

Araştırma Makalesi - Research Article

Betonarme Bir Yapının İnşaat Mühendisliğinde Kullanılan Paket Programlar ile Analizi ve Karşılaştırılması

Analysis and Comparison of a Reinforced Concrete Building with Package Programs Used in Civil Engineering

Eşref Gençay^{1*}

Geliş / Received: 19/09/2023

Revize / Revised: 17/04/2024

Kabul / Accepted: 17/04/2024

ÖZ

Bu çalışma kapsamında inşaat sektöründe yapı tasarımı ve analizinde sıkça kullanılan STA4-CAD, SAP2000 ve İdeCAD paket programlarıyla 5 katlı bir betonarme yapı analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda kat ağırlıkları, deprem kütleleri, yumuşak kat düzensizlikleri, titreşim periyotları gibi verilerin değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken TBDY 2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) esas alınmış ve paket programlarda tasarım yapılırken aynı boyutlarda ve bölgede olduğu varsayılmıştır. Analiz çalışmasına ait sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler- SAP2000, STA4-CAD, İdeCAD, Dinamik Analiz

ABSTRACT

Within the scope of this study, a 5-storey reinforced concrete structure was analysed with STA4-CAD, SAP2000 and İdeCAD package programs, which are frequently used in building design and analysis in the construction industry. As a result of the analysis, the values of data such as storey weights, earthquake masses, soft storey irregularities, vibration periods were compared. While making this comparison, TBDY 2018 (Turkey Building Earthquake Regulation) was taken as a basis, and it was assumed that they were in the same dimensions and region while designing in package programs. The results of the analysis study were examined.

Keywords- SAP2000, STA4-CAD, İdeCAD, Dynamic Analysis

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: gencavesref@gmail.com(<https://orcid.org/0000-0003-2596-1134>)

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

I. GİRİŞ

Barınma ihtiyacı ilk çağlardan bu yana insanların temel yaşam gereksinimleri arasında yer almakta, Bu temel gereksinim ilk çağlarda ağaç kovukları ve mağaralar iken zamanla teknoloji ve bilimin artması ile daha kaliteli, dayanıklı ve güvenli olan yapılara dönüşmeye başlanmıştır. Yapı tasarımları yapılırken çevresel ve dinamik faktörler göz önünde bulundurularak yapıların uzun ömürlü ve güvenilir olması için Dünyada ve ülkemizde belli yönetmelikler ve standartlar yayınlanmıştır.

Ülkemizde depremler genellikle fay kuşakları boyunca meydana gelmektedir. Oluşan bu depremlerden yola çıkıldığında ülkemiz aktif fay kuşağında bulunduğu ve çok sayıda tektonik kökenli deprem olduğunu ve oluşacağını göstermektedir.

Ülkemizin fay haritasını göz önüne aldığımızda ülkenin yaklaşık %90'nı aktif deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Bu bölgelerdeki nüfus ve yapılar göz önüne alındığında ülke nüfusunun yaklaşık %98'ü sanayi tesislerinin %98'si ve barajların yaklaşık %95'nı aktif deprem bölgelerinde bulunmaktadır. [10] Son dönemlerde ülkemizde oluşan ve acılarının daha yeni sarmaya başladığımız 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin acı tecrübeleri bize mevcut yapıların yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ve yeni yapılacak yapı stoklarının projelendirilmesinin ne kadar değerli ve titizlikle yapılması konusunda büyük bir uyarı niteliğinde olduğu görülmüştür.

Türkiye'de son yüz yılda 6 ve üzeri büyüklüğe sahip çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Meydana gelen bu depremlerde can kaybı ve ülke ekonomisine ağır faturalar yüklemiştir. Türkiye'de meydana gelen bu ağır tabloların gelecekte tekrar yaşanmaması dayanıklı ve kaliteli yapı stoku oluşturmak için belli yönetmelikler yayınlamıştır. İlk 1939 Erzincan depreminden sonra yayınlanan Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesinden (1940) yönetmeliğinin ardından 1953, 1962, 1968, 1975, 1998, 2007 ve son olarak yayınlanan ve halen yürürlükte olan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğidir (TBDY)

İ.S. Gelibolu 2007 DBYBHY ve 2018 TBDY tasarımı yapılacak yapılar için yönetmeliğin 4.5.1.1. maddesinde bina taşıyıcı sistemleri daima üç boyutlu olarak modellenenektir ibaresinden dolayı yapı tasarımı yapılırken; tasarımın hızlı, ekonomik ve güvenli olarak gerçekleşmesi için son yıllarda paket yazılım programları önem kazanmıştır. Fakat kamu kurumları ve belediyelerde incelenmesi titizlikle yapıldığı halde piyasada kullanılan paket programların yapı analiz sonuçlarında hangi programın daha güvenli olduğu genellikle tartışma konusu olmuştur. [1] Bu bölümde bu tartışmaları ortadan kaldırmak için yapılan araştırma ve tartışmalara değinilmiştir.

İ.S. Gelibolu yapmış olduğu çalışmada 2007 yılı Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliği analiz hesapları bakımından irdelenmesini yapmış. İlk olarak Sta4-Cad paket programında tasarlanan yapılardan elde edilen kat yükleri referans alınarak SAP2000 programında aynı veriler uygulanıp Mod birleştirme yöntemine göre karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmayla aynı veriler altında binalara etki eden deprem kuvvetleri ile yönetmelik çerçevesinde istenilen düzensizlik ve deprem kontrolleri yapılmıştır. Bu karşılaştırmada sonuçların birbirine yakın çıktığını dile getirmiştir. [1]

Deprem yönetmeliğinde yer alan yapı düzensizliklerine sahip bir binanın, deprem yükü karşısındaki tepkilerini Probinga, İdeCAD, STA4CAD ve BABALİOĞLU programlarıyla çözdükten sonra dünyaca kabul gören SAP2000 programı referans alınıp karşılaştırılmış aradaki farklılıklar, benzerlikler ve yanlışlıklar ortaya koymuştur yapılan bu çalışmaya göre yapısal düzensizlikleri içinde barındıran ya da sınırda olan yapıların piyasada sıklıkla kullanılan paket programlar tarafından birbirinden farklı sonuçlar verdiğini göstermiştir.[2]

Sta4-Cad ve SAP2000 programlarının DBYBHY-2007 ışığında çözdüğümüz örneklerdeki betonarme yapılara verdiği düşey ve yatay deprem yüklerine göre deprem hesabı karşılaştırılması yapılmış yaptığı çalışmada zemin koşulları, mimari alanı, deprem parametreleri ve yük değerleri aynı olan farklı taşıyıcı sistem kriterlerine sahip betonarme sistemleri analizleri yapılmış ve veriler karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada söz konusu iki paket programın analiz verilerinin birbirine yakın olduğu dile getirilmiştir.[3]

TBDY 2018'de yapılan güncellemeler ışığında ülkemizde proje bürolarında sıklıkla kullanılan STA4CAD ve SAP2000 yapı analiz programları ile modellenen 5 ve 10 katlı betonarme binaların Eşdeğer Deprem Yüğü, Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz yöntemleri ile analizleri yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kullanılan tasarımlar doğrultusunda Mod Birleştirme yönteminin daha uygun olduğu ve SAP2000 programının kullanımının zahmetli ama analiz yorumlamasında daha kaliteli olduğu dile getirilmiştir.[4]

STA4CAD, SAP2000 ve İdeCAD paket programları ile on beş katlı, iki farklı tip betonarme yapı modeli analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilmiş olan kat ağırlıkları, doğal titreşim periyotları, etkin kütle katılım oranları, deprem kuvvetleri, yumuşak kat düzensizlikleri ve ikinci mertebe etkileri bakımından elde edilen verilerin karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırmalar o dönemde yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) esas alınmıştır. Yapılan çalışmada on beş katlı betonarme çerçeveli bir yapı ile perdeli-çerçeveli bir yapı tasarlanarak paket programlarda analiz edilip örnekler incelenmiştir.

SAP2000 programında elde edilen veriler referans alınıp İdeCAD ile STA4CAD paket programlarına göre sonuçlar irdelenmiştir.[5]

Benzer çalışmalar belirtilen paket programlar haricinde kalan programlarda da yapılmış STA4-CAD ve ETABS arasında farklı perde tilerine göre analiz değerleri yapılmış taşıyıcı sistemi sistematik olan yapılarda analiz sonuçları yakın çıkarken taşıyıcı sistemi sistematik düzensiz olan yapılarda farklılıklar bulunmaktadır. Taşıyıcı yapısı düzensiz ve yüksek katlı betonarme yapılarda ETABS programının daha az metraj ve daha ekonomik olduğu dile getirilmiştir.[6]

Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde tasarımı yapılan yapı kesit boyutları düzensizlikler gibi etkenlere göre programlar kendi aralarında farklı çalışabildiği dile getirilmiş olsa da bazı çalışmalara göre herhangi bir farklılığın olmadığına değinilmiştir. Yapılan çalışmalar göz önüne alınarak STA4CAD, İdeCAD ve SAP2000 programları ile ve TBDY 2018'e göre 5 katlı bir yapı tasarlanıp eşdeğer deprem kuvveti ve mod birleştirme yöntemleri kullanılarak analiz yapıldığında kat kütleleri, kat kütle ve rijitlik merkezleri, yapı periyotları deprem kuvvetleri, burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği bakımından karşılaştırılması yapılacaktır. Yapılan çalışmalarda genellikle veriler düzeltilip benzer verilerle programlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışma yapılan araştırmalardan farkı dışarıdan farklı veri girişi ve veri düzeltilmesi olmadan her programda analiz yapıldıktan sonra karşılaştırma yapılmayacaktır.

II. MATERYAL METOT

Paket programlar hakkında kısa bilgi, tasarımı yapılacak yapı modeli kullanılacak metot ve yapı bilgisi aşağıda belirtilmiştir.

A. İdeCAD Paket Programı

İdeCAD Statik, yapı sistemlerinin modellenmesi, sonlu elemanlar analizlerini TBDY2018'e tam uyumlu tasarımı, performans değerlendirmesi ve güçlendirilmesi için geliştirilmiş paket programdır. Betonarme çelik ve kompozit yapı elemanlarını tek bir model üzerinde birlikte kullanarak, tasarım sürecini kolaylaştırır. İdeCAD Statik ile katları olan veya olmayan, katlarda rijit diyaframı, kısmen rijit diyaframı veya tamamen rijit diyaframsız yapıların hesabı yapılabilir. Betonarme, çelik veya karma çok katlı yapılar, endüstriyel yapılar ve bina türü olmayan gelişigüzel yapılar, deprem yönetmeliğine belirtilen koşullara uyarak modellenebilir. Çubuklar ile birlikte, aynı sistem içine entegre edilmiş kabuk elemanlar kullanılabilir. Döşemelerin, perdelerin, çubukların, temellerin hepsi bir arada analiz edilebilen ve 3 boyutlu görünümü tasarım ile eş zamanlı yapan bir paket programdır.[7]

B. STA4CAD (V14) Paket Programı

STA4CAD programı; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgâr ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır. Program; tasarımı yapılan yapının yürüklükte bulunan standart ve yönetmelikleri esas alarak analiz yapabilmektedir. Program, statik analiz yaparken rijit kat diyaframını dikkate alarak, her düğüm noktasında 6 serbestlikle 3 boyutlu stiffness metodu ile kullanarak çözmektedir. Plan aplikasyon olarak tasarım yapıldığı andan itibaren yapılan yapı bilgileri, aynı zamanlı olarak planda ve 3 boyutlu görüntüde işlenmektedir. Veri girişinde, akıllı menülerle; kesit, boyut ve yük gibi verileri standartlar ve yönetmeliklere göre bilgiler kolaylıkla düzenlenebilmektedir. Program otomatik olarak yapısal 3D modelleme yapmakta, analiz yaparken tüm opsiyonlara göre tek seferde çözmektedir. Analiz sonrası tüm çizimler hazır duruma gelmektedir ve eleman optimizasyonu, yapı maliyet analizleri ve deprem yönetmeliğinin tüm kontrolleri yapılabilmektedir. Betonarme kesit ve performans hesapları; TS500, TBDY2018, ACI318 ve UBC97'ye uygun olarak yapılabilmektedir. [8]

C. SAP2000 Paket Programı

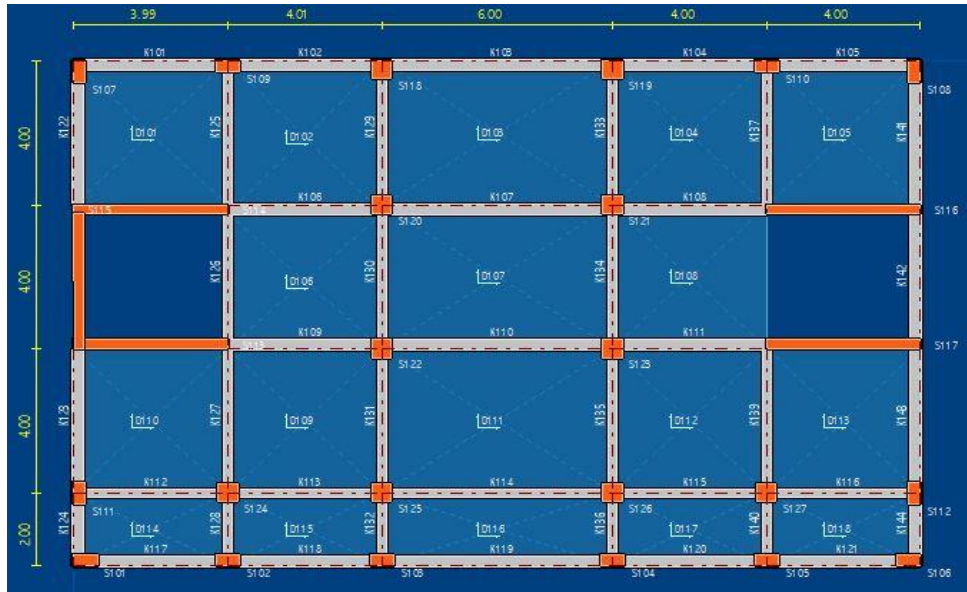
SAP2000 programı; Dünya geneli çok kullanılan doğrusal ya da doğrusal olmayan her türlü yapısal sistemin tasarım ve analizi için uygun olan paket programdır. 2D'den 3D'ye, basit şekillerden karmaşık geometrilere kadar karmaşık yapısal tarımların tasarım pratik ve sezgisel nesne tabanlı modellenme ortamı kullanılarak modellenmesi basitleştirerek basit statik, doğrusal elastikten daha karmaşık dinamik, doğrusal olmayan elastik olmayana kadar her türlü analiz türü için pratik ve üretken bir paket programdır. [9]

D. Yapı Bilgisi

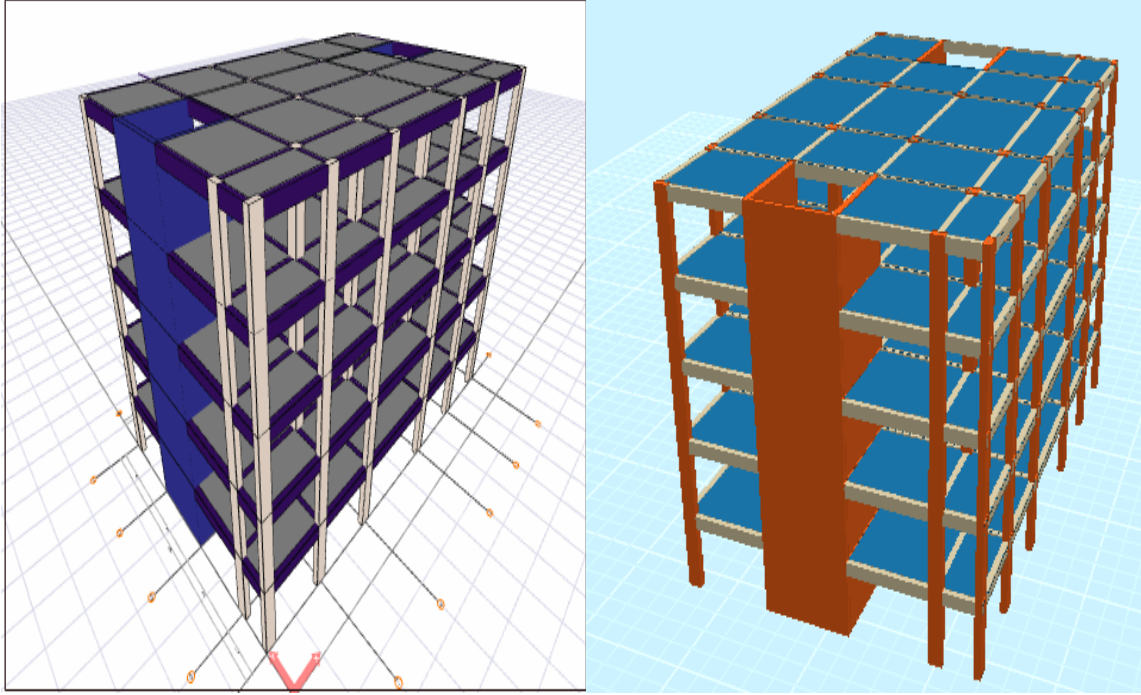
Yapı taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve perdelerden oluşan perde çerçeveli 5 katlı olarak tasarlanmış yapıya ait malzeme ve tasarım bilgileri Tablo-1 de gösterilmiştir. Yapıya ait normal kat planı ve 3 boyutlu görünüm Şekil-1 ve Şekil-2 verilmiştir.

Tablo 1. Yapı Bilgisi

Bina Kat Adedi	5
Bina Kullanım Amacı	Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	Betonarme Karma Sistem
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	7
Yapıya ait Enlem	37.910621°
Yapıya ait Boylam	41.133772°
Yerel Zemin Sınıfı	ZD
Yapı Önem Katsayısı	1
Deprem Eksantrisitesi	±%5
Beton ve Çelik Sınıfı	C30/S420
Beton ve Çelik Güvenlik Katsayısı	1.5/1.15
Spektrum Karakteristik Periyotları	0.15/0.40
Kiriş Duvar Yüğü (t/m)	0.5
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	0.3
İlave Döşeme Ölü Yüğü (G)	0.148 t/m2
Döşeme Hareketli Yüğü (Q)	0.15 t/m2
Kiriş Boyutları (cm)	25/50
Döşeme Kalınlığı (cm)	15
Kolon Boyutları (cm)	30x60-60x30-50x50
Perde Boyutları (cm)	25/400



Şekil 1. Yapı Planı



Şekil 2. Yapının 3D Görünümü

Yapının Batman ilinde 37,910621 enlem, 41,133772 boylamda yapıldığı var sayılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bölüm 2’de ayrıntıları verilen yapı ile ilgili SAP2000, STA4CAD ve İdeCAD programları kullanılarak aynı plan, konum ve malzemeye göre tasarımı yapılan yapı Eşdeğer Deprem kuvveti ve Mod birleştirme yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda; kat kütleleri, etkin periyotları, kütle ve rijitlik merkezleri, deprem kuvvetleri, burulma düzensizlikleri ve yumuşak kat kontrolleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

E. Kat Kütleleri (ton)

2018 TBDY’ne göre tasarımı yapılan ve çözülen yapı ait kat kütleleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Yapılan analiz değerlendirildiğinde SAP2000 ve İdeCAD programlarının sonuçları birbirine oldukça yakınken STA4CAD programında elde edilen sonuçlar oldukça düşük çıkmıştır.

Tablo 2. Yapı Kütlesi

KAT	SAP2000	STA4CAD	İdeCAD
5. KAT	374,94	258,23	375,26
4. KAT	374,94	258,23	375,26
3. KAT	374,94	258,23	375,26
2. KAT	374,94	258,23	375,26
1. KAT	374,94	258,23	375,26
TOPLAM (ton)	1874,68	1291,15	1876,31

F. Kütle ve Rijitlik Merkezleri

Yapılara ait kütle merkezleri Tablo 3’te rijitlik merkezleri ise Tablo 4’ te verilmiştir. Değerler karşılaştırıldığında kütle merkezleri birbirine yakınken rijitlik merkezleri birbirine oldukça uzaktır. İdeCAD ile SAP2000 programlarından elde edilen sonuçlar birbirine yakınken STA4CAD programında elde edilen değerler bunlara uzaktır.

Kütle merkezleri;

Tablo 3. Kütle Merkezleri

KAT/YÖN	SAP2000		STA4CAD		İdeCAD	
	X	Y	X	Y	X	Y
5. KAT	10,98	6,73	10,76	7,12	11,14	8,69
4. KAT	10,87	6,76	10,76	7,12	11,12	8,67
3. KAT	10,87	6,76	10,76	7,12	11,1	8,65
2. KAT	10,87	6,76	10,76	7,12	11,08	8,63
1. KAT	10,87	6,76	10,76	7,12	11,06	8,61

Rijitlik merkezleri;

Tablo 4. Rijitlik Merkezleri

KAT/YÖN	SAP2000		STA4CAD		İdeCAD	
	X	Y	X	Y	X	Y
5. KAT	10,92	6,82	6,15	6,55	13,15	8,78
4. KAT	10,89	6,80	5,26	6,45	13,83	9,22
3. KAT	10,88	6,78	4,41	6,35	13,96	9,31
2. KAT	10,88	6,78	3,76	6,29	14,16	9,42
1. KAT	10,87	6,76	3,84	6,31	13,84	9,47

G. Periyot Değerleri

Yapı Eşdeğer deprem yöntemi ve mod birleştirme yöntemlerine göre analiz yapıldığında binaya etkien periyotlar Tablo 5'te gösterilmiştir. Eşdeğer deprem yöntemi kullanıldığında bulunan periyotlarda SAP2000 ile STA4CAD programlarının hesapladığı değerler birbirine yakinken mod birleştirme yöntemine göre analiz yapıldığında İdeCAD ile SAP2000 programlarında elde edilen periyotlar birbirine yakın değerleri bulunmuştur.

Tablo 5. Etkin Periyotlar

YÖNTEM	SAP2000		STA4CAD		İdeCAD	
	X	Y	X	Y	X	Y
EŞDEĞER DEPREM YÖNTEMİ	0,279	0,599	0,395	0,549	0,39	0,75
MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ	0,740	0,740	0,548	0,548	0,7492	0,7492

H. Deprem Kuvvetleri

Eşdeğer deprem kuvveti yöntemi ve mod birleştirme yöntemleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda yapıya etkien deprem kuvvetleri hesaplanmış ve Tablo 6'da verilmiştir. Hesaplanan değerler karşılaştırıldığında Eşdeğer deprem yöntemi kullanıldığında bulunan deprem kuvvetleri SAP2000 ile İdeCAD programlarının hesapladığı değerler birbirine yakinken mod birleştirme yöntemine göre analiz yapıldığında STA4CAD ile SAP2000 programları birbirine yakın deprem kuvveti hesaplamıştır.

Tablo 6. Deprem Kuvveti (t)

YÖNTEM	SAP2000		STA4CAD		İdeCAD	
	X	Y	X	Y	X	Y
EŞDEĞER DEPREM YÖNTEMİ	201,03	131,45	133,09	96,02	176,94	108,32
MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ	70,00	90,55	96,92	68,92	132,65	81,52

İ. Burulma Düzensizliği Kontrolü (A1 Düzensizliği)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemesine oranını ifade eden Burulma Düzensizliği (A1 Türü Düzensizlik) katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumudur. [11] Yapılan hesaplamalarda SAP2000 ve STA4CAD burulma düzensizlikleri aynı iken İdeCAD programı küçükte olsa farklı hesaplanmıştır.

Tablo 7. Burulma Düzensizliği (A1 Düzensizliği)

A1-Burulma Düzensizliği		X yönü		η_{bi} kontrolü	Y yönü		η_{bi} kontrolü
Program	Katlar	+%5	-%5		+%5	-%5	
SAP2000	5	0,99	1,06	Yok	1,69	1,60	Var
	4	1,01	1,18	Yok	1,73	1,66	Var
	3	1,03	1,28	Var	1,76	1,70	Var
	2	1,06	1,28	Var	1,78	1,73	Var
	1	1,10	1,63	Var	1,79	1,74	Var
STA4CAD	5	1,11	1,04	Yok	1,30	1,11	Var
	4	1,16	1,03	Yok	1,44	1,27	Var
	3	1,21	1,01	Var	1,54	1,38	Var
	2	1,27	1,01	Var	1,62	1,48	Var
	1	1,32	1,02	Var	1,67	1,54	Var
İdeCAD	5	1,07	1,05	Yok	1,64	1,53	Var
	4	1,13	1,02	Yok	1,69	1,59	Var
	3	1,19	1,00	Yok	1,72	1,64	Var
	2	1,26	1,02	Var	1,74	1,67	Var
	1	1,34	1,05	Var	1,74	1,66	Var

J. Yumuşak Kat Kontrolü (B2 Düzensizliği)

Rijitlik düzensizliği katsayısı (η_{ki}) : Bir kattaki ortalama göreceli kat ötelemesinin bir üst ya da bir alt katındaki ortalama kat ötelemesine oranına rijitlik düzensizliği katsayısı denilmektedir. Bu oran 2'den büyük olması durumunda yumuşak kat durumu ortaya çıkmaktadır. [11]

Tablo 8. Yumuşak Kat Kontrolü (B2 Düzensizliği)

B2-Yumuşak Kat		X yönü		η_{ki} kontrolü	Y yönü		η_{ki} kontrolü
Program	Katlar	+%5	-%5		+%5	-%5	
SAP2000	5	0,00	0,00	Yok	0,00	0,00	Yok
	4	1,05	1,05	Yok	1,37	1,34	Yok
	3	0,96	0,95	Yok	1,17	1,16	Yok
	2	0,82	0,82	Yok	1,02	1,01	Yok
	1	0,55	0,54	Yok	0,63	0,64	Yok
STA4CAD	5	0,00	0,00	Yok	0,00	0,00	Yok
	4	1,06	1,05	Yok	1,34	1,30	Yok
	3	0,96	0,95	Yok	1,16	1,14	Yok
	2	0,83	0,83	Yok	1,02	1,00	Yok
	1	0,56	0,56	Yok	0,65	0,65	Yok
İdeCAD	5	0,00	0,00	Yok	0,00	0,00	Yok
	4	1,05	1,05	Yok	1,39	1,37	Yok
	3	0,96	0,95	Yok	1,19	1,18	Yok
	2	0,82	0,81	Yok	1,02	1,01	Yok
	1	0,52	0,51	Yok	0,63	0,63	Yok

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada 5 katlı taşıyıcı sistemi kolon, perde, kiriş ve döşemelerden oluşan betonarme çerçevesel karma sistem yapı örneği SAP200, STA4CAD ve İdeCAD programlarında modellenmiştir. Tasarımı yapılan yapı TBDY (2018) kriterlerine göre eşdeğer deprem kuvveti yöntemi ile mod birleştirme yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Yapılan analizde elde edilen kat kütleleri, kat kütle ve rijitlik merkezleri, yapı etkin periyotları, deprem kuvvetleri, burulma düzensizlik kontrolü (A1 düzensizlikleri), yumuşak kat kontrolleri (B2 düzensizliği) bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

Bina kütle karşılaştırması yapılırken SAP2000 ile İdeCAD programı kat kütleleri yakın çıkarken STA4CAD programı daha düşük çıkmıştır. Bu durumun sebebi temel sebeplerinden biri STA4CAD programı kolon kiriş birleşim noktalarını tek çözüp alırken diğer iki program düğüm noktalarını iki kez çözüldüğünden dolayı daha yüksek oluşmaktadır.

Yapı düzensizlikleri bakımından incelenirken rijitlik merkezlerinin kütle merkezine çakışık ya da yakın olması istenmektedir. Yapılan çalışmada yapının kat kütle merkezleri bakımından karşılaştırıldığında SAP2000 programı ile STA4CAD programları birbirine yakın değerler verirken İdeCAD programı bu programlardan uzak bir değer vermiştir. Kat rijitlik merkezleri 3 program da birbirinden farklı değerler hesaplamıştır. Fakat yapılan çalışmada yapının kütle ve rijitlik noktaları düşünüldüğünde en iyi sonuç SAP2000 programında elde edilmiştir.

Yapı doğal periyotları değerlendirildiğinde eş değer deprem kuvveti yöntemine göre analiz yapıldığında etkili titreşim periyotlarda SAP2000 ile STA4CAD programlarının hesapladığı değerler birbirine yakinken mod birleştirme yöntemine göre analiz yapıldığında İdeCAD ile SAP2000 programları birbirine yakın periyot değerleri hesaplamıştır.

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri eş değer deprem kuvveti ve mod birleştirme yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplandığında birbirlerine göre farklı ama uzak olmayan değerler hesaplanmıştır. Eş değer deprem yöntemine göre İdeCAD ile SAP2000 yakın değerler vermiş mod birleştirme yönteminde STA4CAD ile SAP2000 programları yakın değerler hesaplamıştır.

Yapı düzensizlikler olarak karşılaştırıldığında yapı 3 programdaki veriler incelendiğinde değerler farklı çıksa bile sonuçları etkilemediği ve yapıda oluşan düzensizlikler 3 programda da benzer sonuçlar hesaplamıştır.

Sonuç olarak aynı bölgede aynı yapı malzemeleri ve aynı şartlar göz önüne alınarak tasarlanan yapıda kullanılan 3 paket program birbirinden farklı ya da benzer değerler hesaplamış olsa da yapının düzensizlikler deplasmanlar gibi kritik değerler yapılan çalışmada benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Programlar kullanım bakımından SAP2000 programı karışık ve değerleri elle girildiğinden dolayı zaman alması ve sadece statik analiz için uygunken, İdeCAD ve STA4CAD paket programları yönetmeliğe uygun tasarım yapmayı kolaylaştıran entegre menüleriyle ve analiz, metraj gibi istenen verileri çok kısa sürede hesaplayıp sunmasından dolayı SAP2000 programına göre daha kullanışlı kolay ve pratiktir.

KAYNAKLAR

- [1] Gelibolu, İ. S. (2008). *Sta4-Cad Paket Programı İle Sap2000 Analiz Programının Mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [2] Serimer, G. (2008). *Yapı Analiz Programlarının Modelleme Tekniklerinin Sonuçlarına Göre Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [3] Çöktü, L. (2010). *İnşaat Mühendisliğinde Kullanılan Ticari Programların (Sap2000 Ve Sta4-Cad) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 Işığında Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [4] Duran, İ. (2021). *Binaların Dinamik Analizinde Kullanılan Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Farklı Bilgisayar Programları İle Karşılaştırılması*. Y. Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- [5] Karayer, M. H., Severcan, A. (2018). Farklı Tip Betonarme Yapıların Paket Programlar İle Analizi Ve Karşılaştırılması. *Black Sea Journal of Engineering and Science* 1(2), 41–50.
- [6] Sirlibaş, C. (2013). *Farklı Tipteki Betonarme Yapıların Sta4cad ve Etabs Programları İle Çözümleri Ve Sonuçların Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] İdeyapi Ltd. İdecad V10, www.idecad.com.tr (14.07.2023)
- [8] Sta4cad - V14, 45(1) 3265757 (2023), www.sta4.net/staproperty.aspx (16.07.2023)
- [9] Sap2000 V19, www.csiamerica.com/products/sap2000 (20.07.2023)
- [10] Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY), <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm> (21.07.2023)