

PAPER DETAILS

TITLE: Betonun Elastisite Modülünün Deneysel Olarak Hesaplanmasının Deprem Performansına Etkileri

AUTHORS: Ali ATES,Sükrü ÇİMEN

PAGES: 1004-1018

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/817783>



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Betonun Elastisite Modülünün Deneysel Olarak Hesaplanması ve Deprem Performansına Etkileri

 Ali ATEŞ^a,  Şükrü ÇİMEN^{b,*}

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^b İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: sukrucimen@gmail.com

DOI : 10.29130/dubited.483265

ÖZET

Bu çalışma Ülkemizin sismik hareketliliğin yoğun olduğu bir bölgede bulunması, yapı stoğunun genelinin eski yapılardan meydana gelmesi ve bu yapıların deprem performanslarının en doğru şekilde araştırması hedeflenerek yapılmıştır. Bu amaçla mevcut bir binanın performans analizi, ilk olarak 06 Mart 2007’de Resmi Gazetede yayınlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” 7. Bölüm esaslarına göre yapılmıştır. Betonun elastisite modülü ilk safhada TS500-2000 bölüm 3.3.3.1. de tanımlanan standart formül ile elde edilen diğer veriler birleştirilerek statik analiz yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise 2. kez alınan karot numunelerinin elastisite modülü deneysel parametrik olarak strain gauge(strengçe) bağlantılarıyla gerçek zamanlı ölçümlere tabi tutularak elde edilmiştir. Sekant modülü yöntemi kullanılarak bulunan yeni elastisite modülü baz alınarak tekrar statik analiz yapılmıştır. Bu çalışma sonunda yapının TS500-2000’de bulunan ampirik formül ile yapılan hesaba göre deneysel olarak bulunan elastisite modülünde yaklaşık %30 değer kaybı olduğu ve bu kayıptan dolayı bina yatay yük kapasitesinin olması gerekenden yaklaşık %8 fazla hesaplandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Deprem performansı, Elastisite modülü, TDY 2007.

The Effects Of Concrete Elasticity Module Outer Experimental Calculations On Earthquake Performance

ABSTRACT

This study has been conducted in a region where seismic activity is intense in our country. For this purpose, the performance analysis of an existing building was made according to the principles of i Regulation on Buildings to be “Constructed in Earthquake Areas yayınlan published on the Official Gazette on March 06, 2007.” In the first phase of the modulus of elasticity of concrete TS500-2000 section 3.3.3.1. The static analysis was performed by combining the other data obtained with the standard formula defined in. In the second part of the study, the elasticity modulus of the core samples taken for the 2nd time was subjected to real-time measurements with experimental strain-gauge connections parametrically. Based on the new elasticity module found using the

secant module method, At the end of this study, it was observed that the construction was approximately 30% depreciated in the modulus of elasticity found experimentally with the empirical formula found in TS500-2000, and that this loss accounted for about 8% of the building horizontal load capacity.

Keywords: Modulus of elasticity, Seismic performance, TDY-2007

I. GİRİŞ

Günümüzde meydana gelen depremler, büyüklükleri ve sebep oldukları hasarlar dikkate alınacak olursa, ülkemiz yeryüzündeki depremlerin yüzde 17 sinin gerçekleştiği dünyadaki en büyük ve yıkıcı hasarlara neden olan Alp-Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu deprem kuşağı üzerinde çok kısa denebilecek zaman aralıkları içerisinde meydana gelen büyük depremler ciddi boyutlarda can ve mal kaybına sebep olabilmektedir. “Nüfusumuzun yüzde 95’i deprem tehlikesi altında yaşamakta ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin yüzde 98’i ve barajlarımızın yüzde 93’ü deprem bölgesinde bulunmaktadır. Ülkemiz bir deprem ve afet ülkesidir ve nüfusumuzun yüzde 44’ü I. derece deprem bölgesinde yaşamaktadır. Gayrisafi milli hasılamızın her yıl ortalama yüzde 3 ile yüzde 7 arası afet zararlarını karşılamakta kullanılmaktadır. Bu oran çok yüksek bir orandır. Bununla beraber, Türkiye’de 17 milyon civarında yapı stoku bulunmakta ve bu stokun yüzde 67’sinin ruhsatsız ve kaçak, yüzde 60’ının 20 yaş üzeri konutlardan oluştuğu ve yüzde 40’ının depreme karşı güçlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir” [1-10]. Bu verilere göre Türkiye gibi deprem tehlikesi altında olan bir ülkede oluşabilecek kayıpların en aza indirilmesi ülkenin öncelik meselelerinden biri olmalıdır.

Bu amaçla hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası' na göre Ülkemizin yüzölçümünün %92'sinin deprem bölgesinde bulunduğu, bu deprem bölgesindeki nüfusun ülke nüfusunun %95’ini meydana getirdiği aynı zamanda barajlarımızın %93’ünü ve büyük sanayi merkezlerinin %98’inin deprem bölgeleri içerisinde kaldığı görülmektedir. 1939 yılındaki Erzincan depremi ve sonrasında ülkemizde gerçekleşen depremlere baktığımızda; 78.638 vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve 553.028 yapı tamamen ya da kısmen yıkılmıştır [2-8]. Tarihsel deprem verileri de göz önüne alındığında, gelecekte olması muhtemel depremlere karşı alınması gereken tedbirler daha da önem arz etmektedir. Bu tedbirlerin en başında ise Ülkemizde özellikle 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’ den (DBYBHY-2007) daha önce yapılmış yapı stoğunun gözden geçirilmesi gelmektedir. Bu amaçla binaların gerçek zamanlı zemin ve taşıyıcı sistem verilerinin elde edilerek deprem performans analizinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, günümüzde geçerli olan standartlarda bulunan betonun elastisite modülünü öncelikle ampirik formüllerle, daha sonrasında deneysel olarak ayrı ayrı elde edilerek betonun elastisite modülünün binanın deprem performans analizine olan etkileri incelenecektir.

II. DBYBHY-2007'YE GÖRE MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

DBYBHY-2007 ile deprem yükleri altında oluşabilecek hasarın sınırlandırılması amaçlanmıştır. Bu yönetmelikteki kriterlere uygun inşa edilecek binaların deprem performans tasarımının amacı; hafif şiddetli depremlerde yapılarda taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan sistemde hiç hasar oluşmaması, orta şiddetli depremlerde hasarın taşıyıcı ve taşıyıcı nitelik taşımayan diğer kesitlerde minimum düzeyde ve tamir edilebilir durumda olması, şiddetli depremlerde ise yapının can güvenlik düzeyini karşılaması hedeflenerek, taşıyıcı sistem hasarlarının sınırlandırılması ilkesine gözetilmelidir. Bu bölümde, DBYBHY-2007 bölüm 7'de yer alan deprem riski altında bulunan veya risk unsuru taşıyan yapıların deprem yükleri altındaki performanslarının hesaplanmasında kullanılacak bilgi düzeyleri, yapının risk unsuru taşıması durumunda güçlendirmede baz alınacak temel ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri hakkında genel bilgiler belirtilmiştir. Mevcut binalardan bilgi toplanması konusunda yapılması gereken işlemler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapının taşıyıcı sisteminin belirlenmesi,
- Yapısal geometri, temel taşıyıcı sistemi ve zemin indislerinin belirlenmesi,
- Önceden güçlendirme veya onarım yapıp yapılmadığının belirlenmesi,
- Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının tanımlanması,
- Taşıyıcı sistem elemanlarından alınacak numune sayılarının belirlenmesi ve deneysel olarak dayanımlarının bulunması,
- Yerinde elde edilen tüm verilerin varsa mevcut projesine uygunluğunun kontrol edilmesi.

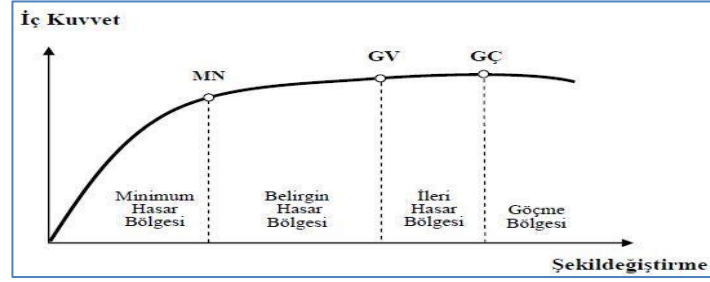
Mevcut yapıların taşıyıcı nitelikteki elemanlarının kapasitesi ve depremsel performanslarının belirlenmesi için gerekli olan bilgiler ile binadan alınacak malzeme örneklerine yapılacak deneylerle elde edilen malzeme özellikleri ile birlikte değerlendirilmiştir. DBYBHY-2007'de mevcut yapıların sınıflandırmasında Tablo 1'de belirtilen katsayıları tanımlanarak bina bilgi düzeyleri 3 farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu bilgi düzeyleri taşıyıcı elemanların kapasite hesaplamalarında seçilecek katsayıyı belirlemektedir[3].

Tablo 1. Mevcut yapılar için bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi düzeyi	Bilgi düzeyi katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Yapısal elemanlarda hasar sınırları, hasar bölgeleri ve deprem performans düzeylerinin deprem etkisindeki yapı performanslarını DBYBHY-2007'de yapısal elemanlarda tanımlamak amacıyla hasar sınırları ve hasar bölgeleri belirlenmiştir. Yönetmeliğe göre taşıyıcı sistem elemanlarını tanımlamak için Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olmak üzere farklı sınırlar belirlenmiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere; Minimum hasar değerleri sınırlaması mevcut kesitte

elastik ötesi davranış göstermeye başlamasını, Güvenlik sınırı mevcut kesitte güvenli olarak dayanım sağlanabilecek elastik ötesi davranış limitini, Göçme sınırı ise mevcut kesitte göçme öncesi performansın limiti olarak belirtilmektedir. Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmamış elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV aralığında bulunan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ve GÇ aralığında bulunan elemanlar ileri hasar bölgesinde, GÇ'yi aşan taşıyıcı sistem elemanları ise göçme bölgesinde yer alırlar [3].



Şekil 1. Yapısal elemanların hasar sınırları ve hasar bölgeleri.

III. BİNANIN MEVCUT DURUMU HAKKINDA BİLGİ TOPLANMASI

Çalışmanın bu kısmında binanın mevcut durumu hakkında bilgi toplanması için yapının bulunduğu parselde yapılan zemin çalışmaları ve bu çalışmalar ile elde edilen laboratuvar sonuçları değerlendirilmiştir. Daha sonra yapının temel sistemi ve özellikleri incelenmiş olup yapının taşıyıcı elemanlarının tanımlaması yapılmıştır.

A. BİNA ZEMİNİ İLE İLGİLİ BİLGİ TOPLANMASI

Binanın bulunduğu parselde yapılan çalışmalarla zemin geçişlerinin türleri, granül ve kohezyon durumları (zeminin; içsel sürtünme açısı, kohezyonu, kuru, doymuş ve doğal birim hacim ağırlıkları, porozitesi, sıkışma yüzdesi, su muhtevası, atterberg limitleri ve diğer zemin karakteristikleri ile dane dağılımı), yer altı su durumu (YASS), zemin oturması ve sıvılaşma ihtimali ve DBYBHY-2007'de tanımlanan zemin grupları ve yöresel zeminlerin sınıflandırması amacıyla arazide 3 ayrı noktada sondaj yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda varılan sonuçlar aşağıda özetlenmiş ve Tablo 2'de görüldüğü üzere yeraltı su seviyeleri tablo halinde düzenlemiştir.

- İnceleme alanı ve yakın çevresi birinci derece deprem bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır.
- İnceleme alanı düz bir topografyaya sahip bulunmaktadır. İnceleme alanında su baskını, kaya düşmesi, heyelan gibi doğal afet tehlikesi bulunmamaktadır.
- Mevsimsel yüzey sularının temellere olumsuz etki edebileceğinden bu suların drene edilmesi gerekmektedir. İnceleme alanında yer alan genelleştirilmiş jeolojik birim, pliyo-kuvaterner yaşta alüvyon yelpazesi olup, parsel zemini sondaj kuyu logunda gösterilmiştir.

- İnceleme alanında, yapı önem katsayısı (I) 1 olmak üzere; Etkin yer ivmesi (A_0) 0,40g alınabilecek olsa da 12 Kasım 1999 Düzce depreminde Düzce Meteoroloji Müdürlüğü istasyonunda bulunan ivme ölçer, doğu-batı yönünde 513 cm/sn²'lik bir ivme değeri ölçmüştür. Bu sebeple inceleme alanındaki alınması önerilen A_0 değeri 0,51g 'dır. İnceleme alanında ölçülen YASS değerleri aşağıda verilmiş olup, mevsimsel şartlar dikkate alınarak YASS ± 0.50 -1.00m arasında artması ya da azalması göz önünde tutulmalıdır.

Tablo 2. Sondaj kuyularına göre YASS değerleri.

Çalışma adı	Çalışma tarihi	YASS(m)
Sondaj kuyusu 1	27.11.2013	6,00 'de gözlenmiştir.
Sondaj kuyusu 2	29.11.2013	6,50 'de gözlenmiştir.
Sondaj kuyusu 3	30.11.2013	6,20 'de gözlenmiştir.

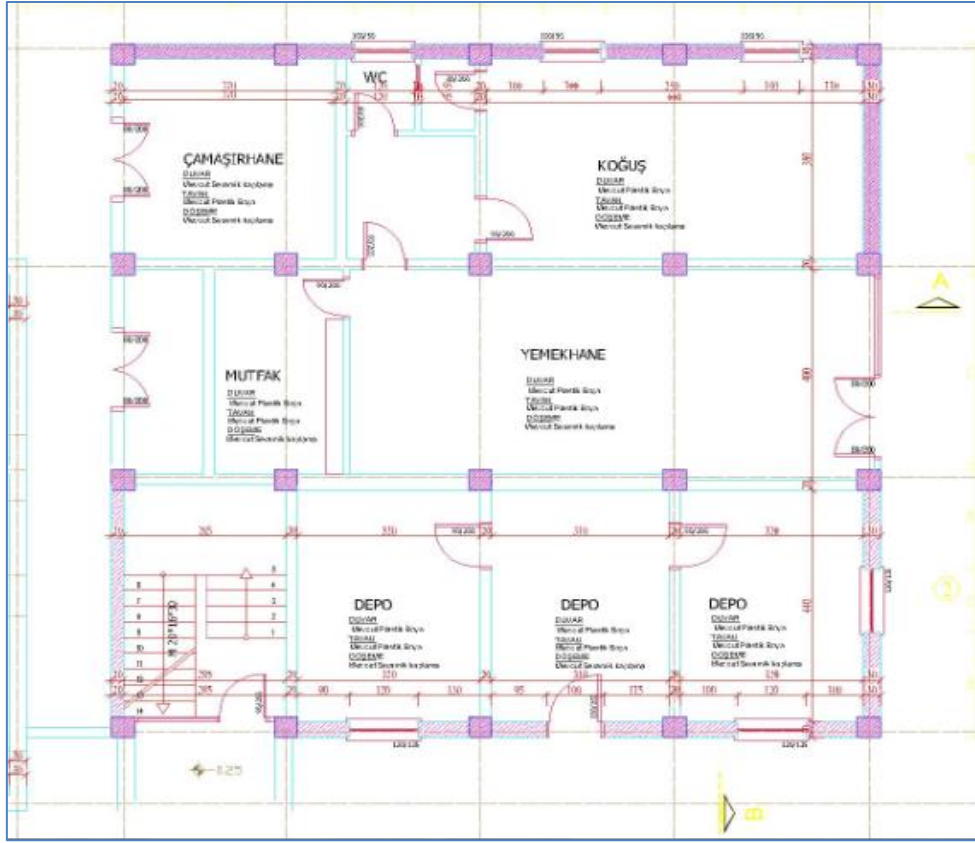
Zemin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapının bulunduğu parselde yapılan üç noktadaki sondaj sonuçları olarak yapı alanı içinde fay, kırık vb. yapıların yanı sıra çöküntü gibi olaylara rastlanılmamıştır. Hesaplanan zemin parametreleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Zemin parametreleri.

Emniyetli taşıma gücü	$q_{emn}=1,00 \text{ kg/cm}^2$	
Zemin grubu	D	
Zemin sınıfı	Z4	
Yatak katsayısı (k_s)	1000-1500 KN/m ³	
A_0	0,40	
Spektrum periyotları	$T_A= 0,20 \text{ sn}$	$T_B= 0,90 \text{ sn}$
I	1,0	

B. BİNANIN YAPISI İLE İLGİLİ BİLGİ TOPLANMASI

Çalışma alanı Düzce Askeri Gazino Müdürlüğü Hizmet Binası B bloktur. B blok zemin kat, 2 normal kat ve çatı katından ibaret olup betonarme olarak inşa edilmiştir. Mevcut beton hesap dayanımı için orta bilgi seviyesinde beton karot numunelerinin aritmetik ortalamasından numunelerin standart sapmasının çıkarılması ile bulunan değer kullanılmıştır. Analizler ise DBYBHY-2007 Bölüm 7.5'de bulunan depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemlerine göre yapılacaktır. Performans analizi yapılırken lisanslı Sta4-CAD paket programı kullanılacaktır. Yapının genel kat planı Şekil 2'de görüldüğü gibidir. Yapı temel sisteminin belirlenmesi amacıyla temel sistemi tespit çukuru açılmıştır. Yapılan malzeme deneyleri ve zemin etüt raporundan alınan verilere göre yapının analizi aşamasına geçilmiştir.



Şekil 2. Düzce Askeri Gazino Müdürlüğü kat planı.

Düzce Askeri Gazino Müdürlüğü Hizmet Binasının taşıyıcı sistem hakkında yerinde gözlem, inceleme ve proje değerlendirmesi için öncelikle mevcut yapının mimari ve taşıyıcı sistem röleve projeleri hazırlanmıştır. Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlardan malzeme dayanımlarının tespit edilmesi amacıyla karot numuneleri alınmıştır. Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan kolon ve kirişlerde yönetmeliğin öngördüğü sayıda örseleme ve profometre cihazı ile donatı çap, adet ve aralık tespit yapılmıştır. Yapının görseli Şekil 3’de gösterilmekte olup, yapının özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Yapı zemin kat, 2 normal kat ve çatı katından oluşmaktadır,
- A blok bodrum kat, zemin kat ve 1 normal kattan meydana gelmektedir. Taşıyıcı sistemi yığma duvarlardan meydana gelmektedir.
- B blok zemin kat, 2 normal kat ve çatı kattan meydana gelmektedir. 3 kat betonarme karkas olarak inşa edilmiş olup, çatı katı yığma duvarlardan oluşmaktadır.
- Yapının temel sistemi mütemadi temel olarak imal edilmiştir,
- Bina zemin kat ve 1. kat dış duvarları 30 cm betonarme perde olarak inşa edilmiştir,
- İnceleme sırasında kolon, kiriş ve perdelerde herhangi bir çatlağa rastlanılmamıştır.
- Binalarda oturma belirtileri gözlemlenmemiştir.



Şekil 3. Düzce Askeri Gazino Müdürlüğü B Blok.

Eleman bazında manyetik detektörlerle yapılan gözlem ve örseleme çalışmaları sonucunda donatı çap ve adetleri, etriye adım aralıkları ve donatı sınıfı tespit edilmiştir. Mevcut yapı çelik sınıfı BÇI (S220) olarak belirlenmiştir. Kolonlarda sıyırma-örseleme çalışmaları ve proforma cihazı ile yapılan incelemeler sonucunda etriye olarak $\phi 8$ çaplı çelik çubukların kullanıldığı tespit edilmiştir. Kolonlarda $\phi 8$ çapındaki etriyelerin 15-20cm aralıklarla kullanıldığı görülmüştür. Kolonlarda etriye sıklaştırmasına rastlanılmamıştır. Bina taşıyıcı sistemini oluşturan kirişlerde de örseleme çalışmaları ve proforma cihazı yardımıyla donatı tespiti yapılmıştır. Kirişlerde $\phi 8$ çapındaki etriyelerin kolonlarda olduğu gibi 15-20 cm aralıklarla kullanıldığı tespit edilmiştir.

C. STATİK HESAPTA BİNA ELASTİSİTE MODÜLÜNÜNÜN TS500-2000 KABULLERİ BAZ ALINARAK HESAPLANMASI

Mevcut yapının beton basınç dayanımını belirlemek amacıyla her katta 3 ayrı kolondan karot numuneleri alınmıştır. B blok lojman binasından toplamda 9 adet karot numunesi alınmıştır. Beton test çekici okumaları yapılmış ve gerekli formlar düzenlenmiştir. Sertleşmiş betondan alınan beton karot numuneleri laboratuvar ortamında TS EN 13791 standardına belirtilen esaslara uygun olarak deneye

tabii tutulmuştur [4]. Karot beton basınç dayanım sonuçları ve hesaplarda kullanılacak beton dayanım değeri hesabı TS500-2000 Standardına uygun olarak Tablo 4’de verilmiştir [5].

Yapıda tespit edilen ortalama beton basınç dayanımı $15,81 \text{ N/mm}^2$ ve bu dayanıma esas olarak hesaplanan elastisite modülü 26921 N/mm^2 olarak tespit edilerek Tablo 4’ de görüldüğü şekilde oluşturulmuştur. Yapının statik hesabında kullanılacak olan beton basınç dayanımı ise $(0,85 \cdot \text{karot numune basınç dayanımı})$ $13,43 \text{ N/mm}^2$ olarak dikkate alındığında, bu dayanıma esas TS500-2000 Standardında bulunan kabuller ve ampirik formüller ile elastisite modülü 25910 N/mm^2 olarak hesaplarda kullanılmıştır. Elastisite modülü ve beton basınç dayanımı statik analizde kullanılan paket programa tanımlanarak hesaplamalar DBYBHY-2007 Standardına uygun olarak yapılmıştır.

Tablo 4. Sertleşmiş betondan alınan betonun karot basınç dayanımları.

No	Numune adı ve yeri	Deneyle elde edilen basınç dayanımı (N/mm^2)	Ortalama basınç dayanımı (N/mm^2)	Standart sapma (N/mm^2)	Beton basınç dayanımı (N/mm^2)	Elastisite modülü (N/mm^2)
1	Bodrum	14.00	19.09	3.2831	15.81	26921
2	Bodrum	16.60				
3	Bodrum	19.50				
4	Zemin kat	17.00				
5	Zemin kat	24.70				
6	Zemin kat	20.40				
7	1. kat 1	17.20				
8	1. kat 2	22.60				
9	1. kat 3	19.80				

IV. DENEYSEL PARAMETRİK ÇALIŞMALAR

Çalışmanın 2. kısmına geçilerek betonun elastisite modülü deneysel parametrik olarak anlık gerilme-şekil değiştirme ölçümleri ile yeniden hesaplanmıştır. Yapılan çalışmaların safhaları olarak öncelikle binadan 2. kez karot numunesi alınmış, bu kısımda binanın düşey taşıyıcı sistemi olarak her katta yalnızca 20 adet kolon bulunması, mevcut kolonların kesitlerinin küçük olması ve daha önce her kattan 3 numune alınması sebebiyle şahit numune olarak her kattan 2 şer adet olmak üzere toplam 6 numune alınmış, binanın daha fazla örselenmemesi amaçlanmıştır. Numunelerin çap/boy oranı olarak $\frac{1}{2}$ oranında alınmış, numune çapları 70mm, boyları 140mm olarak alınmıştır.

Daha sonrasında Strain gauge sensörlerini bağlamak için numunenin yüzey temizliği yapılmıştır. Şekil 4 ve Şekil 5’de görüleceği üzere Strain gauge yapıştırılması için betona yapışmasını sağlayan özel yapıştırıcı kullanılmıştır. Direnç ölçer cihazı ile direnç kontrolü yapılmıştır. Direncin 120Ω olması sağlanmıştır. Data logger cihazı kullanılarak numune ile bilgisayar arasındaki bağlantı yapılmıştır.



Şekil 4. Karot numunesine strain gauge bağlanması.

Strain gauge bağlantıları gerekli elektrik direncini sağladığı tespit edilmesinden sonra numunelerin data logger ile bilgisayara bağlantıları yapılmıştır. Yüklemeye başlamadan önce data logger kalibrasyonu yapılmıştır. Daha sonra yükleme safhasına geçilerek numuneler basınç altında kırılmış ve anlık yükleme altında birim boy deformasyonlar elde edilmiştir.



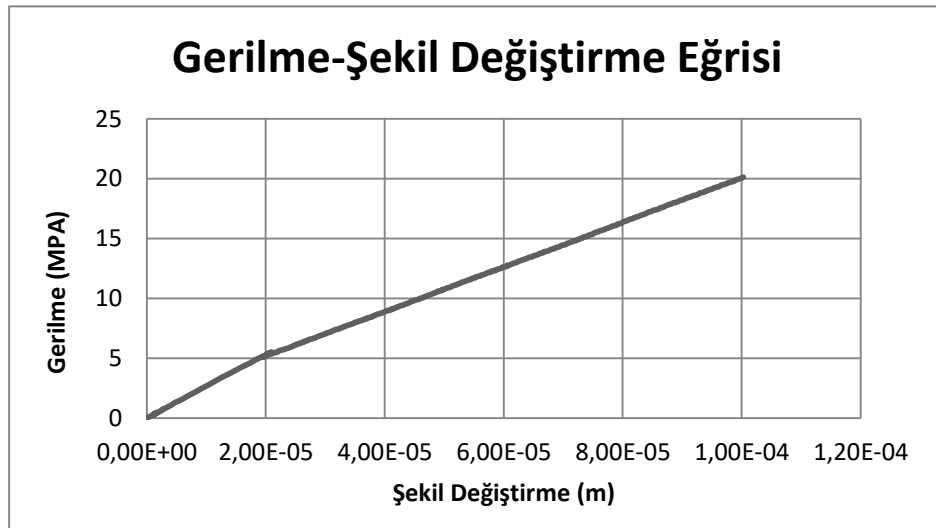
Şekil 5. Yeni numunelere basınç yüklemesi yapılması.

Alınan numunelerin tamamı stain gauge bağlanarak kırıldıktan sonra anlık gerilme ve şekil değiştirme dataları elde edilmiştir. Bilindiği üzere bu datalar ışığında çizilen gerilme-şekil değiştirme eğrisinin tanjantı elastisite modülünü vermektedir. Bu modül sekant yöntemi ile gerilmenin sıfır noktası ile maksimum gerilmenin %40'ına denk gelen, yani diğer adıyla elastik limit noktasının bir doğru ile birleştirilmesi ve bu doğrunun eğimi olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler neticesinde anlık gerilme ve deformasyon değerleri bulunmuştur. Tablo 5'de verilen anlık strain gauge ölçümleri data logger yardımı ile elde edilmiştir.

Tablo 5. Anlık gerilme-şekil değiştirme dataları.

Düşey deformasyon (m)	Yatay deformasyon (m)	Anlık gerilme (N)	Düşey birim deformasyon (m)	Yatay birim deformasyon (m)
5,50E-06	-9,61E-06	0,202213045	5,49501E-07	0,0000010
8,24E-06	-9,61E-06	0,220596219	8,24252E-07	0,0000010
9,62E-06	-1,10E-05	0,220596219	9,61627E-07	0,0000011
6,87E-06	-1,10E-05	0,220596219	6,86876E-07	0,0000011
8,24E-06	-9,61E-06	0,238979126	8,24252E-07	0,0000010
9,62E-06	-1,10E-05	0,257362312	9,61627E-07	0,0000011
1,24E-05	-1,10E-05	0,266553753	1,23638E-06	0,0000011
1,51E-05	-8,24E-06	0,284937195	1,51113E-06	0,0000008
1,65E-05	-9,61E-06	0,303319032	1,6485E-06	0,0000010
1,92E-05	-9,61E-06	0,312509952	1,92325E-06	0,0000010

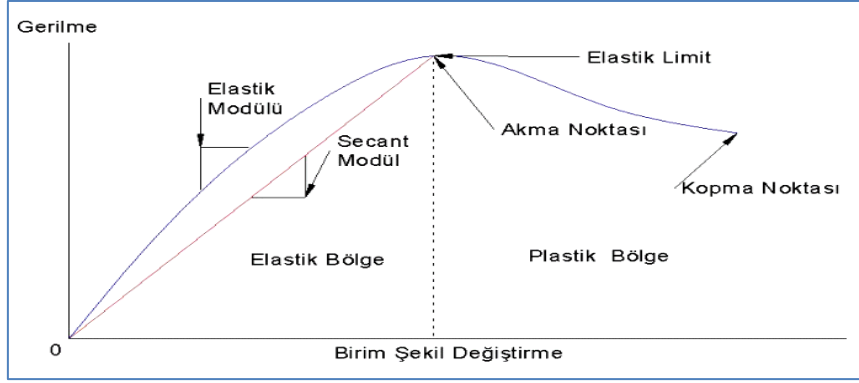
Elde edilen anlık yükleme ve bu yükleme altında meydana gelen deformasyon değerlerinin daha anlamlı hale gelmesi amacıyla Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrisi Şekil 6'da görüleceği üzere oluşturulmuştur. Grafik betonun beklenen davranışına paralel şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 6. Gerilme-Şekil Değiştirme eğrisi.

A. YENİ ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN HESAPLANMASI

Bilindiği gibi deneysel olarak elastisite modülü hesaplamak için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada elastisite modülü gerilme-şekil değiştirme eğrisi kullanılarak tayin edilen sekant yöntemi (modülü) kullanımı ile Şekil 7’de gösterilmektedir [6-11].



Şekil 7. Sekant modülü yöntemi

Sekant modülü yöntemini kullanılarak yapılan deneylerde, yapıdan alınan numunelerin 2 adedi için sağlıklı veriler elde edilememiş olup diğer 4 numunenin elastisite modülü Tablo 6’da gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 6. Numunelerin deneysel bulunan elastisite modülleri.

Numune no	Elastisite modülü (kgf/cm ²)
1	190.798
2	174.458
3	160.382
4	181.250

Tüm veriler sonucunda, elde edilen yeni elastisite modülü ortalaması 176.722 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Deneysel parametrik olarak elde edilen elastisite modülü ve diğer tüm veriler doğrultusunda deprem performans analizi yapılmıştır.

B. DEPREM PERFORMANS ANALİZLERİNİN İNCELENMESİ

Yapı 3 boyutlu olarak tekrar modellenerek Şekil 8’de gösterilen modelleme oluşturulmuştur. Yapının her iki durumu için hesaplanan veriler paket program yardımı ile deprem performans analizine tabi tutulmuştur. Bu hesaplamalarda kullanılan genel veriler Tablo 7’de görüleceği şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 8. Yapının 3 boyutlu modellenmesi.

Tablo 7. Yapının statik verileri.

Yapı tipi katsayısı (R)	4.0
Bina Önem Katsayısı (I)	1.0
Spektrum karakteristik periyodu.(t_a/t_b):	0.2/0.9
Hareketli yük katsayısı (n)	0.6
Sıfır rölatif hareket yüksekliği (m)	3.30
Hareketli yük azaltma katsayısı(C_z)	1.0
Zemin emniyet gerilmesi(t/m^2)	9.0
Zemin yatak katsayısı (t/m^3)	1080.0
Statik analiz yöntemi	Lineer analiz
Deprem standardı	DBYBHY 2007
Betonarme hesap yöntemi	Taşıma gücü yöntemi TS500-2000
Deprem hesabı yöntemi	Mod süperpozisyonu ile dinamik analiz
Temel analiz opsiyonu	Sadece temel dönmeleri dikkate alınması
Zemin hareketli yük azaltma değeri	1.0
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı	1.50
Kiriş ve kolon rijitlik bölgesi opsiyonu	Yarı sonsuz rijit davranış
Kiriş uçlarında elastik ankastre	Elastik ankastre

V. AMPİRİK VE DENEYSEL OLARAK ELDE EDİLEN ELASTİSİTE MODÜLÜ İLE YAPILAN STATİK HESAPLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Deneyler sonucu elde edilen yeni elastisite modülüne göre aynı taşıma gücüne sahip binanın malzeme tanımlamaları yeniden modellenmiştir. İkinci kez paket programı kullanılarak yapılan statik analiz sonucu yeni veriler elde edilmiştir. Elde edilen her iki deprem tahkik raporları deprem momenti, görelî kat ötelemeleri, perde taban kesme kuvveti ve bina yatay yük kapasite oranlarına göre karşılaştırmalı olarak Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8. Statik hesapların karşılaştırılması.

TS500-2000 Yönetmeliğinde bulunan elastisite modülü formülü kullanılarak yapılan statik analiz sonuçları		Deneysel parametrik yöntemle bulunan elastisite modülü kullanılarak yapılan statik analiz sonuçları	
Σ Deprem momenti X Yönü: $\Sigma F_x =$ 128,160 tm	Σ Deprem momenti Y Yönü: $\Sigma F_y =$ 162,21 tm	Σ Deprem momenti X Yönü: $\Sigma F_x =$ 142,530 tm	Σ Deprem momenti Y Yönü: $\Sigma F_y =$ 176,142 tm
Görelî kat öteleme X yönü 3. kat 0,0003064 MH	Görelî kat öteleme Y yönü 3. kat 0,0016635 MH	Görelî kat öteleme X yönü 3. kat 0,0004130 MH	Görelî kat öteleme Y yönü 3. kat 0,0024820 MH
Σ Perde taban kesme kuvveti X Yönü $V_x = 101,38t$	Σ Perde taban kesme kuvveti Y Yönü $V_y = 130,27t$	Σ Perde taban kesme kuvveti X Yönü $V_x = 112,31t$	Σ Perde taban kesme kuvveti Y Yönü $V_x = 142,48t$
Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat V_r/V_e 730,84/134,16 = 5,448		Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat V_r/V_e 731,61/145,73 = 5,02	

Her iki statik hesap için yapılan karşılaştırmalar özet olarak aşağıdaki şekildedir.

- Deneysel verilerle yapılan hesaplamalarda binanın toplam deprem momentinin X-X yönünde %10, Y-Y yönünde %9 civarında ilk hesaplamadan daha fazla momente maruz kaldığı,
- Binanda en yüksek ötelemenin meydana geldiği 3. katta X-X yönünde %25, Y-Y yönünde %33 civarında ilk hesaplamadan daha fazla kat ötelemesi olduğu,
- Binanın deprem performans analizinde önemli bir veri olan bina yatay yük kapasite oranının %8 civarında eksildiği görülmüştür.

Aynı zamanda aşağıdaki tabloda can güvenliği sağlamayan elemanlar her iki hesap için ayrı ayrı hesaplanarak Tablo 9 ve Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 9. TS500-2000 formülleriyle bulunan elastisite modülüne göre yapılan statik analizde can güvenliği sağlamayan elemanların dağılımı.

Kat no	X yönü		Y yönü	
	Kiriş(%)	Kolon(%)	Kiriş(%)	Kolon(%)
4	0/1	1/2	0/0	0/2
3	6/20	14/20	0/14	7/20
2	0/14	1/30	0/14	0/30
1	0/14	0/30	0/14	0/30

Tablo 10. Deneyssel parametrik olarak bulunan elastisite modülüyle yapılan statik analiz sonucu can güvenliği sağlamayan elemanların dağılımı

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş(%)	Kolon(%)	Kiriş(%)	Kolon(%)
4	0/1	2/2	0/0	0/2
3	7/20	17/20	3/14	7/20
2	0/14	2/30	0/14	0/30
1	0/14	0/30	0/14	0/30

Deneyssel olarak elde edilen elastisite modülü, TS500-2000 yönetmeliği esaslarına göre yapılan hesaplamaadan yaklaşık %30 daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu düşüş sonucunda yapılan her iki statik hesap karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda TS500-2000 yönetmeliği esaslarına göre yapılan ilk hesaplamalarda göçme bölgesi kiriş hasar oranı %5,0 ve plastikleşen kolon oranı %84,6 olduğu elde edilmiş iken, elastisite modülünün deneyssel parametrik olarak elde edilmesiyle yapılan hesaplamalarda göçme bölgesi kiriş hasar oranının %10,0 ve plastikleşen kolon oranının %98,4 olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplama ile elastisite modülünün olduğundan daha fazla kabul edilmesinin, yapının dayanımına hangi oranda etki ettiği eleman, kesit ve yapı bazında bulunmuştur.

VI. SONUÇ

Yapılan saha çalışmaları ile alınan numuneler laboratuvar ortamında deneye tabi tutulmuştur. Bu deneyler neticesinde farklı elastisite modüllerine göre yapılan farklı iki statik hesaplama sonucu ile aşağıdaki neticeler elde edilmiştir.

Yapının statik hesabında kullanılan betonun elastisite modülü, öncelikle standartlarda bulunun ampirik formüller kullanılarak hesaplanmış, daha sonrasında aynı modül deneyssel olarak elde edilmiştir. Her iki durum için ayrı ayrı yapılan statik hesap neticesinde, yapının deprem performansının yetersiz olduğu görülmüştür. Yapının mevcut durumuyla kullanılması tehlike arz etmektedir.

Yapılan deneylerde söz konusu bina için, betonun elastisite modülünün ülkemizde şu anda yürürlükte olan TS500-2000 normlarına göre yaklaşık olarak %30 oranında fazla hesaplandığı, bunun da binanın deprem anında beklenenden daha olumsuz performans göstereceği sonucuna sayısal olarak ulaşılmıştır.

Sonuç olarak; elastisite modülünün laboratuvar deneylerinde, ampirik formüllerle elde edilen değerlerden daha düşük olmasının en önemli nedeninin, binanın yaşına bağlı olarak betonun yıllar içerisinde yükleme-boşaltma etkilerine maruz kalarak yorulması ve beklenen elastikliği gösteremediği düşünülmektedir. Bu nedenle elastisite modülünün tayin edilmesi hususunda, bu modülün statik hesaba dahil edilirken yalnızca beton dayanımına bağlı olarak standartlarla hesaplanan değer yerine,

bina yaşının da göz önüne alarak daha düşük bir değer tayin edilmesinin daha doğru olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

VII. KAYNAKLAR

- [1] T. Görüm, “23 Ekim 2011 Van depreminin tetiklediği heyelanlar,” Türk Coğrafya Dergisi, c. 0, s. 66, 2016.
- [2] F. Birinci, “Türkiye’nin depremselliği ve yapı stoğu yönünden mevzuat ve mali politikalarının kentsel dönüşümü zorlaştıran unsurları,” 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, no. 2, ss. 1–14, 2013.
- [3] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, TDY 2007, 2007.
- [4] Basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini, Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 13791, 2010.
- [5] Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, TS 500, 2000.
- [6] Manual on Bending and Compression, Comite Euro-International du Beton, CEB 141, 1982.
- [7] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara, Harita. Açın-sama nitelikli 1/100000 ölçekli Adapazarı G24 paftası no:31, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 2002.
- [8] A. Ateş, B. Toprak, ve B. Yeşil, "Düzce ilinde yapı hasarlarının zemin büyütme özellikleri ve yapı rezonans uyumu ile ilgisinin araştırılması," İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, c. 2, s. 3, ss. 76-86, 2013.
- [9] B. Özmen, G. Bağcı, "12 kasım 1999 Düzce depremi raporu", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Türkiye, 2000.
- [10] Use of Concrete in Buildings-Design, Specifications and Related Topics, ACI 318-95, 1996.
- [11] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, TDY 2007, 2007.