

**UZMAN BİLGİSAYAR PROGRAMI “DURTES” İLE
GENEL AMAÇLI SONLU ELEMAN PROGRAMLARININ ETKİLEŞİMİ**

Rasim TEMÜR

İnşaat Mühendisi

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

İnşaat Mühendisliği Bölümü

İstanbul, Türkiye

Namık Kemal ÖZTORUN

Doç. Dr

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

İnşaat Mühendisliği Bölümü

İstanbul, Türkiye

ÖZET

Ülkemizdeki deprem tehlikesine karşı mevcut yapı stoğunun en kısa zamanda durum tespitinin ve ayrıntılı analizlerinin yapılması, gerekli görülenlerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye’deki mevcut yapı stoğu, yetişmiş eleman sayısı ve kullanılan yöntemler göz önüne alınırsa ülkedeki bütün binaların durum tespiti ve ayrıntılı analizleri için çok uzun zaman gerekir.

Mevcut çalışmada, yapıların hızlı durum tespiti için geliştirilen uzman bilgisayar programı DURum TESpit ile sonlu eleman programlarının etkileşimli çalışması sağlanmıştır. Geliştirilen entegrasyon modülü, DURTES ile durum tespiti yapılan yapıların modelleme ve analiz sürecini büyük ölçüde hızlandırmıştır. Mevcut yöntemlerle birkaç günde hazırlanan bir modelin, otomatik bilgi oluşturma opsiyonu ile birkaç saatte oluşturulduğu ve analizlerde doğruya çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

**INTERACTION OF EXPERT COMPUTER PROGRAM “DURTES” BY
GENERAL PURPOSE FINITE ELEMENT PROGRAMS**

Rasim TEMÜR

Civil Engineer

University of İstanbul

Faculty of Engineering

Department of Civil Engineering

Istanbul, Turkey

Namık Kemal ÖZTORUN

Associated Prof. Dr.

University of İstanbul

Faculty of Engineering

Department of Civil Engineering

Istanbul, Turkey

ABSTRACT

Due to the existing, earthquake danger in our country, analyses have to be carried out on constructions to find out the condition they are in and whether they should be strengthened. In Turkey considering present constructions stock, the number of trained personnels and methods which are used, it needs a lot of time to understand the condition all of constructions in the country.

It was provided an integration between expert computer program (DURTES) and some infinite element programs. The interaction module speeds up the modelling and the analysis process of the constructions whose conditions were defined by DURTES. Any model which can be prepared in about one or two days by present methods can be prepared in about one or two hours by the developed interaction module. Also it has been seen that the results of analysis are very close the facts.

GİRİŞ

Depremlerin ve diğler afetlerin zararsız atlatılabilmesi için güvenli yapıların inşaa edilmesi, mevcut yapıların ise durum tespitlerinin yapılması, gerekli olanlarının en kısa zamanda güçlendirilmesi şarttır. Ancak Türkiye'deki mevcut yapı stoğı, yetişmiş eleman sayısı ve kullanılan yöntemler göz önüne alınırsa ülkedeki bütün binaların durum tespiti için çok uzun zaman gerekmektedir ve oldukça maliyetlidir. Konunun önemi sebebi ile bu sürecin hızlandırılmasında büyük yarar vardır. Bunun için yeni analiz yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

AMAÇ

Yapıların hızlı durum tespiti amacıyla İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesinde yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Buna göre yetişmiş elemanların binaların durum tespitini hızlı ve en az hata ile yapabilmeleri için bir yardımcı bilgisayar programı geliştirilmiştir. Mevcut çalışmada DURTES adlı uzman bilgisayar programının sonlu eleman yöntemiyle çalışan genel amaçlı bilgisayar programlarıyla entegre çalışması amaçlanmıştır. Ref [1-7]'da detayları anlatılmış olan verilerle genel amaçlı sonlu eleman programları için üç boyutlu matematiksel model dataları hazırlamak mümkündür. Ref. [8-11]'te görülen bilgisayar programlarına otomatik veri hazırlanabilmektedir. Bu durumda "DURTES" yorumlarının kesin çözüm sonuçları ile kıyaslanması mümkün olmaktadır.

Çalışma Yöntemi:

DURTES programına iki tip veri girilmektedir Ref.[1-7]. Bunlardan birincisi program için özel hazırlanmış formlar. Formlarda bina ile ilgili 100'e yakın teknik değerlendirme kriteri vardır. Bu kriterler:

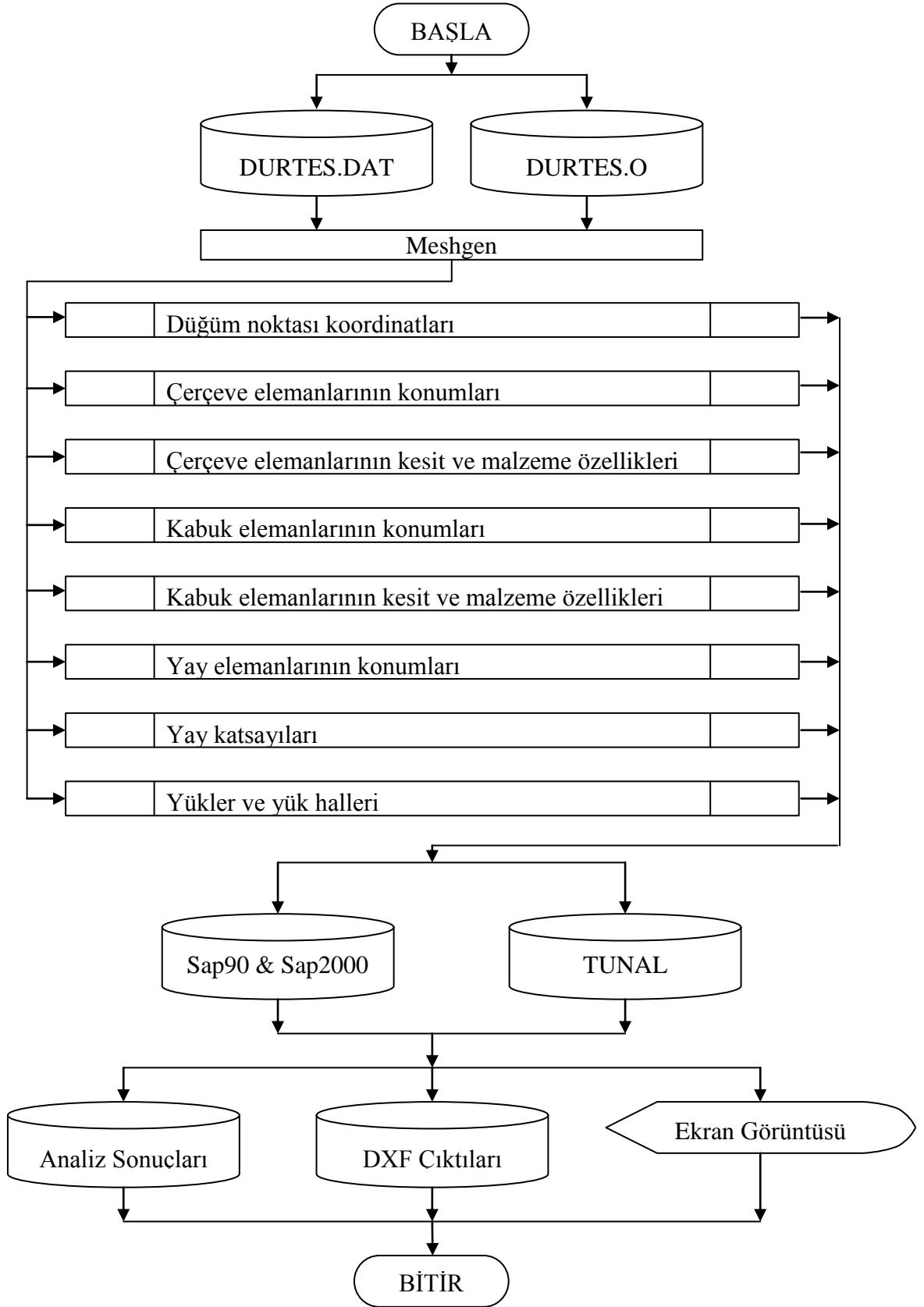
Binadaki düzensizlikler, binanın malzeme kalitesi, işçilik kalitesi, yapım kusurları, binanın taşıyıcı sistem özellikleri, zaman bağılı oluşan hasarlar, mevcut donatı durumu vb. bilgilerdir. Formlardaki bilgiler bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra DURum TESpit programı bu kriterleri Bayındırlık Bakanlığı'nca 1997 yılında hazırlanmış "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" esas olarak değerlendirmekte ve buna göre binaya göreceli bir puan vermektedir.

İkinci veri tipi ise binanın röleve bilgisi olarak adlandırılan bilgilerdir. Röleve bilgileri yapının ve taşıyıcı sisteminin geometrisine, yapısal elemanlarına, kesit ve malzeme özelliklerine, vs. ait bilgilerdir. Genel amaçlı bir bilgisayar programı için gerekli olan tüm bilgiler mevcuttur. Söz konusu mevcut verilerden yararlanılarak matematiksel sonlu eleman modeli varsa yapısal hasarları da hesaba katacak şekilde otomatik olarak hazırlanabilmektedir.

Ayrıntılı bir analiz için uygun bir model hazırlanması istendiği takdirde binlerce düğüm noktası ve yapısal elemanın tanımlanmasına bunun için de büyük bir çaba ve zamana ihtiyaç vardır. Bu nedenle özel bir otomatik bilgi oluşturma alt programının oluşturulması düşünülmüştür. Aynı kat planına sahip çok katlı yapıların veri giriş datası genelde binlerce veri satırından ve bilgisinden oluşmasına rağmen, alt program sayesinde birkaç satırla oluşturulması mümkündür. Başlangıç-bitiş noktalarının koordinatları eleman ve malzeme özellikleriyle birlikte yapının sınır şartları ve zemin-yapı etkileşimini hesaba katan yay rijitlikleri yanı sıra yapının dış yüklerini içeren ve sonlu eleman programına veri oluşturacak tüm bilgiler otomatik olarak oluşturulmakta ve gerekli dosyalar geliştirilmiş olan opsiyonlarla otomatik olarak hazırlanmaktadır. Tüm perde duvar, döşeme plağı gibi yapısal elemanlar tanımlanırken gerek düzlemsel gerekse düzlem dışı etkiler (serbestlikler) hesaba katılmaktadır.

Otomatik Bilgi Oluşturma Modülü ve Sonlu Eleman Programının Data Yapısı:

Genelde detaylı bir sonlu eleman analiz datasını hazırlamak için binlerce düğüm noktası ve yapısal elemanın tanımlanmasına ihtiyaç vardır. Mevcut çalışmada anlatılan otomatik veri oluşturma (mesh generation) opsiyonu söz konusu zamanı ortadan kaldırmakta ve birkaç saniyelik bilgisayar süresine indirgemekte, bunun yanı sıra olası

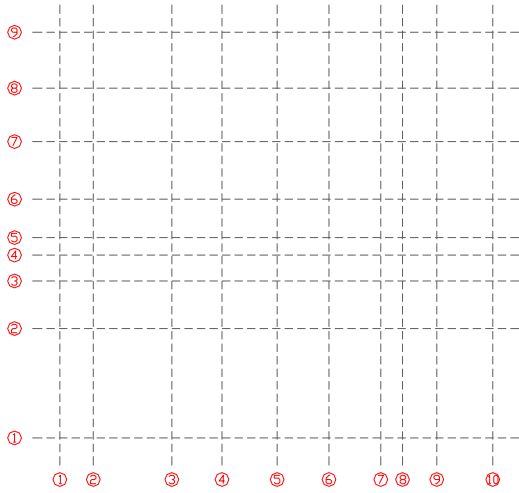


Şekil 1 - Otomatik Bilgi Oluşturma Modülü Makro Akış Şeması

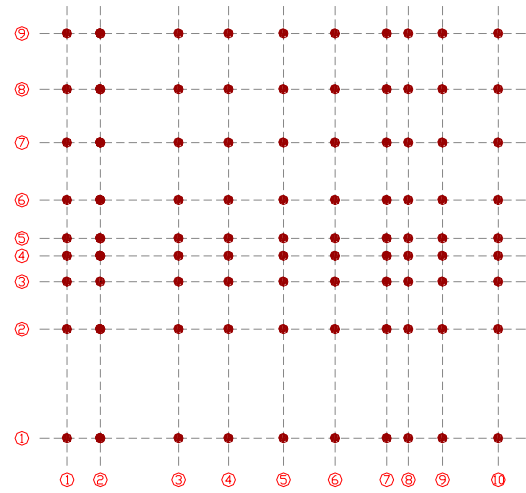
kullanıcı hatalarını minimuma düşürmektedir. Bu aşamada uzman bilgisayar programı DURTES, sonlu eleman programları ile entegre çalışabilir. Sonlu elemanlar yöntemi bilimsel ortamda doğruya en yakın sonuçları verdiği kabul edilen bir yöntem olduğu için tercih edilmiş ve mevcut çalışmada kesin çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Aşağıda matematiksel modelde yapısal elemanların artırımında kullanılan esaslar ve varsayımlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Düğüm Noktası Koordinatları:

Sonlu eleman programlarına hazırlanan matematiksel modellerin kullanıcı tarafından kolay anlaşılır ve düzenlenebilir olması gerekmektedir. Geliştirilen modül DURum TESpit programında tanımlanan koordinatları okuyup her koordinata X ve Y ekseninde birer aks yerleştirir. Z eksenindeki akslar kat yükseklikleri kullanılarak bütün katlar boyunca oluşturulurlar. Aksların kesişim noktalarının her birine birer düğüm noktası tanımlanır. Düğüm noktası numaralandırılması modelin düzenlenebilir olması için belli bir sistematığe sahiptir. Sabit artırım değeri sayesinde modele yeni düğüm noktası eklenmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 2a - Yatay Düzlemde Tanımlanan Akslar

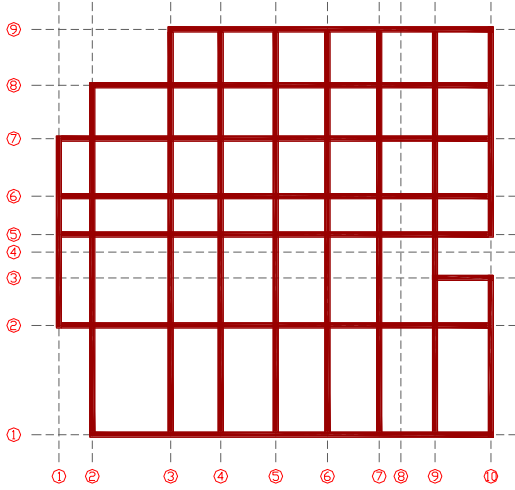


Şekil 2b – Aksların Kesişim Noktalarında Oluşturulan Düğüm Noktaları

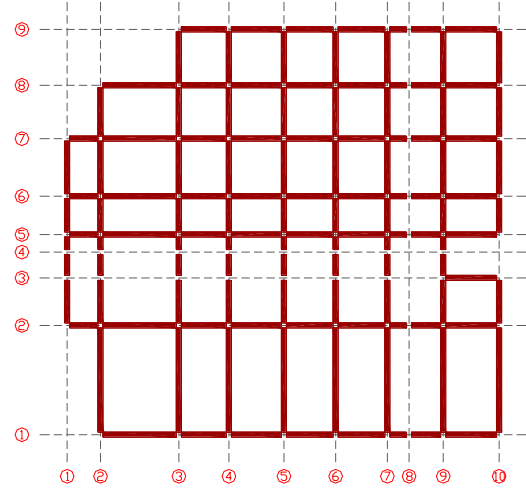
7 katlı örnek binanın modellenmesi için X-Y düzleminde tanımlanan akslar Şekil 2a'da görülmektedir. Mevcut yöntemle matematiksel model X ekseninde 10, Y ekseninde 9 ve Z ekseninde 7 kat yüksekliğinden oluşturulan 8 aks olmak üzere 26 koordinat bilgisiyle, bir düzlemde 90 (Şekil 2b), modelin tamamında ise 720 düğüm noktası oluşturuldu.

Çerçeve Elemanlarının Konumları, Kesit ve Malzeme Özellikleri:

Modellemede kolonların konumlandırılması için DURTES'e tanımlanan koordinatlar, kolonun başlangıç noktası kabul edilir. Kolonun başlangıç düğüm noktası koordinatlarının matematiksel modeldeki düğüm nokta numarası karşılığı bulunmaktadır. Geliştirilen matematiksel model artırım modülü, DURTES datasında bir kat için tanımlanan kolonları 1000 sabit artırım değerini kullanarak devam ettikleri katlar boyunca Z ekseninde çoğaltılmaktadır. Herhangi bir yapısal eleman, örneğin bir kiriş elemanı, matematiksel modelde birden fazla sonlu eleman kullanımını gerektirebilir. Bu problem geliştirilmiş olan bilgisayar programı tarafından otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. X-Y düzleminde bir kat için tanımlanan kirişler, düğüm noktaları ve eleman numaraları, sabit artırım değeriyle devam ettikleri katlar boyunca Z ekseninde çoğaltılarak modellenirler.



Şekil 3a - Modül İçinde Tanımlanan Kirişler



Şekil 3b – Kirişlerin Matematiksel Model İçin Bölünmüş Şekli

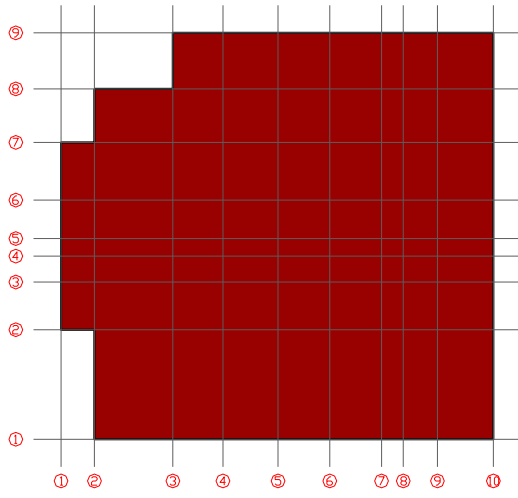
Şekil 3a'daki örnekte kirişler, akslarla kesiştikleri noktalarda Şekil 3b'deki gibi bölündükleri için 18 parça ile tanımlanan kirişler bir katta 126, 7 katta toplam 882 parça halinde modellenmiştir.

DURum TESpit programında bütün kolon ve kirişlerin kesit boyutları, ağırlıkları ve elastik modülü hesaplanmaktadır. Matematiksel modelin artırım yapılan elemanlarında kesit özelliklerinin katlar boyunca değişmediği varsayılmaktadır. Mevcut yapıların çoğunda özellikle kolon kesitlerinin, yük dağılımı göz önüne alınarak katlar boyunca azaldığı bilinmektedir. Bu yüzden modülün hazırladığı matematiksel modelin analizden

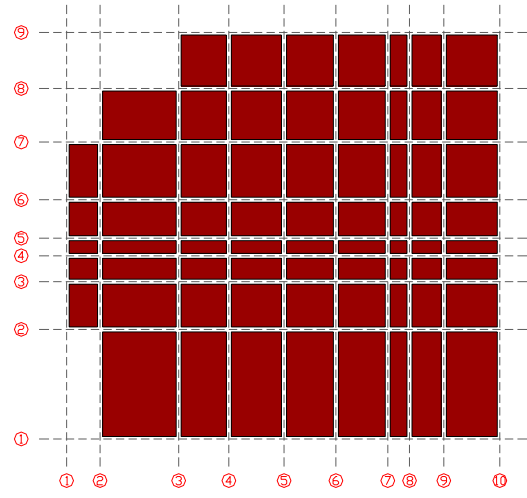
önce gözden geçirilmesi, eğer varsa artırım yapılan elemanların kesit ve malzeme özelliklerindeki değişime göre yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Kabuk Elemanlarının Konumları, Kesit ve Malzeme Özellikleri:

Döşemeler ve perde duvarlar kabuk elemanı olarak modellenirler. Döşeme elemanları aksların kapattığı en küçük alanlarda tanımlanırlar. Geliştirilen modülde, bir kata ait döşeme elemanı düzgün geometrik bir şekle sahip olmasa bile köşe noktaları koordinatlarıyla tek parça halinde tanımlanabilir. Tek parça halinde tanımlanan döşeme elemanı, modül tarafından, sahip olduğu koordinatlar arasında aksların kapattıkları en küçük parçalara bölünerek modellenmektedir. Böylece düğüm noktalarının tüm komşu elemanlar tarafından ortak kullanılması şartı gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4a - Tek Parça Halinde Tanımlanan Döşeme



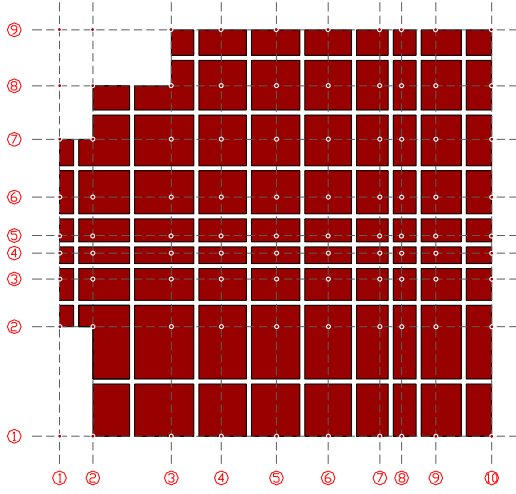
Şekil 4b – Döşemenin Matematiksel Model İçin Bölünmüş Şekli

Perde duvarlar ise devam ettikleri katlar boyunca artırılırlar. Tıpkı kirişlerde olduğu gibi düşey kabuk elemanlarını kesen akslar varsa modül tarafından, eleman parça parça modellenmektedir. Mevcut çalışmada, perde duvarlar ve döşemeler, devam ettikleri katlar boyunca kesit ve malzeme özelliklerinin sabit kaldığı varsayılarak modellenmektedirler. Döşeme tek parça tanımlansa bile yapıdaki açıklığa ve kullanım amacına bağlı olarak döşeme kalınlığının değişebileceği unutulmamalıdır.

Yukarıdaki örnekte 7 katlı bir binaya ait döşeme, köşe noktalarının koordinatlarıyla sıfır poligonu oluşturacak şekilde tanımlanmıştır(Şekil 4a). Bu eleman akslar arasında kalan en küçük alanlara bölünüp, devam ettiği katlar boyunca çoğaltılmıştır(Şekil 4b).

Yükler ve Yük Halleri:

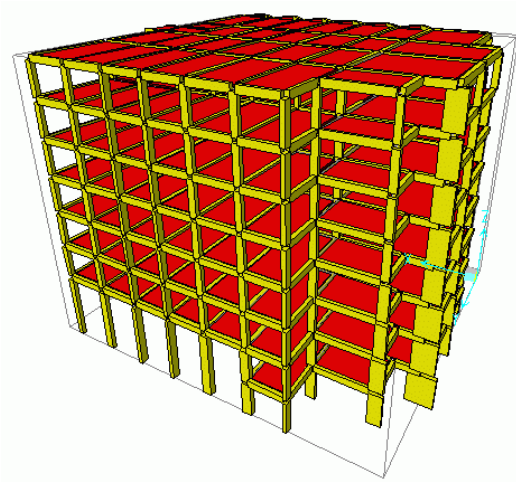
Analizde düşey yükler ve deprem yükleri kullanılmaktadır. Yapıya etkiyen düşey yükler DURum TESpit programı datası içinden alınıp döşeme elemanlarına -Z yönünde yayılı yük olarak uygulanmaktadır.



Şekil 5b - Deprem Yükleri İçin Döşeme Alanlarının Düğüm Noktalarına Dağıtılması

Yapının her katına gelen deprem yükleri DURum TESpit programı tarafından hesaplanır ve rapor dosyasına eklenir. Modeldeki döşeme parçalarının alanı, döşemenin bağlı bulunduğu düğüm noktalarına eşit olarak paylaşılır. Deprem yükleri DURum TESpit raporundan okunarak noktalara, paylaşılan alanlar toplamının, toplam döşeme alanına oranlanmasıyla dağıtılır.

Analiz Sonuçları:



Şekil 6 - Oluşturulan Matematiksel Model

Mevcut çalışma İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Genel Cerrahi Bölümü A3 Bloğu ile örneklendirilmiştir.(Şekil 6)

Modülün hazırladığı matematiksel model, asansör ve merdiven boşlukları, sahanlık, asma kat döşemeleri ve kirişleri ile kolon kesitlerindeki değişimlere göre yeniden düzenlendikten sonra analizde kullanılmıştır.

Matematiksel model artırım yöntemiyle oluşturulan ve üzerinde gerekli düzenlemeler yapılan modelin analiz sonuçları, elle hazırlanan modelin analiz sonuçları ile karşılaştırılmış ve sonuçlarda çok küçük sapmalar tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarındaki sapmaların sebebi bilgisayar programı modülün deprem yüklerini dağıtırken döşemelerde asansör ve merdiven boşluklarını hesaba katmamasıdır. Modül sadece betonarme yapıların modellenmesi için uygun olup, oluşturulan modelin aşağıda anlatılan artırım esasları ve varsayımlar göz önüne alınması, gerekli düzenlemelerden sonra analiz edilmesi doğru sonuçlar elde etmek açısından önemlidir.

SONUÇ

Mevcut yapı stoğunun durum tespiti için geliştirilen uzman bilgisayar programı DURTES ile sonlu eleman programlarının entegrasyonu sağlanmış, elle 1-2 günde hazırlanan bir modelin, mevcut bilgisayar programı modülüyle 1-2 saatte oluşturulduğu ve analizlerde doğruya çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu aşamada yapıların emniyetleri çok hızlı bir şekilde belirlenebilmekte ve sonuçlar genel amaçlı sonlu eleman programları ile kıyaslanabilmektedir. Ayrıca bilgilerin sonlu eleman programlarına aktarılması sonucunda güçlendirme analizleri ve tasarımlarında büyük kolaylıklar getirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yıldızlar, B., Gürsoy, G., Damcı, E., Öztörün, N., Çelik, T., “Mevcut Yapı Stoğunun Deprem Riski Açısından Durum Tespiti İçin Bir Yöntem ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Kıyaslanması”, Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu, Karadeniz

Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Gümüşhane Atatürk Kültür Merkezi, Gümüşhane, Ekim 2002.

2. Yıldızlar, B., Gürsoy, G., Damcı, E., Öztoran, N., Çelik, T., “Bakırköy İlçesi Yapı Stoğunun Deprem Riski Analizi”, Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Gümüşhane Atatürk Kültür Merkezi, Gümüşhane, Ekim 2002.
3. Gürsoy, G., Yıldızlar, B., Öztoran, N. K., Çelik, T., “Mevcut Yapı Stoğunun Deprem Riski Açısından Durum Tespiti İçin Önerilen Yöntem ile Bakırköy İlçesi Verileri”, Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi MBGAK’ 2003, İstanbul Üniversitesi Avcılar Kampüsü, İstanbul, Şubat 2003.
4. E.Damcı., B. Yıldızlar, G. Gürsoy, N. K. Öztoran, T. Çelik, “Bakırköy Özelinde, Türkiye Genelinde Yapı Durum Tespiti İçin Bir Algoritma”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İ.T.Ü. Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul. Mayıs 2003,
5. B. Yıldızlar, M.G.Gürsoy, N.K. Öztoran, T. Çelik, “Mevcut Yapı Stoğunun Deprem Riski Açısından Durum Tespiti İçin Bakırköy İlçesi Örneği İle Önerilen Yöntem”, Deprem Sempozyumu, Kocaeli 2003, Kocaeli, Mart 2003.
6. M.K.Keleşoğlu, N.K.Öztoran, S.F.Çinicioğlu, İ.Bozbey, S.Öztoprak, C.Özyazgan, T.Çelik, “Deprem Risk Analizi : Bakırköy İlçesi Örneği”, Küçükçekmece ve Yakın Çevresi Teknik Kongresi, Deprem ve Planlaması, Küçükçekmece Belediyesi, İstanbul, 2003.
7. M.G.Gürsoy, B. Yıldızlar, N.K. Öztoran, T. Çelik, “Mevcut Yapı Stoğunun Deprem Riski Açısından Durum Tespiti İçin Bakırköy İlçesi Örneği İle Önerilen Yöntem”, Küçükçekmece ve Yakın Çevresi Teknik Kongresi, Deprem ve Planlaması, Küçükçekmece Belediyesi, İstanbul, 2003.
8. SAP90, SAP2000 Structural Analysis Program – Computers and Structures, Inc.

9. Ozturun, N.K., Citipitioglu, E. and Akkas, N. "Three-Dimensional Finite Element Analysis of Shear Wall Buildings", Computers & Structures, 68, 41-55, Edinburgh, UK, 1998.
10. Ozturun, N.K., Citipitioglu, E. and Akkas, N. "Computerized Investigation of the Common Assumptions for the Analysis of Shear Wall Buildings", Proc. Of the International Conference on Computational Methods in Structural and Geotechnical Engineering, V.1, 170-175- Hong Kong Dec 1994.
11. Ozturun, N.K., Citipitioglu, E. and Akkas, N. "Mesh Generation and Data Structures for the Finite Element Analysis of Shear Wall buildings", Developments in Computational Techniques for the Structural Engineering, Civil-Comp Pres, 367-382, Edinburgh, UK.
12. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara 1997.
13. Türk Standartları, TS500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 2000.
14. Türk Standartları, TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü,
15. Özturun, N. K., "Perde Duvarlı Yüksek Yapıların Bilgisayarla Analizi İçin Üç Boyutlu Bir Yöntem", Gazi Üniversitesi, M.M.F. Dergisi, Cilt:12, Sayı:1-2, Sayfa:167-181, Ankara, Aralık 1997.
16. Özturun, N. K., "Tünel Kalıpla İnşa Edilen Binalarda Döşeme ve Zemin Rijitliğinin Perde Duvarlar Üzerindeki Etkisi", Gazi Üniversitesi, M.M.F. Dergisi, Cilt:13, Sayı:1-2, Sayfa:1-16, Ankara, Aralık 1998.

17. Öztörün N. K., Çıtıptıoğlu E. ve Yılmaz Ç., “Çok Katlı Betonarme Perdeli Yapıların Bilgisayarla Statik Analizi”, I. Ulusal İnşaat & Çevre Sempozyumu, Salihli, Eylül, 1994.
18. Öztörün, N. K., “Tünel Kalıpla Yapılan Binaların Bilgisayarla Üç Boyutlu Analizi”, X. Ulusal Mekanik Kongresi, İTÜ, Maslak, İstanbul, Eylül 1997.
19. Öztörün, N. K., “Tünel Kalıpla Yapılan Binalarda Döşeme ve Zemin Rijitliğinin Perde Duvarlara Etkisi”, X. Ulusal Mekanik Kongresi, İTÜ, Maslak, İstanbul, Eylül 1997.