine bağlı olarak deprem haritaları revize edilmiştir. İlk değişim 1949 yılında ve sırasıyla 1963, 1972 ve 1999 yıllarında olmuştur. Son olarak ise 2018'de yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile deprem tehlike haritası güncellenmiştir. Yeni haritada yerin en büyük ivme değerlerine göre yeni deprem tehlike haritası oluşturulmuştur. Bu haritanın incelendiğinde

yurdumuzun Konya, Karaman ve İçel illeri deprem tehlikesi bakımından en düşük bölgelerdir. Deprem tehlikesi en yüksek olan bölgeler Van Gölü'nden başlayarak, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'nı içine alan Kuzey Anadolu Fayı'nı ve Ege Bölgesi'nin önemli bir bölümünü etkileyen aktif fayları ve çevresini içerir[2].

Yeni yönetmelik ile deprem yer hareketi düzeyleri, deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme /tasarım yaklaşımlarının belirlenmesinde kullanılmıştır [3]. 2007 deprem yönetmeliğinde önceden de kullanılan tasarım depremi altında can güvenliği performans hedefi tanımlaması yapılmıştı. Söz konusu tasarım depremi 2018 yönetmeliğinde DD-2 deprem düzeyine karşılık gelmektedir. Konut türü yapılarda DD-2 deprem düzeyi için, can güvenliğine karşılık için

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi tanımlanmaktadır. Dolayısıyla binaların kullanım amaçlarına bakılarak deprem düzeylerinin seçimleri tanımlanmalıdır[3].

DD-1 Depremi: 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan çok seyrek gerçekleşen bu deprem, göz önüne alınan en büyük deprem olarak tanımlanmaktadır.

DD-2 Depremi: 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan seyrek gerçekleşen bu deprem, tasarım depremi olarak tanımlanmaktadır.

DD-3 Depremi: 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan sık gerçekleşen depremdir.

DD-4 Depremi: 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan çok sık gerçekleşen bu deprem, kullanım depremi olarak tanımlanmaktadır.

2.4 Bina Bilgileri

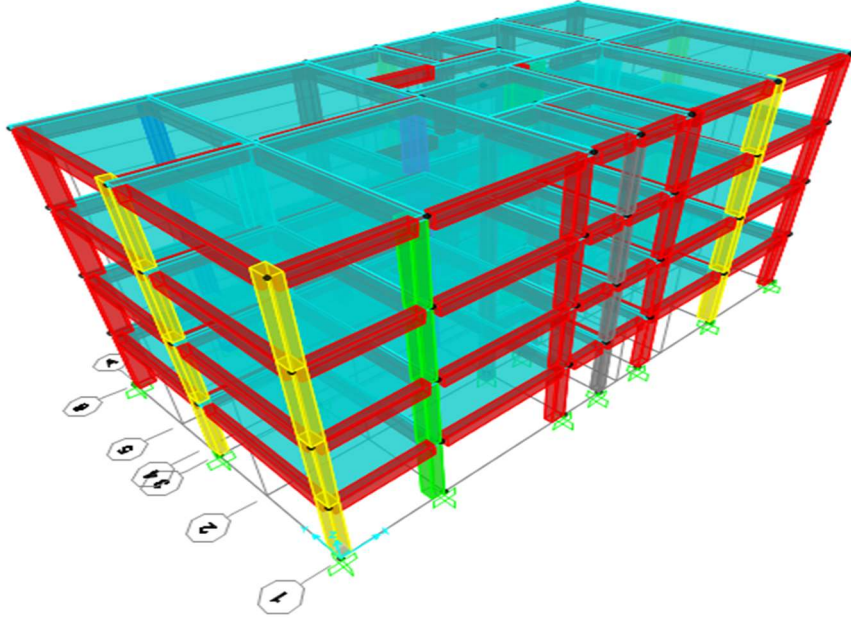
Binanın taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve sistemdir. Binada bulunan kat sayısı bodrum kat ile birlikte dört katlıdır. Binanın temel yapısı olarak 50 cm kalınlığında radye temel kullanılmıştır. Yapının taşıyıcı sistemlerine ait bilgileri, kullanılan yapı malzemelerinin cinsleri, taşıyıcı elemanlara etki edecek yükler ve diğer özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Yapının Sap2000 programında 3D boyutlu görünüşü Şekil 1'de, İdeCAD programında 3D görünüşü Şekil 2'de, önden görünüşü Şekil 3'te ve İdeCAD kalıp planı Şekil 4'de gösterilmiştir.

	TÜM KATLAR
Bina Kullanım Amacı	Konut
Bina Deprem Düzeyi	DD-2
Bina Koordinatları	Enlem:39,642119 Boylam:27,915033
Zemin Sınıfı	ZB

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

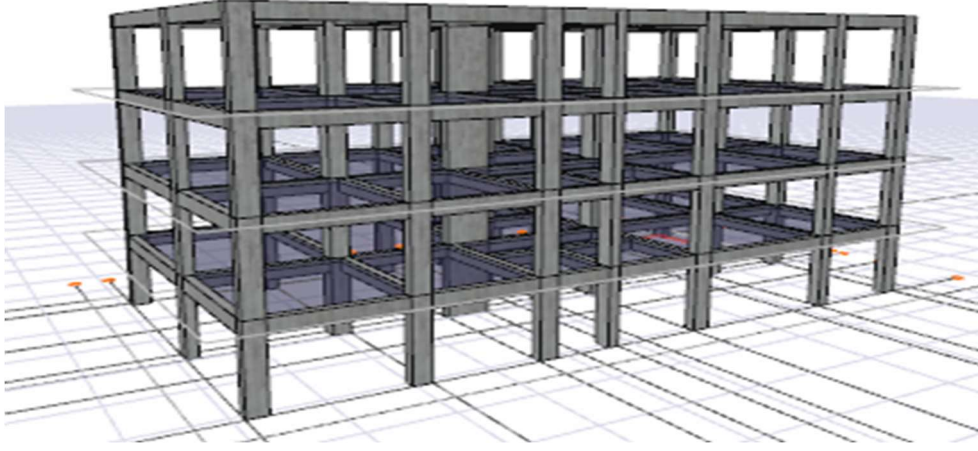
Bina Taşıyıcı Sistem Tipi	Betonarme Çerçeve Sistem	
Bina Kullanım Sınıfı	3	
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	8	
Yapı Önem Katsayısı (D)	1	
Kullanılan Yapı Malzemeleri	C30/ B420C	
Spektrum Karakteristik Boyutları	S _{Ds} :0,786	S _{D1} :0,174
Kiriş Boyutları (cm)	25*50	
Döşeme Kalınlığı (cm)	15	
Kolon Boyutları (cm)	30*50 , 35*35 , 50*50 , 40*40 30*60 , 35*50 , 0 , 100*30	
Döşeme Ölü Yüğü (G)	5,148 kN/m ²	
Döşeme Hareketli Yüğü (Q)	1,961 kN/m ²	
Duvar Kalınlıkları (cm)	1.Kat Dış Cephe 19cm, İçeriler 13 cm.	Diğer
Bina Yükseklik Sınıfı	6	

Tablo 1. Bina için tasarım değişkenleri

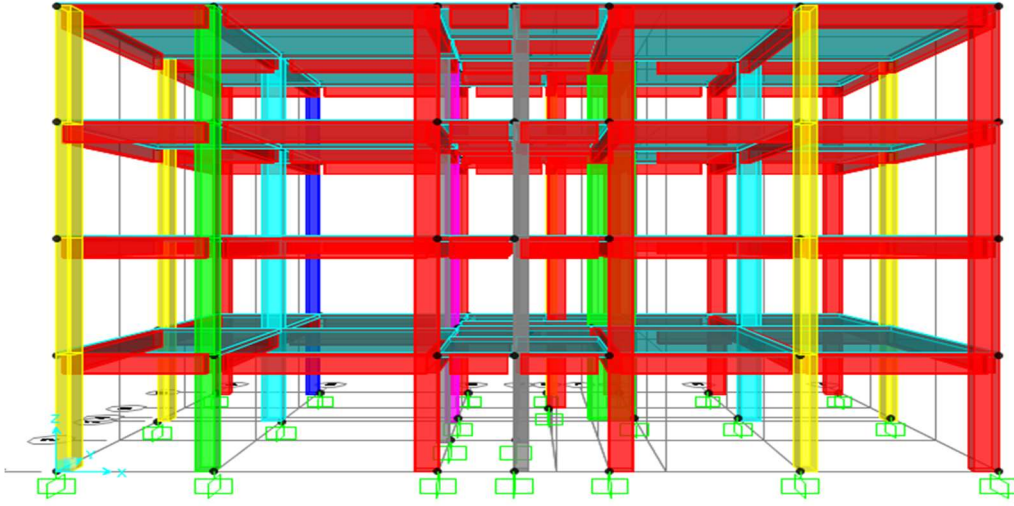


Şekil 1. SAP2000 programından yapının 3D Modellemesi

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

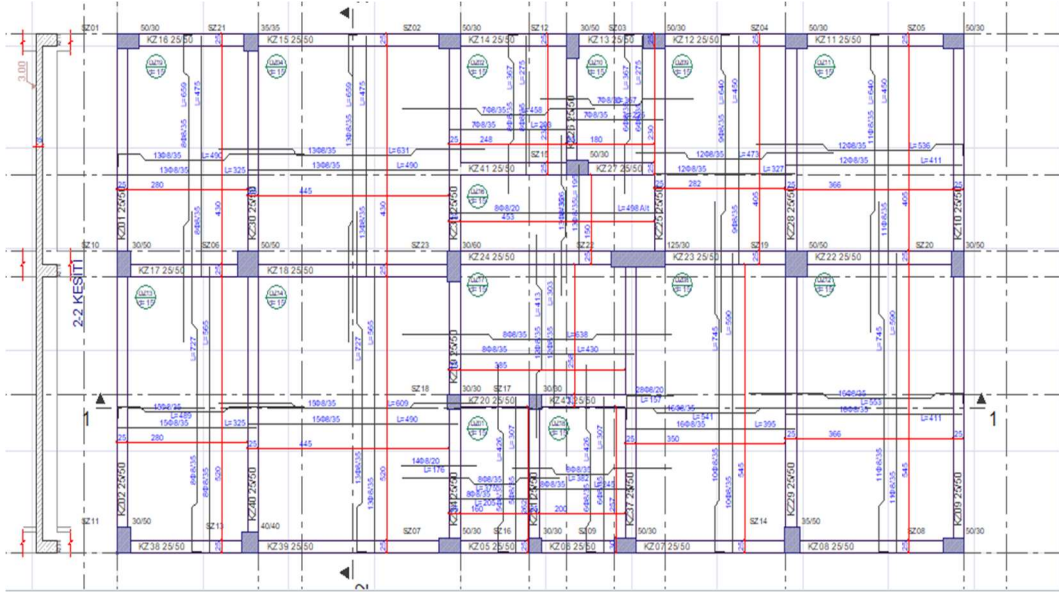


Şekil 2. Yapının İdeCAD programında 3D Modellemesi



Şekil 3. Yapının SAP2000 programında ön cepheden görünüşü

ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS



Şekil 4. İdeCAD programından yapının kat kalıp planı

2.5 Yapılan Analizler ve TBDY 2018 Kontrolleri

2.5.1. Modal Analiz

Doğada bulunan tüm nesnelerin titreşim hareketi yaptığı gibi yapılarda titreşim hareketi yapmaktadır. Doğada bulunan nesnelerin titreşim hareketleri kimi zaman çok yüksek olduğundan insan gözüyle görülüp algılanabilirken, kimi zamanda çok düşük değerlerde olduğundan gözle görülemez veya algılanamamaktadır. Yapıya deprem kuvveti etki etmesi sonucunda titreşim hareketlerinde gözle görülür bir titreşim hareketi görülmektedir.

Deprem kuvvetinin etki etmesi sonucunda oluşan titreşim hareketlerini belirlemek ve bu titreşim hareketi sonrasında yapının kaç saniyede eski haline döndüğünü belirleyebilmek için modal analiz kullanılmaktadır. Periyot; yapının titreşim hareketinin derecesini belli etmektedir. Periyodu yüksek olan yapı daha yüksek miktarda genliğe sahip olmaktadır.

Yapılarımızda üç adet serbestlik derecesi bulunmaktadır. Bu serbestlik dereceleri; x ve y yönünde ötelenme ve düşey ekseninde burulma şeklindedir. Kullanılan paket programda yapının ilk modunun hareket ettiği yöne o modun serbestlik yönü denmektedir. Diğer modların hareket ettiği yönlere de diğer modların serbestlik yönleri ismi verilmektedir.

Modal analiz sonucunda birde yapının kütle katılım oranlarını belirleyebilmekteyiz. Kütle katılım oranı; yapının doğal halinde iken veya deprem hareketi sonucunda titreşim hareketi yaparken X yönünde, Y yönünde, burulma eksen yönünde yapılan titreşim hareketlerine gözönüne alınan mod şekline katılan kütlelerin tüm kütleyle oranıdır. Çok katlı çerçeve türünde taşıyıcı sistemlerin çözümü yapılırken döşemelerin kendi düzlem alanlarında rijit olduğu kabul edilmesi durumunda (rijit diyafram kabulü), kütlelerin bulunduğu noktaların serbestlik derecesini yatay düzlemde iki doğrultuda öteleme ve düşey eksen etrafında dönme olarak kabul edilir. Bu nedenle her bir modun katkısının en büyük değeri depremin spektrumu

kullanılarak teker teker hesaplanması gerekmektedir. Bu işlemler yapıldıktan sonra modların katkıları eş zamanlı gerçekleşmediği için, istatikselsel olarak birleştirme işlemleri yapılarak tasarım kuvvetleri hesaplanmakta ve bu hesaplar sonucunda oluşacak deplasman miktarları belirlenmektedir. Bu yöntemlerde kat başına üç serbestlik derecesi olduğundan ve her bir serbestlik derecesinin mod sayısını ifade ettiğinden toplam kat sayısı ile bir katta oluşacak olan serbestlik derecesini çarparsak yapıda oluşacak toplam titreşim mod sayısını elde etmiş oluruz. Bu işlemlerin ardından her bir mod için hesaplanan kütle katılım oranının da belirlenmesi işlemi her üç serbestlik derecesinin doğrultusunda bina toplam kütlelerinin %95'inden az olmaması gerekmektedir.

2.5.2. Göreli Kat Ötelemesi:

Göreli kat ötelemesi, bir yapıyı oluşturan düşey taşıyıcı elemanlar olan kolonların ve perdelerin bir alt veya bir üst katta oluşturacağı deplasman (yer değiştirme) farklarının kat yüksekliğine oranı olarak tanımlanmaktadır.

TBDY 2018'de göreli kat öteleme koşulu;

$$=(\lambda) * ((\Delta)/h) \leq 0,016 \text{ olması gereklidir.}$$

λ = TBDY 2018'de yapının ilgili koordinatındaki DD-3 deprem spektral ivme değerinin, DD-2 spektral ivmesine bölünmesiyle elde edilen orandır.

Δ = Göreli Kat Öteleme Miktarı

h = İlgili katın yüksekliğidir.

2.5.3. Burulma Düzensizliği (A1):

Burulma düzensizliği, planda oluşan düzensizlik çeşitlerindedir. Deprem anında gelen x ve y hakim yönlerinin her biri için, her katta oluşan en büyük göreli kat ötelemesinin, aynı katta ve aynı doğrultudaki ortalama göreli ortalamaya oranının 1,2'den fazla olması durumunda burulma düzensizliği meydana gelmektedir.

Burulma düzensizliğinin katsayısının (Γ_{bi}) üst sınırı deprem yönetmeliğinde 2,0 olarak belirlenmiştir. Deprem yönetmeliğinde büyük olması durumu için dinamik yöntemlerin kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak bu değerden sonra bazı araştırmacılar tarafından tasarımın değiştirilmesi yönünde öneriler bulunmaktadır [4]. Şimdiye kadar yapılan bazı araştırmalar, burulma düzensizliği katsayısının simetrik görünen yapılarda 1,2 değerini aştığını, fakat üst sınır olan 2 değerinin ise aşılmasının neredeyse imkansız olduğunu göstermektedir[5].

Γ_{bi} : Burulma düzensizliği katsayısı,

Δ_i : Göreli Kat Ötelemesi

$$\eta_{bi}: (\Delta_i)_{\max}/(\Delta_i)_{\text{ort}} > 1,2$$

2.5.4. Zayıf Kat Düzensizliği (B1):

Yapıların zemin katlarında duvar boşluklarının fazla olması veya dükkan, mağaza veya ticarethane vb. mekanlar için duvarların yapılmaması sonucunda deprem anında yapının zemin katı deprem yüklerine karşı direnç gösterememektedir. Bu olay sonucunda giriş kat ile birinci kat arasında B1 Zayıf Kat Düzensizliği oluşabilmektedir. Geçmişten günümüze gelen birçok depremin sonucunda hasar alan yapıların çoğunda genel olarak zayıf kat sonucunda hasar aldığını görebiliriz. TBDY 2018’de betonarme yapılarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun birinde, zemin kattaki toplam etkili kesme alanı değerinin, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanı oranı olarak belirtilen η_{ci} değerinin 0,80’ den yüksek olması istenmektedir. Eğer η_{ci} değerinin 0,80’ den düşük olması sonucunda yapıımızda B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat Düzensizliği) oluşmaktadır.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,8$$

Bu formülde;

η_{ci} : Dayanım Düzensizliği Katsayısı,

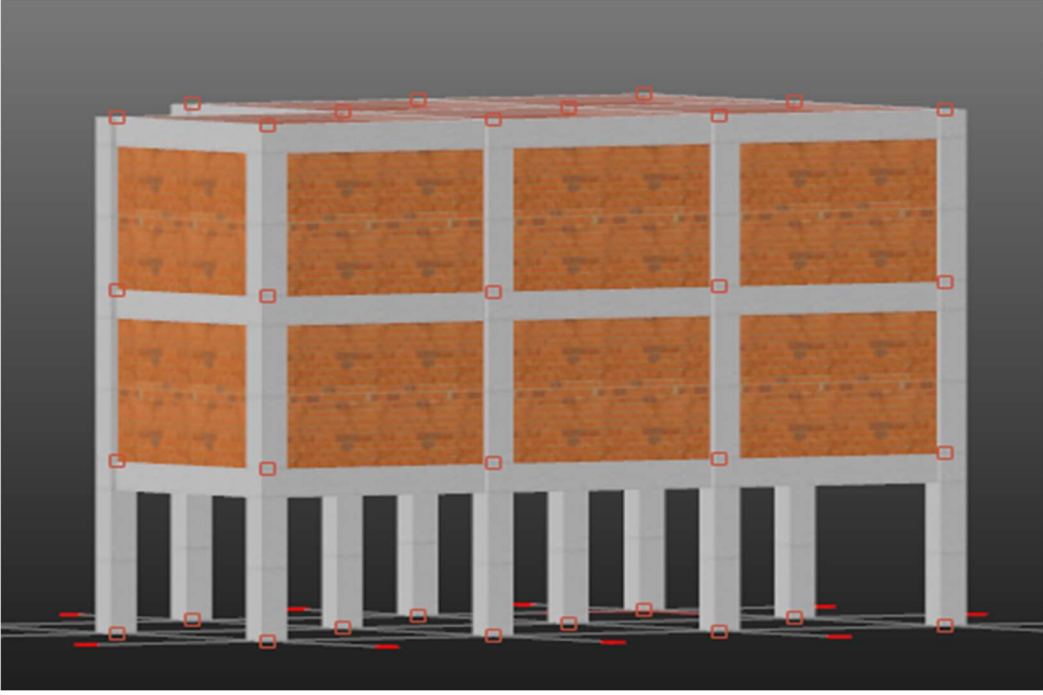
$(\sum A_e)_i$: Herhangi bir katta, hesaplanan deprem doğrultusunda etkili olan kesme alanı,

$(\sum A_e)_{i+1}$: Bir üst katta oluşan etkili kesme alanıdır.

Yapılarda her bir katında oluşan kesme alanlarının hesabı; kolonların kesit alanları, eğer yapının ilgili katında varsa perde elemanlarının en kesit alanlarının ve ilgili kattaki toplam duvar alanlarının %15’inin toplamına eşittir.

Zayıf kat düzensizliği görülen örnek bir yapı Şekil 5’de görülmektedir.

B1 zayıf kat düzensizliğini ortadan kaldırmak için binanın katları arasında dayanım dengesini korumak, kolon ve duvar arasında derz bırakmak, zemin kat kolon kesitlerini arttırmak [6], ilgili kattaki duvarlarda bırakılan kapı ve pencere boşluk alanlarını azaltmak veya duvarların kalınlığını azaltma imkanı varsa azaltma yoluna gidilerek B1 Zayıf Kat Düzensizliği giderilebilir.



Şekil 5. Örnek bir zayıf kat düzensizliği bulunan yapı

2.5.5. Yumuşak Kat Düzensizliği (B2 Düzensizliği):

B2 yumuşak kat düzensizliği, birbirine dik şekilde gelen iki deprem doğrultusunun herhangi birinin, bodrum katını hesaba katmayacak şekilde, herhangi bir katta oluşan ortalama görelî kat ötelemesi oranının hesaplanan katın bir alt veya üst katında oluşacak ortalama görelî kat ötelemesine bölünmesi ile çıkan oranın 2,0'den büyük olması durumunda B2 yumuşak kat düzensizliği oluşmaktadır. Bu düzensizliğe aynı zamanda komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği adı da verilmektedir. Bu düzensizlik deprem hesabı seçiminde önemli bir düzensizliktir.

$$\eta_{ci} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2,0 \text{ veya } \eta_{ci} = (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} / (\Delta_i/h_i)_{ort}$$

η_{ci} = i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı,

Δ_i = Yapının i'inci katındaki azaltılmış ortalama görelî kat ötelemesi

Δ_{i+1} = Yapının i+1'inci katındaki azaltılmış ortalama görelî kat ötelemesi

h_i = Binanın i'inci katının kat yüksekliğidir

Bu hesaplama hem X, hem Y yönü için yapılmalıdır. Hesaplamaların yapılmasından sonra X ve Y yönünde maksimum çıkan değer alınmaktadır. Bu düzensizliği önlemek için birçok yöntem bulunmaktadır. Zemin kat kolonlarını daha rijit yapabilmek için kat kolonlarının kesitlerini arttırmak, ilave kolonlar tasarlamak veya diagonal çelik çubuklar ilave etmek bu yöntemler ile B2 yumuşak kat düzensizliği ortadan kaldırılabılır [7].

2.5.6. İkinci Mertebe Etkileri:

Yatay yüklere karşı rijitliği düşük veya yüksek olan sistemlerde, normal kuvvetlerin de büyük olması durumunda ikinci mertebe etkilerin birinci mertebe etkileri yanında önem kazanmasına sebep olur [8]. Bu parametreleri içeren ve belirli bir katta ikinci mertebe etkilerin birinci mertebe etkilere oranı olarak kabul edilebilecek θ_{II} ikinci mertebe gösterge değeri her kat için hesap edilerek ikinci mertebe etkilerinin seviyesi hakkında karar verilebilir [8].

$$\theta_{II} = (N_i * \Delta_{i,ort}) / (V_i * h_i)$$

θ_{II} = İkinci mertebe etkileri,

$\Delta_{i,ort}$ = İlgili katın görelî kat ötelemesi değeridir,

V_i = İlgili katın ilgili deprem yönünde oluşan kat kesme kuvveti,

h_i = İlgili kat yüksekliği,

Bütün katların ikinci mertebe etkisi;

$\theta_{II} \leq (0,12) * [(D)/(R * C_h)]$ değerinden küçük olmalıdır. Bu ifade de;

R: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

D: Dayanım Fazlalığı Katsayısı,

C_h : Taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan çevrimsel davranışına bağılı olarak tanımlanan bir katsayıdır. Betonarme yapılarda bu katsayı 0,5 iken, çelik kompozit sistemli yapılarda 1 kabul edilmektedir.

3. Tartışma ve Bulgular:

Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevesel sistem olan yapımızın SAP2000 ve İdeCAD paket programlarını kullanarak modal ve statik analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçlarıyla yapı ağırlıkları, ağırlık merkezleri, doğal titreşim periyotları, etkin kütle katılım oranları, deprem kuvvetleri, deprem devrilme momenti kontrolü, yumuşak kat düzensizliği, zayıf kat düzensizliği, burulma düzensizliği ve ikinci mertebe etkilerinin sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

3.1. Kat Ağırlıkları:

Sap2000 ve İdeCAD programları ile yapılan analizler sonucunda elde edilen kat ağırlıkları ve aralarındaki fark Tablo 2’de, kat ağırlık merkezleri ve aralarındaki fark Tablo 3’de verilmiştir. SAP2000’de 10491,9 kN olan yapı ağırlığı, İdeCAD programında 9506,9 kN olmuştur. SAP2000’de elde edilen ağırlık İdeCAD’e göre %9,39 daha fazladır. İdeCAD programında ağırlık değerinin daha az çıkmasının sebebi üst üste gelen kat ağırlıklarını hesaba iki defa katmaması ve kolon-kiriş birleşim bölgelerine otomatik olarak link atması

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

yapmasından dolayıdır. Aynı zamanda İdeCAD programında yapılan analizler sonucunda elde edilen ağırlık gerçekte olan yapının ağırlığı ile arasında fark yoktur.

YAPI AĞIRLIKLARI (kN)		FARK(%)
SAP2000	10 491,6	9,39
İdeCAD	9 506,97	

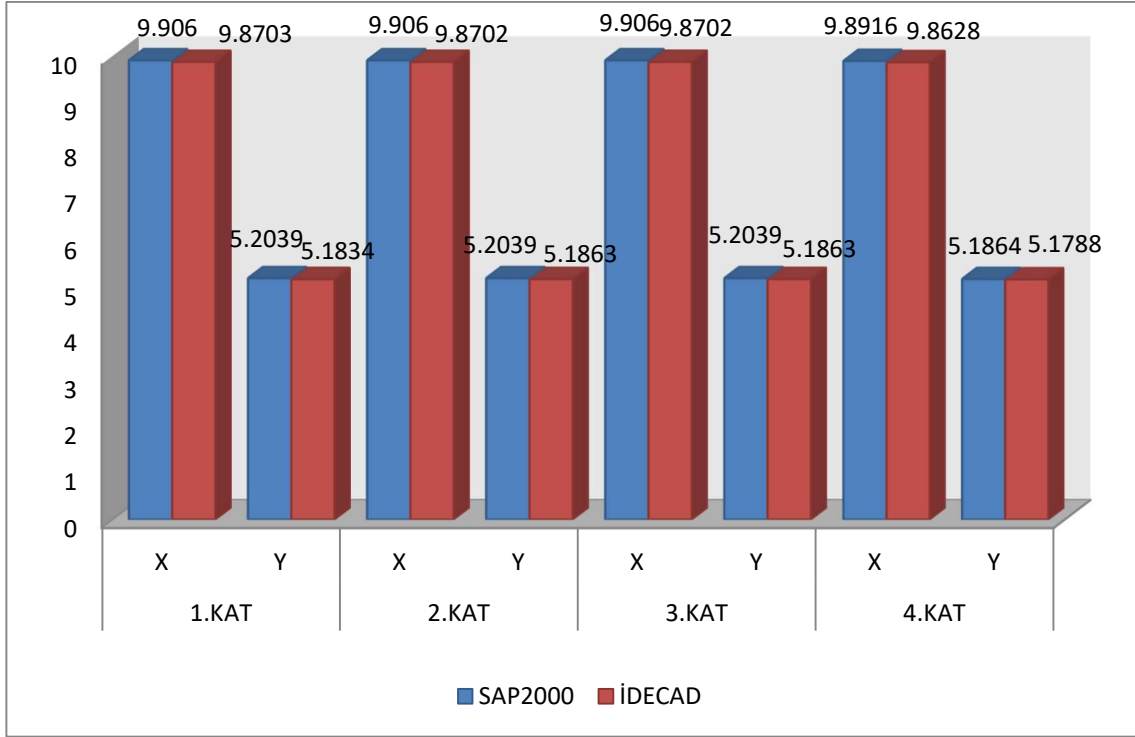
Tablo 2. Kat Ağırlıkları

Katların ağırlık merkezleri arasında çok büyük fark oluşmamaktadır. SAP2000’de yapının 1., 2., 3. katlarının X yönündeki ağırlık merkezi 9,906 m iken İdeCAD programında 9,870 m olmuştur. Y yönünde ağırlık merkezi ise SAP2000’de 5,2039 m iken İdeCAD programında 5,1863 m olmuştur. Diğer katların ağırlık merkezleri ve programlar arasındaki farklarla ilgili veriler Tablo 3’de ve Şekil 6’da verilmiştir.

KAT AĞIRLIK MERKEZLERİ								
KATLAR	1.KAT		2.KAT		3.KAT		4.KAT	
DOĞRULTULAR	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
SAP2000	9,906	5,2039	9,906	5,2039	9,906	5,2039	9,8916	5,1864
İDECAD	9,8703	5,1834	9,8702	5,1863	9,8702	5,1863	9,8628	5,1788
SAP2000'E GÖRE ARALARINDAKİ FARK	- 0,36%	-0,40%	-0,36%	-0,34%	-0,36%	-0,34%	-0,29%	-0,15%

Tablo 3. Kat Ağırlık Merkezleri

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**



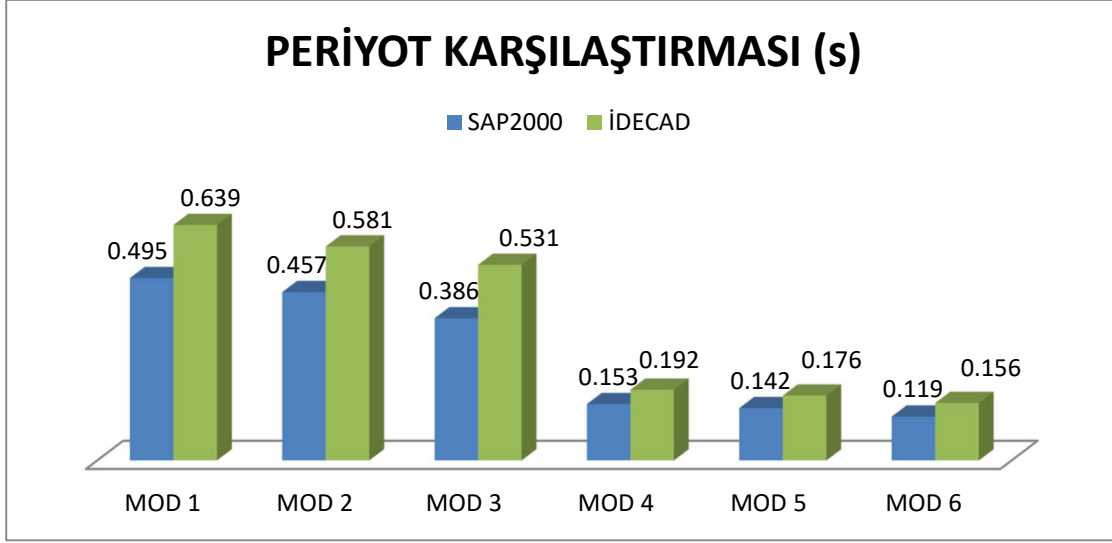
Şekil 6: Kat Ağırlık Merkezlerinin Grafikselsel olarak gösterimi

3.2 Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranı:

Yapının doğal titreşim periyotları incelendiğinde SAP2000’de yapılan modal analiz sonucu oluşan periyot değeri İdeCAD programında çıkan sonuçlara göre daha düşük çıkmıştır. Örneğin; SAP2000 programında X yönündeki periyot değeri 0,457 s iken, İdeCAD programında bu değer 0,581 çıkmıştır. Diğer yönlerde ve modlarda oluşan periyot değerleri ve programlar arasındaki farklar Tablo 4’de ve Şekil 7’de gösterilmiştir.

	PERİYOT DEĞERLERİ		KARŞILAŞTIRMA
	SAP2000	İDECAD	SAP2000 İLE ARADAKİ FARK (%)
MOD1 (Y)	0,495	0,639	22,53521127
MOD 2 (X)	0,457	0,581	21,34251291
MOD3 (Burulma)	0,386	0,531	27,30696798
MOD 4 (Y)	0,153	0,192	20,3125
MOD 5 (X)	0,142	0,176	19,31818182
MOD6 (Burulma)	0,119	0,156	23,71794872

Tablo 4. Modlar ile yönlere göre periyot değerleri ile programlar arasındaki karşılaştırma



Şekil 7. Periyot Değerlerinin Programlara Göre Değişimi

Programlar arasındaki periyot değerleri arasında fark çıkmasının nedenlerinden biri, yapı ağırlıkları arasındaki fark nedeniyle oluşmasıdır. Bunun yanı sıra döşemelerle kirişlerin çalışma şekillerindeki farklılıklardır. İdeCAD programında kirişlerde tablaları dikkate alma konusunda bir seçenek imkanı varken SAP2000 programında böyle bir seçenek bulunmamaktadır. Bu nedenle periyot arasında fark çıkması beklenen bir durumdur.

SAP2000 ve İdeCAD programlarında hesaplanan etkin kütle katılım oranları arasında çok fazla bir farklılık oluşmamıştır. Örneğin; Mod 6'nın, X yönünde oluşturduğu kütle katılım oranı 0,9454 iken, İdeCAD programında bu değer 0,969 olmuştur. Aralarındaki fark ise %2,49 olarak gerçekleşmiştir. Diğer modlara göre ve diğer serbestlik derece yönlerine göre oluşan değerler Tablo 5'te, X serbestlik yönünde oluşan değerler Şekil 8'de, Y serbestlik yönünde oluşan değerler Şekil 9'da, burulma eksen serbestlik yönünde oluşan değerler Şekil 10'da ve programlar arasında oluşan farklar Tablo 6'da verilmiştir.

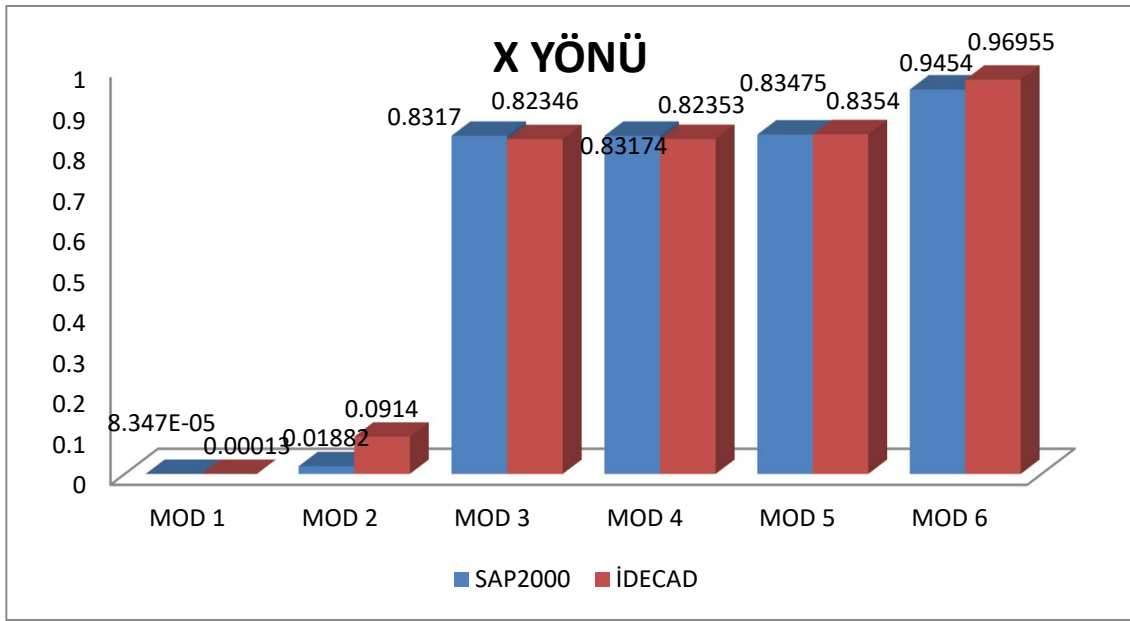
KÜTLE KATILIM ORANLARI						
KATILIM YÖNLERİ	TOP X		TOP Y		TOP RZ	
	SAP2000	İDECAD	SAP2000	İDECAD	SAP2000	İDECAD
MOD 1	0,00008347	0,00013	0,81256	0,81994	0,02708	0,01763
MOD 2	0,01882	0,0914	0,83914	0,83631	0,82202	0,74763
MOD 3	0,8317	0,82346	0,83938	0,83743	0,84012	0,83851
MOD 4	0,83174	0,82353	0,94324	0,97078	0,8449	0,8429
MOD 5	0,83475	0,8354	0,94824	0,97534	0,94522	0,96459
MOD 6	0,9454	0,96955	0,94827	0,97547	0,94826	0,97627

Tablo 5. Etkin Kütle Katılım Oranları

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

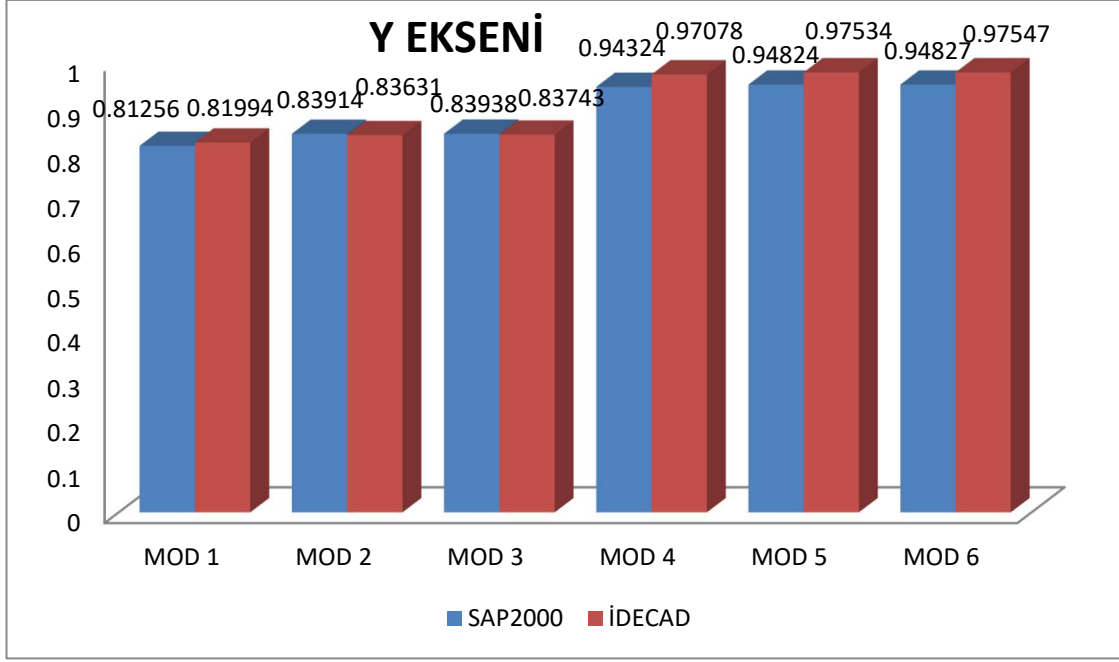
KATILIM YÖNLERİ	FARK (%)		
	TOP X(%)	TOP Y (%)	TOP RZ (%)
MOD 1	35,79230769	0,900065858	-53,6018
MOD 2	79,40919037	-0,338391266	-9,95011
MOD 3	-1,00065577	-0,232855283	-0,19201
MOD 4	-0,996927859	2,836894044	-0,23728
MOD 5	0,077807039	2,77851826	2,008107
MOD 6	2,490846269	2,788399438	2,869083

Tablo 6. Etkin Kütle Katılım Oranlarının Programlar arasında oluşan farkları

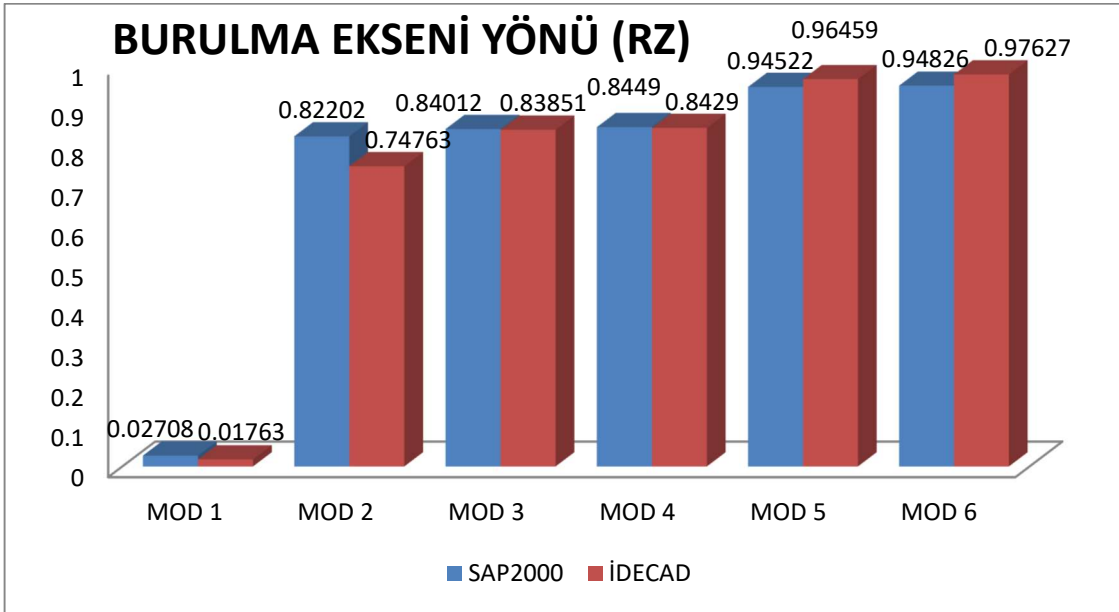


Şekil 8. X yönünde oluşan kütle katılım oranları karşılaştırılması

ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS



Şekil 9. Y Yönünde oluşan kütle katılım oranlarının karşılaştırılması



Şekil 10. Burulma Eksenini yönünde oluşan kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018'e göre kütle katılım oranının %90'ın üzerinde olması gerekmektedir. Bu şartı SAP2000'de ilk altı modda sağlanmıştır. Aynı zamanda İdecAD programı içinde ilk altı modda gerekli şart sağlanmıştır.

3.3. Deprem Kesme Kuvveti ile Deprem Devrilme Momenti Değerlerinin Karşılaştırılması:

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

Yapıya etkiyen deprem kuvveti değerleri, SAP2000 ile İdeCAD arasındaki fark fazla çıkmıştır. Bunun sebebinin en önemli nedenlerinden biri kat ağırlıklarının SAP2000 programında fazla çıkmasından ve periyot değerlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu durumlar katlarda oluşan deprem kesme kuvvetlerini de etkilemiştir. Örneğin; SAP2000 programında katların X yönünde oluşan kesme kuvveti değeri 580,27 kN olurken, İdeCAD programında bu değer 386,87 kN olarak hesaplanmıştır. Aralarında %33,23 değerinde farklılık meydana gelmiştir. Katların X ve Y yönünde meydana gelen kesme kuvveti değerleri ve programlar arasındaki farklılık miktarı Tablo 7’de gösterilmiştir.

DEPREM KESME KUVVETLERİ				
PROGRAM	SAP2000		İdeCAD	
YÖNLER	X	Y	X	Y
KUVVET (kN)	580,274	451,07	386,87	321,18
YÖNLER	X		Y	
SAP2000 İLE ARALARINDAKİ FARK	33,3297718		28,79597402	

Tablo 7. Deprem kesme kuvveti değerleri ve bu değerlerin karşılaştırılması

Deprem devrilme momenti hesabı yapıldığında, programların verdiği sonuçlarda fark meydana gelmiştir. Bu farkın meydana gelmesinin sebepleri ise katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin farklı olması ve yapı ağırlıklarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. SAP2000 ve İdeCAD programları ile hesaplanan deprem devrilme momenti değerleri ile bu programların hesapladığı değerler arasındaki fark Tablo 8’de gösterilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında TBDY 2018’de bulunan deprem devrilme momenti değeri şartını her iki programda sağlamıştır.

DEPREM DEVRİLME MOMENTİ HESABI						
PROGRAM	SAP2000		İDECAD		FARK(%)	
YAPI AĞIRLIĞI	10491,9		9506,97			
YÖNLER	X	Y	X	Y	X	Y
KESME KUVVETLERİ	580,274	451,07	386,87	321,18	26,42268	21,419178
MOMENT ŞARTI	0,055307	0,042992	0,040693	0,033784		

Tablo 8. Deprem Devrilme Momenti Hesabı ve Programlar arasındaki fark

3.4 Burulma Düzensizliği (A1 Düzensizliği):

Yapının burulma düzensizliği kontrolünde katların TBDY 2018 $n_{bi_{max}} < 1,2$ değerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir. Yapılan analizler sonucunda İdeCAD paket programının sonucunda sadece yapının Y eksenini doğrultusunun 4.katında burulma düzensizliği gözlenmiştir. SAP2000 programında ise Y eksenini doğrultusunun her katında burulma düzensizliği gözlenmiştir. Her iki programın sonuçlarına göre X eksenini doğrultusunda $n_{bi_{max}} < 1,2$ şartı sağlanmış ve burulma düzensizliği saptanmamıştır. Analiz sonuçlarını katlara ve programlara göre gösteren değerler Tablo 9’da, bu değerler arasında farkları gösteren değerler Tablo 10’da, X ekseninde oluşan değerlerin grafiksel olarak gösterilmesi Şekil

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

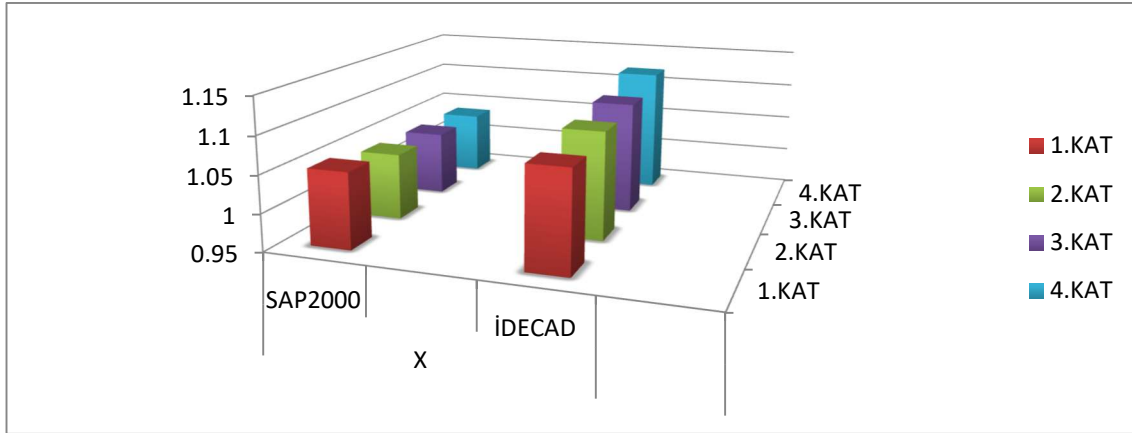
11'de ve Y yönünde oluşan değerlerin grafiksel olarak gösterimi Şekil 12'de gösterilmektedir.

	X		Y	
	SAP2000	İdeCAD	SAP2000	İdeCAD
KATLAR	$(\Gamma_{bi})_{max}$	$(\Gamma_{bi})_{max}$	$(\Gamma_{bi})_{max}$	$(\Gamma_{bi})_{max}$
1.KAT	1,052	1,084	1,383	1,188
2.KAT	1,04	1,095	1,372	1,194
3.KAT	1,037	1,102	1,368	1,197
4.KAT	1,036	1,12	1,619	1,209

Tablo 9. Katlara ve Yönlere göre burulma düzensizliği katsayıları

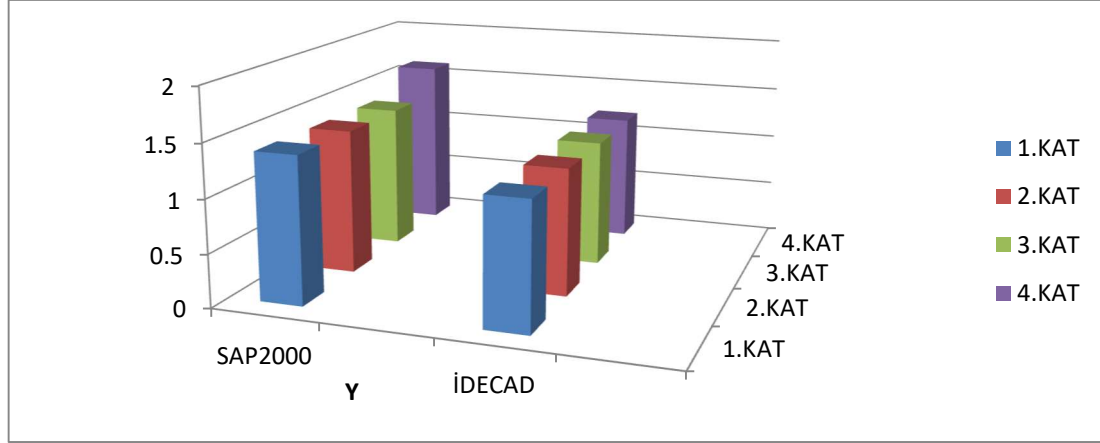
	SAP2000'E GÖRE ARADAKİ FARK	
	X(%)	Y(%)
1.KAT	-3,041825095	14,09978308
2.KAT	-5,288461538	12,97376093
3.KAT	-6,268081003	12,5
4.KAT	-8,108108108	25,32427424

Tablo 10. Yönlere göre programlar arasında meydana gelen farklar



Şekil 11. X Yönünde oluşan burulma düzensizliği değerleri

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**



Şekil 12. Y Yönünde oluşan burulma düzensizliği değerleri

3.5. Zayıf Kat Düzensizliği (B1 Düzensizliği):

Her iki programda da zayıf kat düzensizliği kontrolü yapıldığında çıkan sonuçların TBDY 2018’de bulunan $\eta_{ci} < 0,8$ olmaması şartını sağlamaktadır. Tüm katların sonuçlarına göre $\eta_{ci} > 0,8$ çıkmıştır. Çıkan sonuçların karşılaştırılmasında ise yapının 1.katının SAP2000 ile İdeCAD programlarında çıkan sonuçları arasında küçük farklılıklar gözlenmiştir. Bunun sebebi etkili kesme alanlarının hesaplarında çıkan sonuçlarındaki farklılardan dolayı sonuçlarda ufak farklar bulunmaktadır. Katlarda çıkan sonuçlara ait η_{ci} değerleri hakkında bilgiler ve programlar arasındaki farklarla ilgili karşılaştırmalar Tablo 11’de verilmiştir.

	B1 DÜZENSİZLİĞİ					
	SAP2000		İDECAD		SAP2000 İLE ARADAKİ FARK	
	X	Y	X	Y	X (%)	Y (%)
1. KAT	1,03	1,04	1,05	1,03	-1,941747573	0,961538462
2.KAT	1	1	1	1	0	0
3.KAT	1	1	1	1	0	0
4.KAT	1	1	1	1	0	0

Tablo 11. Programlarda Katlarda oluşan η_{ci} değerleri ve bu değerlerin karşılaştırılması

3.6. Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü (B2 Düzensizliği):

Her iki programda yapılan analizler sonucunda tüm katlarda TBDY 2018 $\eta_{kimax} < 2$ şartını sağlamış ve yumuşak kat düzensizliği gözlemlenmemiştir. Programlara göre analiz sonuçlarına bakıldığında Y yönünde 4.katta %40 civarlarında bir fark gözlemlenmiş, diğer yönler ve katların sonuçlarında ise çok büyük farklar oluşmamıştır. Yumuşak kat düzensizliğine ait sonuçlar Tablo 12’de ve Bu sonuçların programlar arasındaki farkları gösteren değerler ise Tablo 13’te gösterilmiştir.

**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

B2 DÜZENSİZLİĞİ								
PROGRAM	SAP2000				İdeCAD			
YÖNLER	X		Y		X		Y	
	$(\eta_{ci})_{alt\ max}$	$(\eta_{ci})_{üst\ max}$	$(\eta_{ci})_{alt\ max}$	$(\eta_{ci})_{üst\ max}$	$(\eta_{ci})_{alt\ max}$	$(\eta_{ci})_{üst\ max}$	$(\eta_{ci})_{alt\ max}$	$(\eta_{ci})_{üst\ max}$
1.KAT	-	0,701	-	0,735	-	0,67	-	0,72
2.KAT	1,426	1,171	1,366	1,227	1,5	1,17	1,39	1,21
3.KAT	0,853	1,503	0,816	1,61	0,86	1,5	0,83	1,6
4.KAT	0,665	-	1,12	-	0,67	-	0,62	-

Tablo 11. Yumuşak kat düzensizliği verileri

B2 DÜZENSİZLİĞİ SAP2000'E GÖRE FARK				
	X(%)		Y(%)	
	$(\eta_{ci})_{alt\ max}$	$(\eta_{ci})_{üst\ max}$	$(\eta_{ci})_{alt\ max}$	$(\eta_{ci})_{üst\ max}$
1.KAT	-	4,422253923	-	2,040816327
2.KAT	-5,189340813	0,085397096	-9,80966325	1,385493073
3.KAT	-0,82063306	0,199600798	-5,392156863	0,621118012
4.KAT	-0,751879699	-	40,17857143	-

Tablo 12. Programlar arasında yumuşak kat düzensizliği verileri arasındaki fark yüzdeleri

3.7. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü:

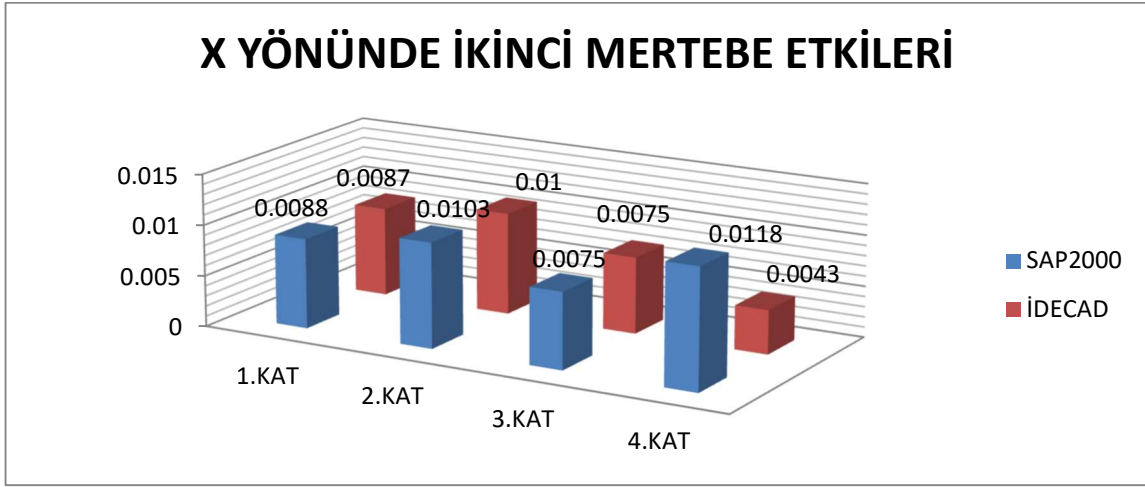
SAP2000 ve İdeCAD programlarında yapılan analizler sonucunda ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmıştır. Bu kontroller sonucunda yapının X ve Y yönlerinde $\theta_{i1sınırlı}$ değeri 0,09 olarak bulunmuştur. Katlarda oluşan θ_{i1max} değerlerinin sonucunda TBDY 2018 şartı olan $\theta_{i1max} < \theta_{i1sınırlı}$ şartı sağlanmıştır. Programlar arasında sonuçların karşılaştırılması yapıldığında X yönünde ilk üç katta oluşan farklar çok yüksek çıkmamıştır. X yönünün son katında %63 civarında bir fark çıkmıştır. Diğer katlarda oluşan ikinci mertebe etkileri ile ilgili sonuçlar ile SAP2000 programı ile İdeCAD programı sonuçları arasında çıkan farklar ile ilgili bilgiler Tablo 14'te gösterilmiştir. İkinci mertebe etkilerinin X yönünde çıkan sonuçların grafiksel olarak gösterimi Şekil 13'te ve Y yönünde çıkan sonuçların grafiksel olarak gösterimi Şekil 14'te gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışmada ikinci mertebe etkilerinin değerleri SAP2000 programında daha yüksek çıkmıştır. Bu farkın çıkmasının sebepleri ise kat ağırlığı, kolon-kiriş bölgelerinin birleşim bölgelerinin de program arası bağlantı kabullerinin farklı olmasından, yapının periyot değerleri vb. nedenlerden dolayı daha yüksek çıkmıştır.

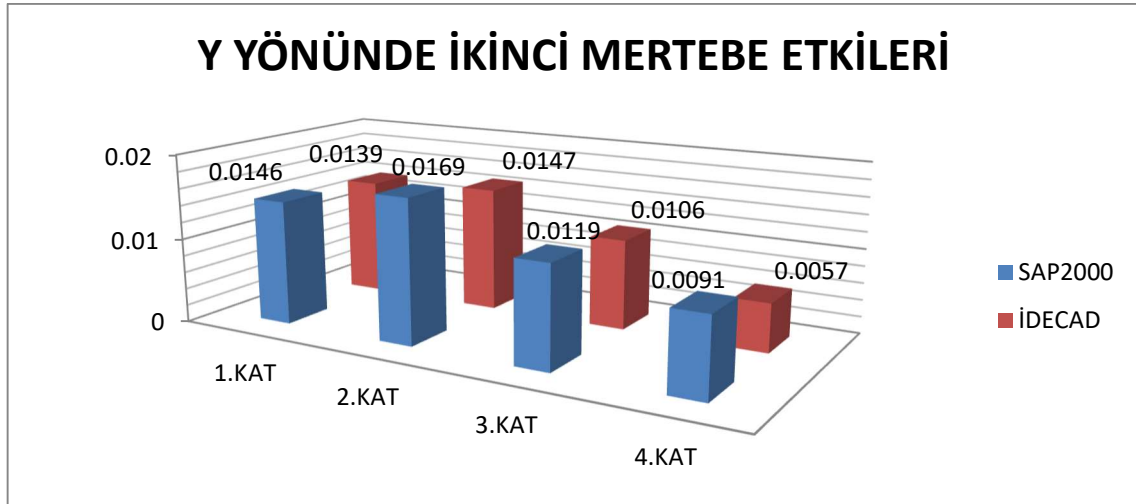
**ANALYSIS AND COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PACKAGE PROGRAMS**

İKİNCİ MERTEBE ETKİLERİ KONTROLÜ						
PROGRAM	SAP2000		İdeCAD		FARK (%)	
YÖNLER	X	Y	X	Y	X (%)	Y(%)
1.KAT	0,0088	0,0146	0,0087	0,0139	1,136363636	4,794520548
2.KAT	0,0103	0,0169	0,01	0,0147	2,912621359	13,01775148
3.KAT	0,0075	0,0119	0,0075	0,0106	0	10,92436975
4.KAT	0,0118	0,0091	0,0043	0,0057	63,55932203	37,36263736

Tablo 13. İkinci Mertebe etkilerinin kontrolü ve programlar arası fark değerleri



Şekil 13. X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri



Şekil 14. Y Yönünde oluşan ikinci mertebe etkileri değerleri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, birinci dereceden deprem bölgesinde inşa edilecek taşıyıcı sistemi betonarme çerçeveli sistem olan 4 katlı binanın SAP2000 ile İdeCAD paket programlarında modelleme

işlemi yapılmıştır. Bu modelleme işlemi yapıldıktan sonra TBDY 2018’de bulunan kriterlere göre analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu analiz işlemlerinin ardından çıkan sonuçlara göre paket programlar arasında yapı ağırlıkları, periyot değerleri, kütle katılım oranları, deprem devrilme moment hesapları, yumuşak kat düzensizliği, burulma düzensizliği, zayıf kat düzensizliği ve ikinci mertbe etkilerinin kontrolleri sonuçlarının karşılaştırılması işlemi yapılmıştır.

Bina ağırlıkları bakımından SAP2000 programında çıkan sonuçlar İdeCAD programına göre daha fazla çıkmıştır. Daha fazla çıkmasının sebebi SAP2000 programında kütle hesabı yapılırken kiriş-kolon birleşim bölgelerinde hesapları alt ve üst katın uç noktalarını iki defa hesaba katması nedeniyle yapının ağırlığı daha fazla çıkmaktadır. Eğer SAP2000 programında da yapı ağırlığını İdeCAD programındaki gibi aynı elde etmek isteniyorsa birleşim bölgelerinde elle hesap yöntemine başvurulması istenen ağırlık kadar programın veri girişinde bu verinin tanımlanması gerekmektedir. İdeCAD programında elde edilen ağırlığın SAP2000 programından daha düşük olmasının sebebi ise İdeCAD programında kolon-kiriş birleşim bölgelerine otomatik olarak link atması ve bu link atama işleminin ardından ağırlık hesabı yapılırken link bulunan kısımları tek bir hesaba katmasından kaynaklanmaktadır.

SAP2000 ve İdeCAD programlarında modal analiz sonucunda yapı periyotlarını ve etkin kütle katılım oranlarının hesaplaması işlemi yapılmaktadır. Bu hesaplamalar sonucunda SAP2000 programının periyot değerleri daha düşük çıkmıştır. Programlar arasında çıkan bu sonuç farklarını etkileyen faktörler programların rijitlik hesaplamaları yaparken farklı kabullere yapmasından kaynaklanmaktadır.

Modal analiz sonucunda çalışmada yapılan bir karşılaştırma türü ise etkin kütle katılım oranlarıdır. Bu karşılaştırma sonuçlarına göre programlar arasında etkin kütle katılım oranları sonuçları arasında çok yüksek bir fark çıkmamıştır. TBDY 2018’e göre etkin kütle katılım oranının %95’ten az olmaması şartı serbestlik derecesi olan X, Y ve burulma eksen yönlerinde ilk 6 modda sağlanmıştır.

Yapılarda oluşması muhtemel olan düzensizlik kontrollerinin yapılması için SAP2000 ve İdeCAD programlarında yapıya etki ettirilecek deprem kuvvetlerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda SAP2000 programında yapıya etki ettirilecek deprem kuvvetleri değerleri İdeCAD programına göre yüksek çıkmıştır. Yüksek çıkmasının sebebi ise SAP2000 programında hesaplanan toplam yapı ağırlığının daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Deprem kuvvetlerinin hesaplanması işlemi gerçekleştirildikten sonra deprem devrilme momenti hesaplanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplama işleminin ardından programlar arasında çıkan sonuçlar arasında farkın biraz fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın sebebi ise programlarda hesaplanan yapı ağırlığı değerleri ile katlarda oluşacak deprem kesme kuvvetleri değerlerinin farklılık göstermesinden kaynaklanmakta ve bu farklılıklarla orantılı bir şekilde farklılık gözlenmiştir. Aynı zamanda bu hesabın sonuçlarına göre TBDY 2018’de bulunan deprem devrilme momenti ile ilgili şart her iki programda da sağlanmıştır.

Yapıda oluşması muhtemel olan burulma düzensizliği ile ilgili inceleme yaptığımızda SAP2000 ve İdeCAD programları arasında çıkan sonuçlarda fark biraz fazla çıkmıştı. Bu farkın çıkmasının sebebi yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin SAP2000 programında İdeCAD programındaki deprem kuvvetine göre fazla olmasından dolayı SAP2000 çıkan burulma düzensizliği katsayıları daha fazla çıkmıştır. İdeCAD programında burulma düzensizliği yapının sadece son katta oluşmuştur. SAP2000 programında ise yapının her katında burulma düzensizliğine rastlanılmıştır.

Bir diğer düzensizlik ihtimali olan zayıf kat düzensizliği ile yapılan analizler sonucunda SAP2000 ve İdeCAD programlarında elde edilen sonuçlar birbirine yakın çıkmış ve her iki programda çıkan sonuçlar TBDY 2018’de zayıf kat düzensizliği ile şartı sağlamaktadır. Bu nedenle her iki programla yapılan analiz sonuçlarına göre yapımızda zayıf kat düzensizliğine rastlanmamıştır.

Diğer düzensizlik analizi olan yumuşak kat düzensizliği kontrolünde SAP2000 ile İdeCAD programlarında yapılan işlemler sonucunda sadece son katta Y doğrultusunda programların elde ettikleri sonuçlar fazla çıkmış ve programlar arası fark fazladır. Diğer katlar ile X ve Y doğrultularında elde edilen sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Her iki programda yapılan kontroller sonucunda yapıda yumuşak kat düzensizliğine rastlanmamıştır.

Son kontrol olan ikinci merteye etkilerinin kontrolü işleminde her iki paket programda yapılan analizler sonucunda sadece son katta programlar arasında çıkan sonuçlar arasına fark fazla çıkmıştır. Bu durumun sebebi ise programlara etki ettirilen deprem kuvvetleri farklı olduğundan dolayı ikinci merteye etkileri sonuçlarında birbirine benzememektedir. SAP2000 ve İdeCAD programında yapılan analizler sonucunda çıkan sonuçlar TBDY 2018’de bulunan şartı sağlamaktadır.

Yapılan analizlerin sonuçları genel olarak ele alındığında, SAP2000 ve İdeCAD programlarını kullanan kullanıcılar programların kullandığı yöntemler ile kabul içeriklerine ilişkin farklılıkların olduğunu bilmeli ve çalışmalarını bu şekilde yapması gerekmektedir. Bu farklılıkların bilinmesi ve gerekli şartların uygulanması şartıyla analiz işlemlerinin yapılması sonucunda yapılan analizler sonucunda programlar arasında çıkan sonuçlar birbirine yakın çıkacaktır.

Referanslar

- [1]URL, (2021). <https://cadsay.com/sap2000-ne-ise-yarar> (13 Haziran 2021)
- [2]Celep Z, 2019, “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., ISBN: 978-975-95405-5-5, 291
- [3]Doğangün A, 2019, “Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı”, Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti., ISBN: 978-975-511-310-X, 164
- [4]Tezcan SS,” Depreme Dayanıklı Tasarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri”, TDV/KT 98-024, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, Eylül 1998, 121 sayfa.
- [5]Özmen G, “Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliği Etkisi”, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı:410,2000, sayfa:37-41
- [6]İnan T., Korkmaz K., (2012). Düşey doğrultuda yapı düzensizliklerinin incelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 4
- [7]İnan T., Korkmaz K., (2012). Düşey doğrultuda yapı düzensizliklerinin incelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 5
- [8]Celep Z, 2019, “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., ISBN: 978-975-95405-5-5, 332-333