

Hızlı Değerlendirme ve Ayrıntılı İnceleme Yöntemleri ile Betonarme Yapıların Hasar Durumlarının İncelenmesi

*¹Ali Demir, ¹Didem Bütün and ¹Emre Ercan

^{*1} Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Manisa Celal Bayar University, Turkey

Abstract:

Yapıların olası bir deprem sonucunda hasar değerlendirmesinin kısa sürede ve minimum maliyet ile yapılabilmesi için çeşitli hızlı değerlendirme teknikleri ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, mevcut yapıların hasar durumlarının belirlenmesi için geliştirilen ve uygulamada sıklıkla kullanılan 4 farklı yöntem ele alınmıştır. Kanada Sismik Tarama ve P25 gibi hızlı değerlendirme yöntemleri, Türk Deprem Yönetmeliği-2007' de önerilen doğrusal elastik hesap yöntemi ve Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2013) çalışma kapsamında ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, mevcut yapı stoğunun çok büyük bir bölümünü oluşturan betonarme yapıların göçme risklerinin belirlenmesi için kullanılan hızlı değerlendirme tekniklerinin güvenilirliğini araştırmaktır. Çalışma kapsamında, Manisa bölgesinde bulunan ve mevcut yapı stoğunu temsil edecek şekilde geometrik özellikleri belirlenen farklı parametrelere sahip 24 adet betonarme yapı 4 farklı yöntem ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak, yapıların hasar durumları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar arasında çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hızlı değerlendirme teknikleri, TDY-2007, betonarme yapı, göçme riski

1. Giriş

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda gerçekleşen depremlerde oluşan hasar ve yıkımlar ile birlikte çok sayıda can kaybı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle binaların depreme karşı güvenli olup olmadığının tespit edilmesi bir gereklilik haline gelmiştir. Ülkemizde 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik [1] revize edilerek 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (TDY-2007) [2] hazırlanmıştır. Mevcut binaların deprem güvenliğinin incelenmesinde Türk Deprem Yönetmeliğinin 7. Bölümünde yer alan doğrusal elastik yöntem ve doğrusal olmayan elastik yöntemlere göre analizler yapılmaktadır. Sürekli artış halinde olan yapılaşmanın, olası bir deprem esnasında davranışlarının tespit edilebilmesi için hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda mevcut yapıların daha hızlı bir şekilde değerlendirilebilmesi için bu çalışma kapsamında da detaylı bir şekilde Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2013) [3], Kanada Sismik Tarama Yöntemi [4] ve P25 Yöntemi [5] ele alınmıştır.

Bu çalışma kapsamında, hızlı değerlendirme yöntemlerinden Kanada Sismik Tarama [4] ve P25 yöntemleri [5] kullanılarak mevcut betonarme yapıların hızlı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçların güvenilir olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaç kapsamında, hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar TDY-2007 [2] ve RYTEİE-2013 [3] kullanılarak elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Ele alınan mevcut betonarme yapının kat kalıp planı Manisa bölgesinin yapı stoğunu yansıtacak şekilde seçilmiştir. Manisa bölgesinde bulunduğu varsayılan 24 adet betonarme bina, bu 4 farklı değerlendirme yöntemi ile incelenmiş ve yapıların hasar durumları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Manisa Celal Bayar University, 45140, Manisa TURKEY. E-mail address: ali.demir@cbu.edu.tr, Phone: +902362012323

2. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Yöntemler

2.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi [4]

Kanada Sismik Tarama Yönteminde incelenen binaların parametreleri, her bir binanın deprem riskinin değerlendirmesidir. Bu nedenle söz konusu binalar ile ilgili doğru kararı verebilmek için bina ile ilgili olabildiğince bilgi toplanması gerekmektedir. Elde edilen bu bilgiler sayısal parametrelere karşı gelmektedir. Binanın adresi, kat sayısı, toplam bina kullanım alanı, yapımda kullanılan taşıyıcı sistemin malzemesi (betonarme, çelik vb.), taşıyıcı sisteme yapılan müdahale, bozulmalar, bölgenin depremselliği, zemin sınıfı, taşıyıcı sistem türü, binada var olan düzensizlikler, binayı kullanan insan sayısı gibi parametrelere değer verilerek indeksler belirlenmiştir.

Bina ile ilgili gerekli incelemeler tamamlandıktan sonra elde edilen sayısal verilerin sayısal değerlendirilmesi yapılmaktadır. Öncelikli olarak hesaplanan indekse göre sıralama yapılmaktadır. İndeksin yüksek olması önceliğin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Öncelik sıralamasında üç indeksten biri kullanılabileceği gibi binanın ve bölgelerin depremselliği dikkate alınarak yalnızca biride seçilebilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda sayısallaştırılan parametrelere göre yapısal indeks (SI), yapısal olmayan indeks (NSI), yapısal ve yapısal olmayan indeksin toplamına (SPI) isimlendirmesi verilmektedir.

SI ya da NSI	1.0~2.0	Yeterli deprem güvenliği (YDG)
SPI	<10	Düşük öncelikli binalar (DÖB)
SPI	10~20	Orta öncelikli binalar (OÖB)
SPI	>20	Yüksek öncelikli binalar (YÖB)
SPI	>30	Çok tehlikeli binalar (ÇTB)

2.2. P25 Yöntemi [5]

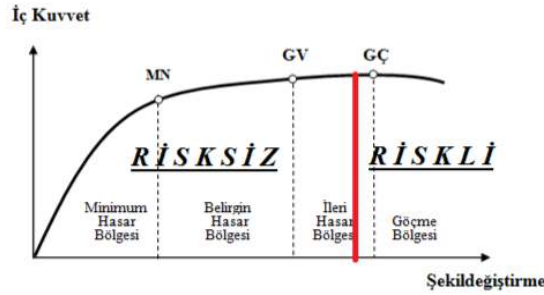
“Sıfır Can Kaybı Projesi [6]” ve “P5 Yöntemi” adıyla can kayıplarının önlenmesi ve mevcut binaların hızla incelenmesini amaç edinen bu değerlendirme yöntemleri, Bal’ ın [7] yaptığı çalışmalar sonucunda daha da geliştirilerek, P24 Yöntemi adıyla başarılı sonuçlar elde etmiştir. Daha sonra P24 Yöntemi daha çok sayıda binaya uygulanarak kalibre edilmiş ve yeniden düzenlenerek P25 adını almıştır. Bu yöntemde incelenen yapılarda mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak; söz konusu yapıların değişik göçme modlarını da göz önüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu puanların birbirleri ile etkileşimini, yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de göz önüne alan bir P-sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen P-sonuç puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında bir bilgi edinilmektedir. Binanın kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir.

- **P₂₅ ≥ 40** → Düşük risk bölgesi: Bina olası bir depremde belirli bir hasar olabilir ancak can kaybına yol açacak toptan göçme yaşanmayacaktır.
- **40 > P₂₅ ≥ 15** → Şüpheli risk bölgesi: Binanın durumu şüphelidir. İkincil ve ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmalıdır.

- $P \leq 15$ → Yüksek risk bölgesi: Bina olası bir depremde büyük olasılıkla toptan göçecektir. En kısa zamanda güçlendirilmesi veya yıkılması gereklidir.

2.3. Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE2013) [3]

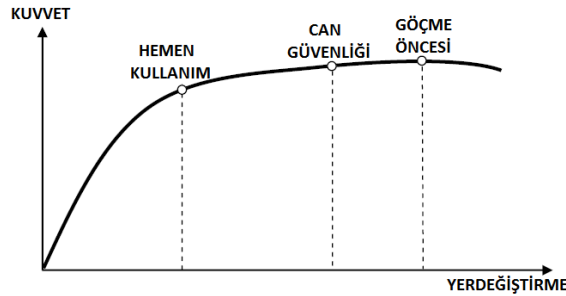
Bu yönetmelik, yüksekliği (H_n) 25 m veya zemin döşemesi üstü sekiz katı geçmeyen binaların risk belirlemesi için kullanılır. Bu yönetmelik bina türünde olmayan yapılar ile tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların veya bir afet sonrasında orta veya ağır hasarlı olarak bilinen binanın risk tespiti için kullanılamaz. Deprem yönetmeliğindeki hasar sınırları dikkate alındığında riskli yapı ve risksiz yapı sınırları Şekil 1’ de ifade edilmiştir.



Şekil 1. Riskli ve Risksiz Yapı Hasar Sınırları

2.4. Türk Deprem Yönetmeliği-2007 [2]

Bu yöntemlere ek olarak, mevcut yapıların tümü Türk Deprem Yönetmeliği’nde önerilen Doğrusal elastik Mod Birleştirme hesap yöntemi ile analiz edilmiş ve elde edilen tüm sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. TDY-2007 koşullarına göre hasar durumları Şekil 2’ de gösterilmiştir.

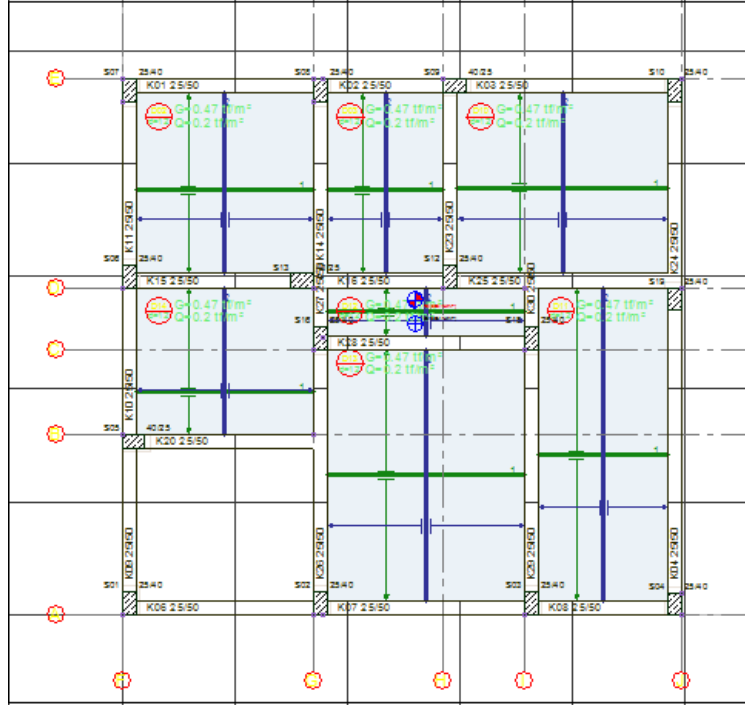


Şekil 2. TDY-2007 Koşullarına Göre Yapı Hasar Sınırları

2.5. Betonarme Yapının Genel Özellikleri

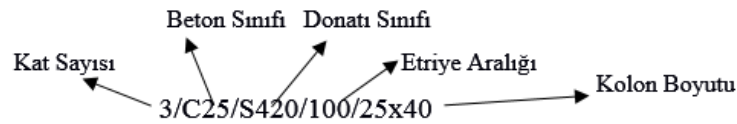
Manisa yapı stoğu detaylı bir biçimde incelenmiş ve yapı stoğunu yansıtacak şekilde belirlenen yapıya ait kat kalıp planı Şekil 3’ de gösterilmiştir. Bu yapıya ait kat yüksekliği, beton

sınıfı, donatı sınıfı, kolon boyutları, etriye aralıkları, çıkma durumu ve yumuşak kat düzensizliği değişken parametreler olarak gözönüne alınarak 4 farklı yöntem ile 22 adet farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak bu yapılara ait göçme durumları belirlenmiştir.



Şekil 3. Seçilen Kat Kalıp Planı

Tablo 1’ de verilen yapısal parametrelerin temsil ettiği özellikler aşağıda açıklanmıştır. Seçilen yapının kat adedi 3 ve 5, beton sınıfı C10 ve C25, donatı sınıfı S220 ve S420, etriye aralığı 100 mm ve 200 mm, kolon boyutları 25x40 cm, 30x50 cm ve 60x60 cm olacak şekilde değişkenlik göstermektedir.



3. Analiz Bulguları

Kat sayısı, beton sınıfı, donatı sınıfı, etriye aralığı, kolon boyutları değişken parametreler olarak göz önüne alınan ve Manisa yapı stoğunu temsil edecek şekilde seçilen 24 adet betonarme yapı 4 farklı değerlendirme yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 1’ de sunulmuştur.

Tablo 1. Uygulanan Parametreler ve Değerlendirme Sonuçları

		DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ			
	Parametreler	P25 Yöntemi	Kanada Sismik Tarama Yöntemi	TDY-2007	RYTEİE-2013
1	3/C25/S420/100/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Orta Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
2	3/C10/S420/100/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Orta Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
3	3/C25/S220/100/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Orta Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
4	3/C25/S420/100/30x50	Yüksek Risk Bölgesi	Orta Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
5	3/C25/S420/200/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Orta Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
6	3/C25/S420/100/60x60	Şüpheli Risk Bölgesi	Orta Öncelikli Binalar	Hemen Kullanım	Riskli Bina Değil
7	5/C25/S420/100/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
8	5/C10/S420/100/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
9	5/C25/S220/100/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
10	5/C25/S420/100/30x50	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina
11	5/C25/S420/100/60x60	Yüksek Risk Bölgesi	Yüksek Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
12	5/C25/S420/200/25x40	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
13	3/C25/S420/100/25x40/ Yumuşak Kat	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
14	3/C10/S420/100/25x40/ Yumuşak Kat	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
15	3/C25/200/25x40/ Yumuşak Kat	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
16	5/C25/ S420/100/25x40/ Yumuşak Kat	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina
17	5/C10/ S420/100/25x40/ Yumuşak Kat	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
18	5/C25/ S420/200/25x40/ Yumuşak Kat	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina
19	3/C25/ S420/100/25x40/ Çıkma	Yüksek Risk Bölgesi	Yüksek Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
20	3/C10/ S420/100/25x40/ Çıkma	Yüksek Risk Bölgesi	Yüksek Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
21	3/C25/ S420/200/25x40/ Çıkma	Yüksek Risk Bölgesi	Yüksek Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
22	5/C25/ S420/100/25x40/ Çıkma	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil
23	5/C10/ S420/100/25x40/ Çıkma	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme	Riskli Bina
24	5/C25/ S420/200/25x40/ Çıkma	Yüksek Risk Bölgesi	Çok Tehlikeli Öncelikli Binalar	Göçme Öncesi	Riskli Bina Değil

4. Sonuçlar

Yapılan tüm analizler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Kat sayısı yapının deprem davranışını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. P25 yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yöntemlerinde bina yüksekliği veya kat adedi olarak bu parametre hesaba katılmaktadır. Kat sayısının artması, P25 yönteminde risk durumunu herhangi bir şekilde etkilememiştir. Kanada Sismik Tarama yönteminde ise, kat sayısının artması risk durumunu ortalama bir basamak arttırmıştır.

Betonarme yapıların ve yapısal elemanlarının deprem davranışları üzerinde donatı çeliği oldukça önemli bir parametre olmasına rağmen, P25 yöntemi ve Kanada Sismik Tarama yöntemlerinde hesaba katılmadığından yapıların risk durumlarını değiştirmemiştir.

Beton dayanımı yapının deprem performansına etki eden bir diğer önemli parametredir. Beton sınıfı, Kanada Sismik Tarama yönteminde herhangi bir işlem basamağında parametre olarak bulunmamaktadır. Fakat P25 yönteminde yapılan hesaplamalarda göz önüne alınmış olmasına rağmen yapıların risk durumlarını değiştirmemiştir.

Etriye sıklaştırması sargı etkisi ile betonarme elemanlarda deformasyon kapasitesini arttırmaktadır. Böylece elemanın dayanımı değişmese de enerji sönüm kapasitesi arttırılarak yapının deprem davranışı iyileştirilmektedir. Etriye sıklaştırması, P25 yönteminde göz önüne alınmakta fakat Kanada Sismik Tarama yönteminde herhangi bir şekilde hesaba katılmamaktadır. Yapılan analizlerde kolon etriye aralıkları iki katına çıkmış olmasına rağmen risk durumları değişmemiştir.

Kolon boyutları yapının rijitliğine etki eden en önemli parametrelerden biridir. Kolon boyutları ve atalet momenti, P25 yönteminde kullanılmakta fakat Kanada Sismik Tarama yönteminde binanın durumuna göre göz önüne alınmaktadır. Fakat bu çalışmada kolon boyutları epeyce arttırılmış olmasına rağmen 5 katlı yapıda sonucu etkilememiş, 3 katlı yapıda ise sonuç üzerinde etkili olmuştur.

Yumuşak kat oluşumu yapıların deprem performanslarını olumsuz etkileyen parametrelerin başında gelmektedir. Bu yüzden hem Kanada Sismik Tarama yöntemi'nde hem de P25 Yöntemi'nde göz önüne alınmaktadır. Yapıya yumuşak kat eklenmesi Kanada Sismik Tarama yönteminde risk durumunu bir basamak arttırmıştır.

Çıkma yapı davranışlarını olumsuz şekilde etkilemektedir. Çıkma etkisi Kanada Sismik Tarama yönteminde gözlemsel olarak göz önüne alınırken, P25 Yönteminde yapılan hesaplamalarda analitik olarak hesaba katılmaktadır. Yapıya çıkma eklenmesi Kanada Sismik Tarama yönteminde risk durumunu bir basamak arttırmıştır.

Yapılan analizler neticesinde hızlı değerlendirme teknikleri kullanılarak elde edilen risk durumlarının oldukça güvenli tarafta kalmaya yönelik sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Neredeyse incelenen yapıların tümünde güçlendirme gerekliliği ortaya çıkmıştır. P25 yöntemi ile elde edilen sonuçların neredeyse tümü yüksek risk bölgesinde kalmış ve kolon boyutlarının epeyce arttırılması

dışında herhangi bir parametrenin değişmesi yapılarda risk durumunu etkilememiştir. Daha çok gözleme dayalı olan Kanada Sismik Tarama yöntemi ise yapının mevcut durumunu ve bulunan düzensizlikleri göz önüne almakta fakat tüm durumlarda yapıların daha detaylı biçimde incelenmesi gerektiği sonucunu vermektedir. Tüm bu sonuçlar ışığında yapının mevcut durumunu daha net göz önüne alan, daha güvenilir ve parametre değişimlerine daha duyarlı hızlı değerlendirme tekniklerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Referanslar

- [1] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [2] DBYYHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (2007).
- [3] RYTEİE-2013, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2013).
- [4] NRRC (National Research Council of Canada). 1993. Manual for Screening of Buildings for Seismic Investigation. Canadian Standard. Ottawa: National Research Council of Canada
- [5] Bal İE, Tezcan SS, Gülay FG. Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 661-673, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.
- [6] Tezcan, SS, Bal, GE. Sıfır Can Kaybı Projesi İstanbul’ un Kurtuluş Reçetesi, Yapı Denetim Dergisi, Mart 2005/32, İstanbul.
- [7] Bal İE. Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2005.