

Orijinal Makale/Research Article

BESAM programına bir arayüz

Tuna Göksu¹, Nihal Göksu², Fuat Demir²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Betonarme eleman davranışının modellenmesi
Doğrusal olmayan analiz
Sargılı beton modelleri

Makale geçmişi:

Geliş Tarihi: 17.10.2018

Kabul Tarihi: 28.12.2020

Öz: Bu çalışmada doğrusal ötesi davranış modellemesinde yaşanan zorlukların üstesinden gelmek için TÜBİTAK 111M119 projesi kapsamında, fortran dilinde hazırlanan BESAM programına bir grafik arayüz geliştirilmiştir. Mühendisler için grafik arayüzü eksikliği, kullanıcıların zorlu ve zaman alıcı bir süreç olan belirli formatlarda metin dosyalarında kesit modellerini oluşturmaya zorlar. Bir ön-işlem, uygun yapısal modeller oluşturmaya, verileri girmeye ve kontrol etmeye, uygun analiz parametrelerini seçmeye ve uygun yükleri belirlemeye yardımcı olur. Ayrıca, grafik yetenekleri, kullanıcının kesitleri görmesine, çeşitli görsel düzenlemeler yapmasına ve analiz neticelerini grafiğe dökmesine imkân sağlar. Geliştirilen yazılım sayesinde betonarme yapı elemanlarının doğrusal ötesi davranışlarının belirlenen şekil değiştirme kriterlerine göre pratik şekilde hesaplanabilmektedir. Bu bilgiler bir dosyada toplanarak ve veri transfer özellikleri kullanılarak yaygın kullanılan analiz programlarına kolayca aktarılabilir. Yazılım betonarme kesitler için moment-eğrilik ilişkilerini hesaplayarak grafik olarak gösterebilmektedir.

Atıf için/To Cite:

Göksu T. Göksu N. Demir F. BESAM programına bir arayüz. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 12(3), 84-91, 2020

A graphical interface for BESAM programme

Keywords

Modeling behavior of reinforced concrete components
Nonlinear analysis
Confined concrete models

Article history:

Received: 17.10.2018

Accepted: 28.12.2020

Abstract: In this study, a graphical interface has been developed to the BESAM program which written in fortran code prepared within the scope of TUBITAK 111M119 project in order to overcome the difficulties in the nonlinear behaviour model. The lack of a graphical interface for engineers forces users to create cross-section models in text files in certain formats, which is a challenging and time-consuming process. A pre-process helps to create appropriate structural models, to enter and control data, to select appropriate analysis parameters, and to determine appropriate loads. In addition, the graphical capabilities allow the user to view sections, make various visual adjustments, and graph the results of the analysis. Thanks to the software developed, the behaviour of reinforced concrete structural members can be computed practically according to the determined deformation criteria. This information can be gathered in a file and easily transferred to commonly used analysis programs using data transfer features. The software can graphically show the moment-curvature relationships for reinforced concrete sections.

1. Giriş

Ülkemiz dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alır ve yüz ölçümümüzün %42'si birinci derece deprem kuşağı üzerindedir [1]. Ülkemiz sahip olduğu yapı stoğu gereği oldukça ciddi deprem tehdidi altındadır. 1997 öncesi projelendirilen ve inşa edilen binalar, bugünkü

standartlara göre birçok yetersizlikler içermektedir [2]. Deprem zararlarının en aza indirilmesi ülkemizin en önemli problemlerinden biridir. Yapılması gereken önemli önlem depremin özelliklerini çok iyi tanıyıp gerekli tedbirleri zamanında almaktır. Bu nedenle bu konuyla ilgili bilimsel gelişmelerin yakından takip edilmesi gereklidir. Yeni yapılacak, özellikle de mevcut yapıların deprem performansının

değerlendirilmesinde en gelişmiş yöntemler doğrusal ötesi statik ve dinamik analiz yöntemleridir [3]-[7]. Fakat bu yöntemler için gerekli modellerin hazırlanması oldukça büyük zorluklar içermektedir. Bu zorlukların en önemlisi yapıya ait her bir eleman için malzeme ve kesit bilgileri kullanılarak tek tek dayanım ve şekil değiştirme kapasiteleri bilgilerinin hesaplanması ve analiz programlarına aktarılmasıdır. Bir yapıyı oluşturan yüzlerce eleman için bu işlemin tekrarlanması bu metotları uygulanabilir olmaktan çıkarmaktadır [8]-[12].

Bu çalışmada doğrusal ötesi davranış modellemesinde yaşanan bu zorlukların üstesinden gelmek için TÜBİTAK 111M119 projesi kapsamında hazırlanan BESAM [13] programına bir grafik arayüz geliştirilmiştir. Bina performans belirleme işlemlerinin pratik şekilde yapılabilmesini sağlayan BESAM programına, veri girişlerini kolaylaştırmak amacıyla arayüz oluşturulmuştur. Hâlihazırda Fortran dili ile yazılmış olan BESAM programına veri girişleri elle doldurulan metin dosyaları ile yapılmaktadır. Elle veri girişi yapılması hem uzun zaman almakta hem de hatalara yol açabilmektedir. Veri girişi, geliştirilen arayüz programı vasıtasıyla hızlı ve hatasız bir şekilde yapılabilir. Arayüz programı, kolon, kiriş ve perde kesitlerinin kolaylıkla oluşturularak BESAM programına aktarılmasını sağlamıştır. Yazılım sayesinde ülkemiz yapı stoğunun çok büyük kısmını oluşturan betonarme yapı elemanlarının doğrusal ötesi davranışlarının belirlenen şekil değiştirme kriterlerine göre pratik şekilde hesaplanarak, bu bilgilerin bir dosyada toplanması ve veri transfer özellikleri kullanılarak yaygın kullanılan analiz programlarına kolayca aktarılması mümkün olmaktadır.

Geliştirilen yazılım, betonarme kesitler için moment-eğrilik ilişkilerini hesaplayarak grafik olarak gösterebilmektedir. Bu yönleri ile inşaat mühendislerine ve çeşitli düzeyde öğrencilere, betonarme kesitlerin eğilme dayanım-şekil değiştirme ilişkilerinin anlatılmasında katkı sağlayacaktır. Geliştirilen yazılım ile malzeme özellikleri, eksenel yük, etriye düzeni ve etriye sıklaştırmasının, eleman davranışını nasıl ve ne oranda etkilediği, sargısız ve sargılı beton arasındaki farklılıkları, değişik süneklik kriterleri ve beton modelleri ile görme fırsatı bulunacaktır.

2. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modellenmesi (BESAM) Programı

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” [14] in 7. Bölümünde verilen esaslar göz önüne alınarak betonarme elemanlarda beton dayanımı, donatı düzeni ve sargı etkisini dikkate almak için Fortran dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modellenmesi (BESAM) yazılımı yazarında dâhil olduğu TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilmiştir [15].

BESAM programının, hem doğrusal elastik hem de doğrusal elastik olmayan çözümlenmelerde kullanıcı için sağladığı kolaylıklar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

1-Doğrusal elastik yöntem çözümlenme için, BESAM programında Mander sargılı beton modeli için verilen gerilme-şekil değiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Beton için oluşturulan bu sargılı model kullanılarak kiriş kesitine ait eğilme momenti kapasitesi yanında, moment-eğrilik ilişkisi ve kolon kesitine ait normal kuvvet-eğilme momenti kapasite ilişkisi elde edilebilir.

2-Taşıyıcı elemanlara ait donatı girişi kullanıcıya pratik kullanım sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Özellikle, eleman donatı yerleşiminin tanımlanması için donatı koordinatlarının programa tanımlanması zaman almakta ve hata riskini artırmaktadır. Bu nedenle programda, belli bir donatı oranına göre donatı yerleşimi seçilerek kullanıcının koordinat tanımlamasına gerek kalmayacak şekilde düzenleme yapılmıştır.

3-Doğrusal Elastik Hesap Yöntemindeki en zor ve zaman alıcı aşamalardan birisi karşılıklı etki diyagramından NK ve MK kapasite değerlerinin belirlenmesidir. Karşılıklı etki diyagramını hesap eden çok sayıda program bulunmasına rağmen, bu programlar NK ve MK değerlerini hesap etmemektedir. Bu programlar ile her bir kolon için NK ve MK değerlerinin karşılıklı etki diyagramından belirlenmesi uzun zaman alarak sıkıcı olabilmektedir. BESAM programına yapılan düzenlenmelerle istenilen sayıda kolonun verileri (SAP2000 programı ile tasarlanan yapıya ait G, Q ve E yüklemelerine ait kesit tesirleri) veri dosyasına kopyalanmakta ve kolonlara ait NK ve MK değerleri başka bir dosyada hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır.

4-Doğrusal elastik olmayan çözümlenme için öncelikle binanın taşıyıcı sistem elemanlarına ait plastik mafsalları tanımlamalarının yapılması gerekir. BESAM programı ile elemanlara ait kesit ve malzeme özellikleri, donatı çapı ve düzeni tanımlandıktan sonra program çalıştırılarak, SAP2000 programında açılmak üzere mafsalların tanıtıldığı s2k uzantılı bir dosya hazırlanabilmektedir.

5-Doğrusal elastik olmayan yöntemde, elemanın hasar seviyesine şekil değiştirme değerinin yönetmelikte verilen sınır değerleriyle kıyaslanması sonucunda karar verilmektedir. Dolayısıyla hasarın belirlenebilmesi için sınır değerlerin bilinmesi önem arz etmektedir. Mevcut programların büyük kısmında DBYBHY (2007)'nin

verdiği sınırlamalar bulunmamaktadır veya düzenlenmesi gerekmektedir. BESAM programında bu sınırlamalar düzenlenerek plastik mafsal tanımında gerekli tüm bilgiler SAP2000 programının kullanılabileceği şekilde elde edilebilmektedir.

6-Binaya ait kapasite eğrisinin SAP 2000 programı ile elde edilmesinden sonra, binanın yer değiştirme talebinin belirlenmesi gerekir. Bunun için öncelikle kapasite eğrisinin koordinatlarının “modal yer değiştirme-modal ivme” koordinatlarına dönüştürülmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi gerekir. Tüm bu işlemler, gerekli verilerin BESAM programına tanımlanması ile DBYBHY (2007)' e uygun olarak hesaplanabilmektedir. Tepe yer değiştirme istemi sonuçları BESAM programı tarafından metin formatında kullanıcıya sunulmaktadır [16].

3. BESAM Grafik Arayüzü

3.1. Programın amacı ve kapsamı

Bu çalışmanın amacı, bina performans belirleme işlemlerinin pratik şekilde yapılabilmesini sağlayan BESAM programına, veri girişlerini kolaylaştırmak amacıyla arayüz oluşturmaktır. Hâlihazırda Fortran dili ile yazılmış olan BESAM programına veri girişleri elle doldurulan metin dosyaları ile yapılmaktadır. Elle veri girişi yapılması hem uzun zaman almakta hem de hatalara yol açabilmektedir. Veri girişi geliştirilen arayüz programı vasıtasıyla hızlı ve hatasız bir şekilde yapılabilir. Arayüz programı, kolon, kiriş ve perde kesitlerinin kolaylıkla oluşturularak BESAM programına aktarılmasını sağlamıştır.

Tasarım mühendisleri için grafik arayüzü eksikliği, kullanıcıların zorlu ve zaman alıcı bir süreç olan belirli formatlarda metin dosyalarında kesit modellerini oluşturmaya zorlar. Bir ön-işlem, uygun yapısal modeller oluşturmaya, verileri girmeye ve kontrol etmeye, uygun analiz parametrelerini seçmeye ve uygun yükleri belirlemeye yardımcı olur. Ayrıca, grafik yetenekleri, kullanıcının kesitleri görmesine, çeşitli görsel düzenlemeler yapmasına ve analiz neticelerini grafiğe dökmesine imkân sağlar.

İlerleyen bölümlerde program menüleri detaylı olarak açıklanmakla birlikte, programın kabiliyetleri kısaca şöyle özetlenebilir: Programda kolon, kiriş ve perde olmak üzere üç farklı kesit türü için kesit detayları girilerek işlemlere başlanılmaktadır. Oluşturulan her bir kesit için donatıların yerleştirilmesi, etriye kollarının düzenlenmesi işlemlerinden sonra analizler gerçekleştirilip grafiklere dökülebilmektedir.

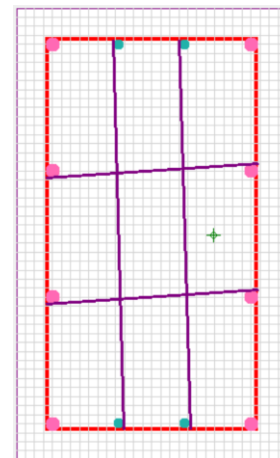
3.2. Programlama dili ve geliştirme ortamı

Programın çalışacağı hedef işletim sistemi yaygın ve kolay kullanımı sebebi ile Microsoft Windows olarak belirlenmiştir. Bu işletim sistemi için uygulama geliştirme araçlarına bakıldığında yine Microsoft firmasının ürünü olan Visual Studio geliştirme ortamının yaygın olarak kullanılması ve işletim sisteminin doğal geliştirme ortamı olması tercih edilme sebebi olmuştur. Programlama dili olarak Visual C# kullanılmıştır. Program 32 bit ve 64 bitlik Microsoft Windows işletim sistemlerinde çalışabilecek şekilde derlenmiştir. Programın çalışabilmesi için .Net Framework sürüm 4 veya üstünün bilgisayarda kurulu olması gerekmektedir.

3.3. Programın Yapısı

Geliştirilen program, kendinden öncekilerden farklı olarak, kullanıcıya grafik arayüz üzerinde donatılar üzerinde kaydırma, ekleme, silme işlemleri ile etriye kollarının eklenmesi, silinmesi ve kaydırılması gibi işlemlerin yapılmasına imkân sunmaktadır. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için kesiti oluşturan bileşenleri barındırarak bunlar üzerinde grafik arayüzünden işlemler yapılabilmesini sağlayan bir sınıfın varlığı gereklidir. Sıfırdan bir sınıf tasarlamak uzun zaman alan bir süreçtir. Bu süreci kısaltmak amacıyla, açık kaynak kodlu sınıflar arasından, yapılacak işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bir sınıf bulunmuştur. Seçilen bu sınıf üzerinde değişiklik ve ekleme yapılarak istenilenler gerçekleştirilmiştir.

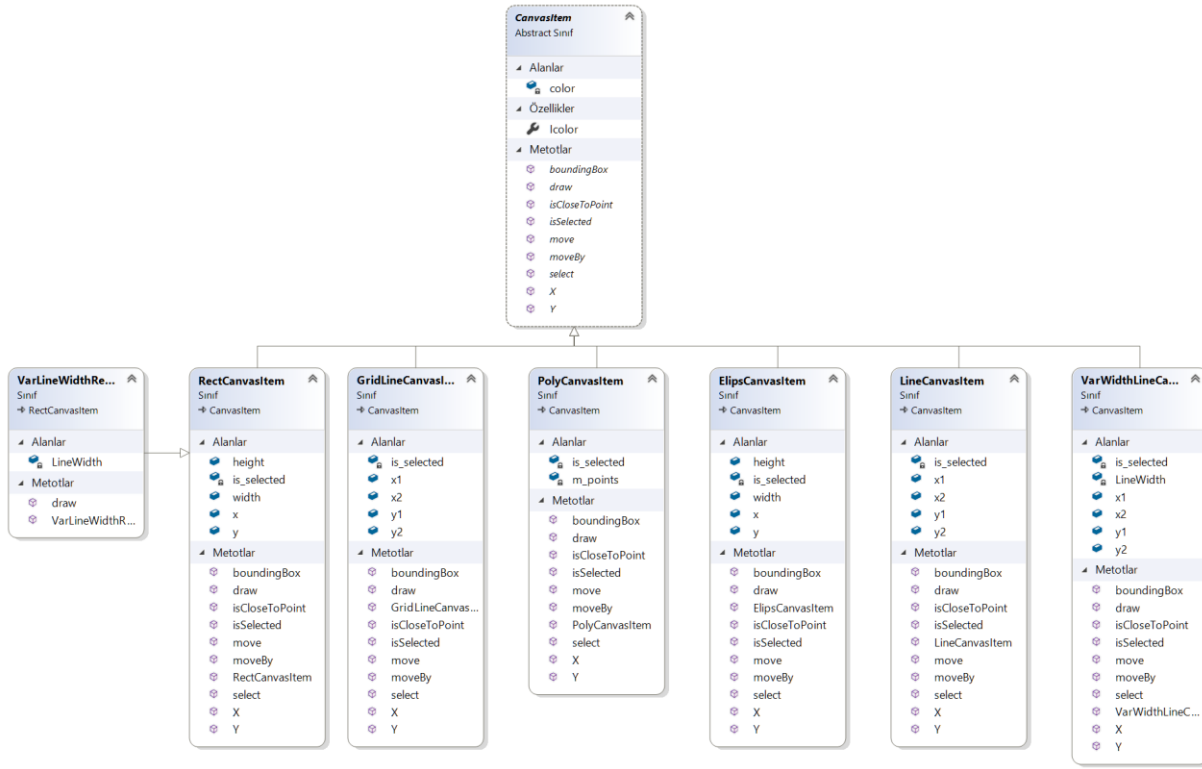
Kesitin çizim alanı birçok farklı öğeyi barındırmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü üzere bu öğeler, kılavuz çizgileri, donatıyı saran etriye çizgileri, donatılar için çizilen farklı çap ve renklerde daireler ve çirozlar için çizilen düz olmayan çizgilerdir.



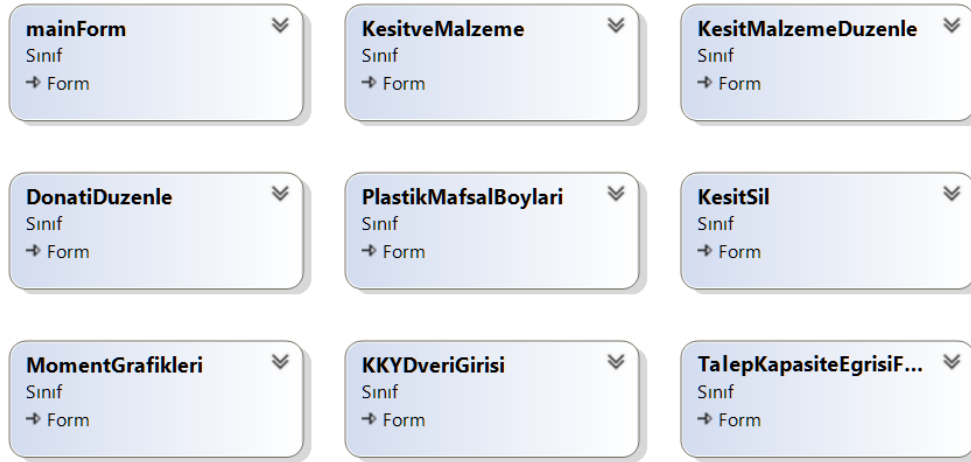
Şekil 1. Kesit çizim alanı

Şekil 2’de, bahsi geçen açık kaynak kodlu hazır sınıfın kullanımı ile gerçekleştirilen CanvasItem sınıfı ve kendisinden türetilen alt sınıflara ait sınıf diyagramı verilmiştir. Geliştirilen uygulama bir Windows Form

uygulaması olup dokuz formdan oluşmaktadır. Bu formların isimleri Şekil 3.’te verilmiştir.



Şekil 2. Kesit grafik arayüzü için geliştirilen CanvasItem ve alt sınıflarının sınıf diyagramı



Şekil. Uygulamada kullanılan form isimleri

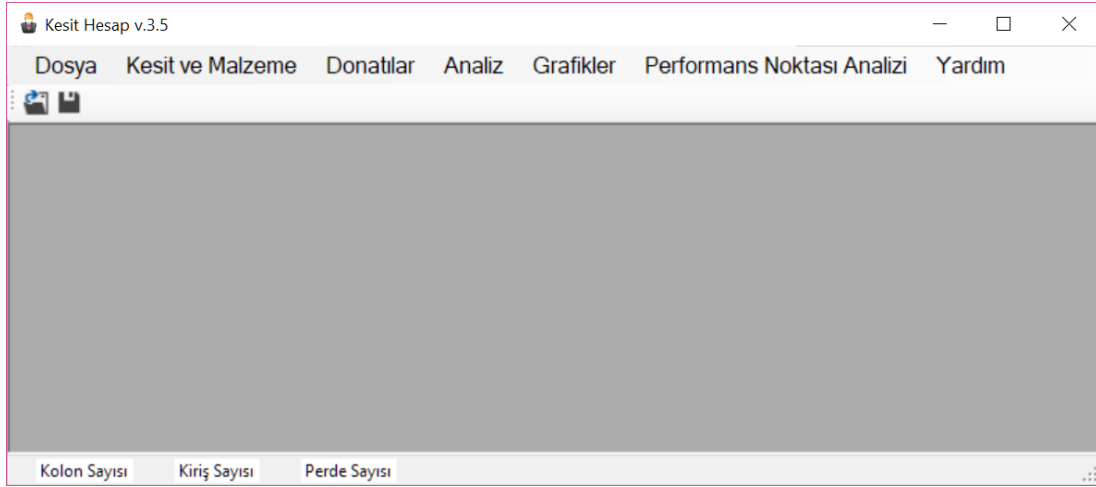
Program çalıştırıldığında kullanıcının karşısına Şekil 4’te gösterilen ana form çıkar. Ana form yedi menüden oluşmaktadır. Kullanıcının ilk yapması gereken işlem, kesitleri oluşturmaktır. Bunun için “Kesit ve Malzeme” menüsünden “Yeni” seçilmelidir. Bu işlem, kullanıcının kesitleri oluşturmasını ve detay bilgilerini girmesini sağlar.

Yeni kesit ekleme formu çeşitli veri girişi bölümlerinden oluşur, Şekil 5.a. Bunların ilki kesit adı ve türünün girildiği “Kesit Bilgileri” alanıdır. Program eklenen her bir kesite birden başlayarak otomatik numara vermektedir. Kesit türleri, “Kolon”, “Kiriş” ve “Perde” olarak açılan listeden seçilir. İkinci olarak kesitin b ve h değerleri “Kesit Boyutları” alanındaki giriş

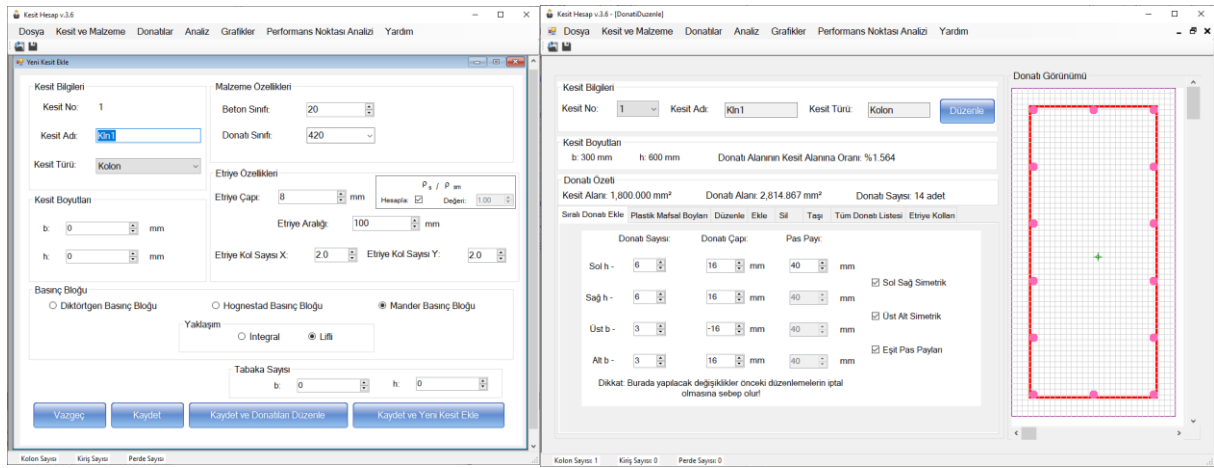
alanına yazılır. “Malzeme Özellikleri” ve “Etriye Özellikleri” alanlarında kesite ait sıklıkla kullanılan değerler varsayılan olarak gelmektedir. Kullanıcı oluşturacağı kesit için değerleri bu alanlardan girebilir.

Kesit bilgileri girildikten sonra donatı düzenleme formuna geçilerek donatı bilgileri girilir, Şekil 5.b. Varsayılan olarak kesitlerde hiç donatı bulunmaz. Kullanıcı b ve h donatılarını istediği şekilde

düzenleyebilir. Eklenen donatılar pas payı da hesaplanarak eşit aralıklarda kesit alanına yerleştirilmektedir. Kullanıcıyı donatı yerleşiminde özgür kılmak için yerleşim simetrisi ve eşit pas payları kullanıcının seçimine bırakılmıştır. Kullanıcı kesitin herhangi bir yerine donatı ekleyebilir, donatıları fare vasıtasıyla konumlandırabilir ve isterse eklenen donatıları silebilir.



Şekil 4. Program ana formu



a) Yeni kesit ekleme ve b) donatı düzenleme formları

Program girilen donatı sayısına bağlı olarak çirozların eklenmesine ve kullanıcı tarafından yerlerinin değiştirilmesine izin vermektedir. Program, kullanıcının 15 plastik mafsal boyu modelinden istediğini seçmesine izin verir. Kesit ve donatı bilgilerini kaydedilebilir. Kullanıcılar kaydettikleri dosyalar üzerinde ileri bir zamanda çalışmak istediklerinde kaldıkları yerden çalışmalarına devam edebilirler.

Analiz işlemi TÜBİTAK 111M119 Projesi kapsamında Fortran dili kullanılarak hazırlanan BESAM yazılımının,

çalıştırılabilir dosyaları aracılığıyla yapılmaktadır. Analiz işlemlerinden sonra kullanıcı neticeleri grafiğe dökülebilir.

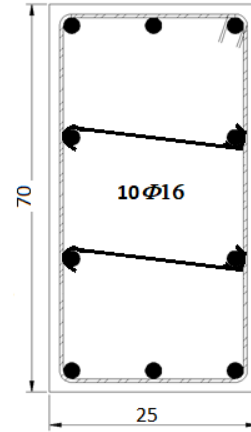
4. Tartışma ve Sonuç

Geliştirilen programın neticelerinin mevcut programlar ile kıyaslanması yapılarak doğruluğu test edilmiştir. Bu amaçla örnek kolon ve kiriş kesitleri için bilgiler, mukayesenin yapılacağı SAP2000 [17], SEMAp (2008) [18], Ersoy (1998) [19] programları ile BESAM

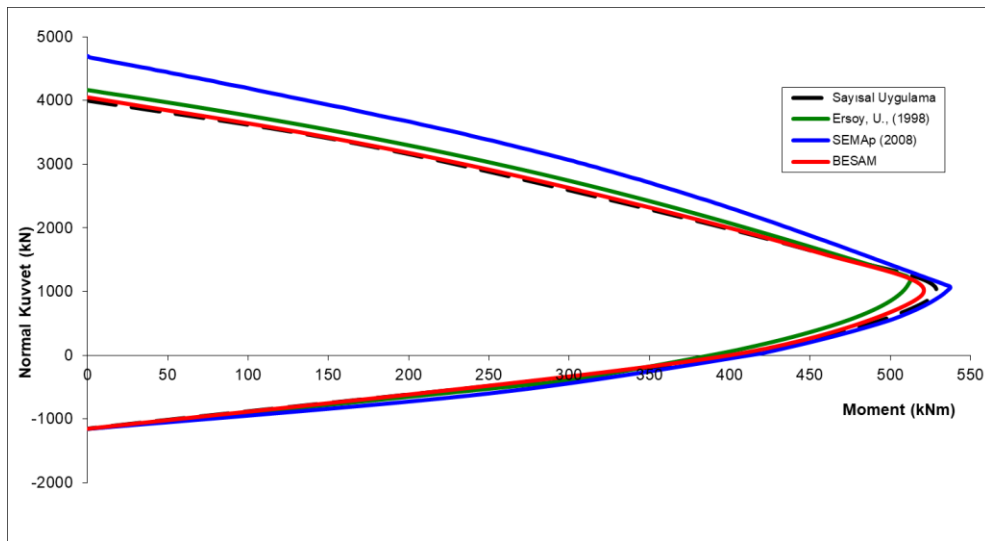
için geliştirilen arayüz programına girilmiştir. Aynı kesitler için sayısal uygulama da yapılmıştır.

Dilmaç [16] tarafından incelenen ve Şekil 6'da verilen kolon kesiti bilgileri yukarıda bahsi geçtiği üzere değişik programlara girilerek moment-eğrilik ilişkisi incelenmiştir. Kolon için *pas payı* 2 cm, $f_{ck}=27 \text{ N/mm}^2$, $f_{yk}=365 \text{ N/mm}^2$ olarak ve çirozlar ise $\Phi 8/10 \text{ cm}$ olarak verilmiştir [16].

Şekil 7'de elde edilen neticelerin birbirleri ile mukayesesi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere BESAM programı için geliştirilen arayüz programı kullanılarak, tüm programlarla ve sayısal uygulama ile yaklaşık aynı neticeler elde edilmiştir.



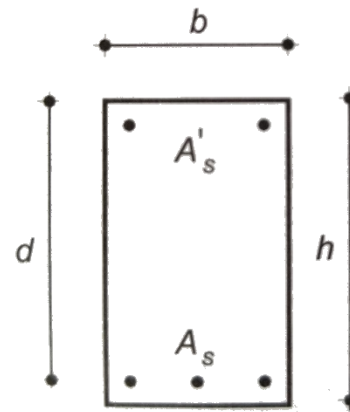
Şekil 6. Betonarme kolon kesiti (Birimler santimetredir)



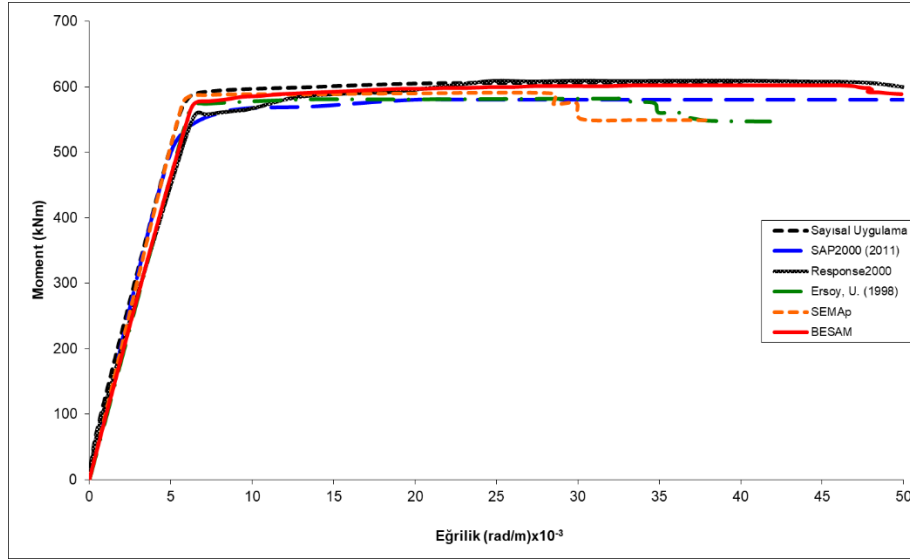
Şekil 7. Kolon kesiti için farklı programlarda için moment-eğrilik ilişkisinin kıyaslanması

Dilmaç [16] tarafından incelenen ve Şekil 8'de verilen kiriş kesiti bilgileri yukarıda bahsi geçtiği üzere değişik programlara girilerek moment-eğrilik ilişkisi incelenmiştir. Kiriş için $b=300 \text{ mm}$, $d=510 \text{ mm}$, $h=550 \text{ mm}$, beton ve donatı sınıfı C25/S420, $f_c=25 \text{ MPa}$, $f_y=420 \text{ MPa}$, $f_r=3,6 \text{ MPa}$, $E_c=30 \text{ GPa}$, $E_s=200 \text{ GPa}$, $\epsilon_{cu}=0,004 \text{ MPa}$, $A_s=2262 \text{ mm}^2$ ($5\Phi 24$), $A'_s=905 \text{ mm}^2$ ($2\Phi 24$) olarak verilmiştir.

Şekil 9'da elde edilen neticelerin birbirleri ile mukayesesi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere BESAM programı için geliştirilen arayüz programı tüm programlarla ve sayısal uygulama ile çok yakın neticeleri vermiştir.



Şekil 8. Betonarme kiriş kesiti



Şekil 9. Kiriş kesiti için farklı programlarda için moment-eğrilik ilişkisinin kıyaslanması.

5. Kaynaklar

- [1] Türkoğlu, N, *Türkiye'nin Yüzölçümü ve Nüfusunun Deprem Bölgelerine Dağılışı*. Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, (8), 133-148, 2001.
- [2] Öcal, C., İnce, H. H., *Türkiye'de Mevcut Yapı Stoğu ve Kentsel Dönüşüm*. SDÜ International Journal of Technological Science, 4(2), 2012.
- [3] Bilgin, H., *Kamu Yapılarının Deprem Performanslarının Doğrusal Ötesi Analiz Yöntemleriyle Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri*. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 195s, Denizli, 2007.
- [4] Celep, Z., Kumbasar, N., *Betonarme Yapılar*. Beta Basın Yayın Dağıtım, 865s, İstanbul, 2005.
- [5] Celep, Z., *Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsallı Kabulü Ve Çözümleme*. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, 167-180, 2007.
- [6] Özmen, H.B., İnel M., Bilgin, H., *Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi*. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul, 207-216, 2007.
- [7] Özmen, H. B., İnel, M., Bilgin, H., *Sargılı Beton Davranışının Betonarme Eleman Ve Sistem Davranışına Etkisi*. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2), 2007.
- [8] Ersoy, U., Özcebe, G., *Betonarme*, Evrim Yayınevi, 817s, İstanbul, 2001
- [9] Kaltakçı, M. Y., Korkmaz, H. H., Korkmaz, S. Z., *Basit Eğilme Etkisindeki Betonarme Elemanların Moment-Eğrilik Ve Tasarım Değişkenleri Üzerine Analitik Bir İnceleme*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1), 71-80, 2001.
- [10] Özcebe, G., Saatçioğlu, M., *Confinement of Concrete Columns for Seismic Loading*. ACI Struct. J., 84(4), 308-315, 1987
- [11] Özcebe, G., Yücemem S., Aydoğan, V., Yakut, A., *Preliminary Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey-Part I: Statistical Model Based on Structural Characteristics*, 2003
- [12] Ulutaş, H., *Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemi İle Eğitim Binalarının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 160s, Isparta, 2017.
- [13] BESAM, *Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme*. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu 111M119, 2013.
- [14] *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)*. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [15] Demir, F., Tekeli, H., Güler, K., Celep, Z., *Binaların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeni bir Yaklaşım*. 111M119 Numaralı TÜBİTAK Projesi, 2013.
- [16] Dılmaç, H., *Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemle Belirlenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116s, Isparta, 2014.
- [17] SAP 2000., *Computers and Structures, Inc., v.14.0.0, Structural Analysis Program*, Berkeley, CA, ABD, 2001.
- [18] SEMApp, *Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Bilgisayar Ortamında Modellenmesi*, 105M024 Numaralı TUBİTAK Projesi, 2008.

- [19] Ersoy, U., Özcebe, G., *Sarılmış Betonarme Kesitlerde Moment-Eğrilik İlişkisi Analitik Bir İrdeleme*. İMO Teknik Dergi, 9(4), 1799-1827, 1998.