

Binaların Sağlığı Nasıl Ölçülür?

Pınar Dünder [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Geçtiğimiz yıllarda TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) tarafından desteklenen projelerimizden seçkiler sunmuştuk. 50. yılımla birlikte sizleri başarılı projelerimizden haberdar etmeye devam edeceğiz. Bu ay tanıtacağımız çalışma 2016 yılına ait TEYDEB başarı hikâyeleri kitapçığında yer alan ve binaların yapısal sağlığının takibine yönelik bir proje.

Projenin adı “Deprem mühendisliği ve yapısal sağlık takibine yönelik test ve ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi”. Bu haliyle ilk bakışta biraz karmaşık bir konu gibi gelebilir. İsterseniz biz buna kısaca “yapıların sağlığının takibi” diyelim. Yapısal sağlık takibi temel olarak bir yapının gösterge niteliğindeki önemli parametrelerinin sürekli ya da

belli aralıklarla takip ve analiz edilmesi anlamına geliyor. Yapının doğal titreşim frekansı da bu parametrelerden biri. Aslında her binanın doğal titreşim frekansı var. Bu değer o bina için normal şartlar altında hiç bir zaman değişmeyen bir değer. Ancak yapının taşıyıcı sisteminde değişiklik yaratabilecek durumlarda -deprem, sel, aşırı kar yükü, derin kazı çalışması, yıllar içinde binanın yorulması- binanın doğal titreşim frekansı değişir. Yapısal sağlık takip sistemi tam da bu noktada görev alır. Bina sağlamken belirli noktalara yerleştirilen ve ivmeölçer adı verilen algılayıcılar frekansta ne kadar değişim olduğunu ölçer. Bu değişim dakikalar içinde cihaz tarafından kaydedilir ve incelenmek üzere mühendislere iletilir.



Diyelim ki oturduğunuz binanın yanındaki arazide bir kazı çalışması yapılıyor. Binanıza yerleştirilmiş algılayıcılar sayesinde algılayıcı sıklığına da bağlı olarak bu kazının sizin binanızın hangi noktalarına, ne kadar hasar verdiği tespit edilebiliyor ve böylelikle alınması gereken önlemler hızla alınabiliyor. Ya da deprem sonrasında hasarlı binalarda tespit yapılırken binanın hangi katında ve hangi ölçüde hasar olduğu ile ilgili veriler elde ediliyor. Bu veriler aynı zamanda o binanın içinde oturulmaya elverişli olup olmadığına karar verilmesinde de rol oynuyor. Ciddi ölçüde deprem riski taşıyan bölgeleri olan bir ülke olduğumuzu düşünürsek, cihazın sağladığı verilerin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkıyor. Ancak şunu unutmamak gerekiyor:

Hasar tespiti yapılabilmesi için algılayıcıların bina sağlamken yerleştirilmesi gerekiyor. Bu tür yapısal takip sistemleri aslında dünyanın farklı ülkelerinde elli yıldan uzun bir süredir üretiliyor. Türkiye’de ise cihazlar uzun yıllar yurtdışından temin edilmiş. İlk müşteriler de üniversitelerde Ar-Ge çalışmaları yapan akademisyenler olmuş. Ancak yurtdışından alınan cihazların hem pahalı olması hem de akademisyenlerin tüm ihtiyaçlarına cevap verecek nitelikte olmaması bu alanda yeni bir üretim ihtiyacı doğurmuş. Ta ki Teknik Destek Grubu (TDG) piyasaya girmeye karar verene kadar. TDG işe öncelikle akademisyenlere yurtdışından temin edilen cihazların kullanımıyla ilgili teknik destek vererek başlamış. Laboratuvarında yapılan deprem mühendisliğine ilişkin



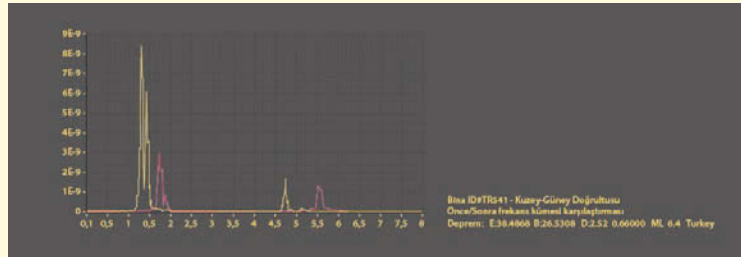
Türkiye’nin önde gelen yapı sağlığı izleme projelerinde cihazların montajı ve ölçümlemesi uzman bir ekip liderliğinde gerçekleştiriliyor.

deneysel çalışmalarda sarsma tablalarının sağlanması gibi hizmetler de veren firma, bu danışmanlık hizmeti sonrasında cihaz hakkında yeterince bilgi sahibi olunca sıra her girişimcinin kazandığı deneyimin ardından kendine sorduğu soruya gelmiş: “Biz neden üretemeyelim?” Böylelikle danışmanlığa bir de üretim işi eklenmiş. Yapısal sağlık takibi sistemi algılayıcı, veri toplama cihazı ve yazılım olmak üzere üç bileşenden oluşuyor.

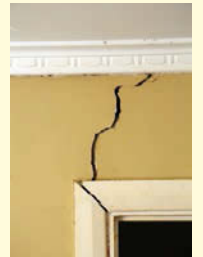
Binanın belirli noktalarına ivmeölçer adı verilen algılayıcılar yerleştiriliyor.



Yapısal sağlık takibinde binaya belirli bir plan kapsamında yerleştirilen ivmeölçerlerle, hiçbir ek sarsıntı yaratmadan titreşim ölçümü gerçekleştirilir. Ortamda herhangi bir deprem sarsıntısı ya da darbe yokken yapılan bu ölçüme “ortam titreşimi altında operasyonel modal analiz” adı verilir. Yapıya küçük genlikte ancak neredeyse eşit dağılımda dış kuvvetlerin etki ettiği kabul edilir. Trafikten kaynaklanan sarsıntılar, rüzgâr yükleri ve küçük tektonik sarsıntılar bu kuvvetlere neden olan etkenler arasındadır. Çok küçük genlikteki bu etkenlere karşı yapının titreşim tepkileri ölçülerek doğal titreşim frekansları bulunur. Ancak genelde mikro-g (g; yerçekimi ivmesi) seviyesinde olan bu titreşimleri ölçüp ayırt edebilmek için çok hassas algılayıcılara ve yüksek çözünürlükte cihazlara ihtiyaç vardır. Geliştirilen yazılım algoritmalarıyla elde edilen veri analiz edilir ve dinamik kimliği çıkarılan yapı sürekli izlenir.



Binanın doğal titreşim frekansında meydana gelen değişiklikler kaydedilerek yorumlanmak üzere uzmanlara gönderiliyor.





2003 yılında restore edilen tarihi Mostar Köprüsü de yapısal sağlık takibi yapılan örnekler arasında.

TDG bu bileşenlerin çoğunluğunun tasarımını, üretimini ve montajını Türkiye’de gerçekleştiriyor. Firmanın sunduğu cihazlar hem yurtdışına bağımlılığı önlemiş hem de benzerlerinden daha pratik. Aynı zamanda esnek, yani kullanıcının ihtiyacına cevap verecek biçimde yenilenebiliyorlar.

Akademisyenlerle sürekli işbirliği halinde olan firma, akademisyenlerin yapılacak deneylere ve uygulamalara göre talep ettiği yazılım ve donanım değişikliklerine kısa sürede uyum sağlayarak yeni cihazlar üretiyor. Firma genel müdürü Sarp Dinçer akademisyenlerin önceleri pahalı olduğu için yurtdışından en fazla üç dört

ivmeölçer içeren cihaz getirebildiğini, ancak yerli üretimle birlikte bu sayının 16-17’ye çıktığını belirtiyor. Bu sayede araştırma çeşitliliğinin ve sayısının arttığını vurguluyor. Dinçer, TDG’nin Türkiye’de yapısal sağlık takibi sistemlerini ve uygulamalarını geliştiren ve cihaz üreten ilk firma olduğunu da vurguluyor.



Firma aynı zamanda DASK’ın (Doğal Afet Sigortaları Kurumu) her yıl düzenlediği depreme dayanıklı bina tasarımı yarışmasında sarsma tablası, ölçüm cihazları ve puanlama sistemi gibi tüm teknik altyapı desteğini veriyor.

DASK’ın 2015’te düzenlediği bina tasarımı yarışmasının videosunu izlemek için aşağıdaki karekodu akıllı cihazınıza okutabilir ya da <https://www.youtube.com/watch?v=fyPf24m3nG0> sitesini ziyaret edebilirsiniz.

Yarışma hakkında bilgi almak için ise <http://www.daskbinatarasimi.com/yarisma-hakkinda> sitesini ziyaret edebilirsiniz.



Üstelik cihaz satışı yalnızca yurtiçiyle sınırlı değil. TDG, bu alanda yurtdışına olan bağımlılığa son vermekle kalmamış, aynı zamanda ürünü ihraç etmeye de başlamış. Dinçer, cihazın hâlihazırda Hindistan, ABD, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri ve Tayland'a satıldığını, Kore, Filipinler, Yunanistan ve İtalya ile de görüşmelerin devam ettiğini belirtiyor.

Cihazları yalnızca akademisyenler değil kamu kurumları, restorasyon firmaları ve müteahhitler de kullanıyor. Günümüzde inşaat alanındaki araştırmaların laboratuvar ortamından çıkmasıyla birlikte köprü, bina gibi yapılara cihazlar kolaylıkla yerleştirilerek veri elde edilebiliyor ve yapılara ilişkin koruma, hasar tespit, onarım çalışmaları gerçekleştiriliyor.

Dolayısıyla cihazın laboratuvar ortamındaki araştırmalardan kamu binalarına (örneğin hastanelere), köprülere ve tünellere, tarihi eserlerden kule tipi yüksek yapılara ve stadyumlara kadar çok geniş bir kullanım alanı var. Örneğin Kandilli Rasathanesi'nde laboratuvar ortamında hazırlanan düzeneklerdeki deprem simülasyon test kontrolörü firmanın ürünü.



2004 Avrupa Futbol Şampiyonası'nın düzenlendiği Portekiz'deki. Braga Stadyumu'nun asma çatısı da incelenen yapılar arasında.



Tüm inşaat mühendisliği yapılarının belirli bir ömrü vardır. Deprem, sel, derin kazı, aynı yükün tekrarlı uygulanması, yorulma gibi nedenler sonucunda yapı yıkılır.

Yapının yıpranma sürecinde aşağıdaki üç seçenekten birine karar vermek gerekir:

- Yapının ömrü dolmadan ve net bir veri elde etmeden binayı yıkmak
- Yapının kendi kendine yıkılmasını beklemek
- Yapıdaki değişiklikleri izleyerek mümkünse bina yıkılmadan binayı onarıp güçlendirmek veya uygun bir zamanlama ile yıkıp yenisini yapmak

Birinci yöntem büyük ekonomik kayba neden olur. İkinci yöntem ekonomik kaybın yanı sıra can kaybına neden olur. Yapısal sağlık takibi olarak bilinen üçüncü yöntem ise en ekonomik çözümü üretir ve can kaybını engeller.

Yapısal sağlık takibi sistemine ilişkin kısa tanıtım videosunu izlemek için yandaki karekodu akıllı cihazınıza okutabilir ya da <https://youtu.be/27NyEBbjbRY> internet sitesini ziyaret edebilirsiniz.



Dinçer ayrıca hazırlanmakta olan Yeni Deprem Yönetmeliği'nde yapısal sağlık takibine ilişkin yaptırımlara yer verilmesinin planlandığını, bir çok proje sahibinin bu uygulamayı şimdiden projesine dahil ettiğini belirtiyor. Tarihi eserlerde kullanılan cihazlar ise restorasyon sırasında yapıda hasar meydana gelip gelmediğinin, var olan çatlaklarda ilerleme olup olmadığının ve binanın eğilip eğilmediğinin ayrıntılı olarak tespit edilmesini sağlıyor. Cihazın kullanıldığı tarihi yapılardan biri de Sivas Divriği Ulu Camii. 1985'te UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne alınan cami, mimari özelliklerinin yanı sıra Anadolu'ya özgü, zengin geleneksel taş işçiliği örnekleriyle de önemli bir eser. Bu nedenle ne kadar yıprandığını tespit etmek ve zarar gördüğünde mümkün olduğunca hızlı müdahale edebilmek, bu eserlerin nesiller boyu varlığını sürdürmeye devam edebilmesi için şart.

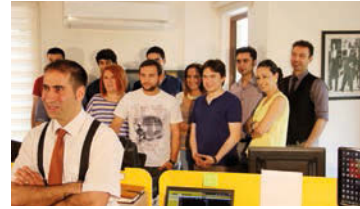
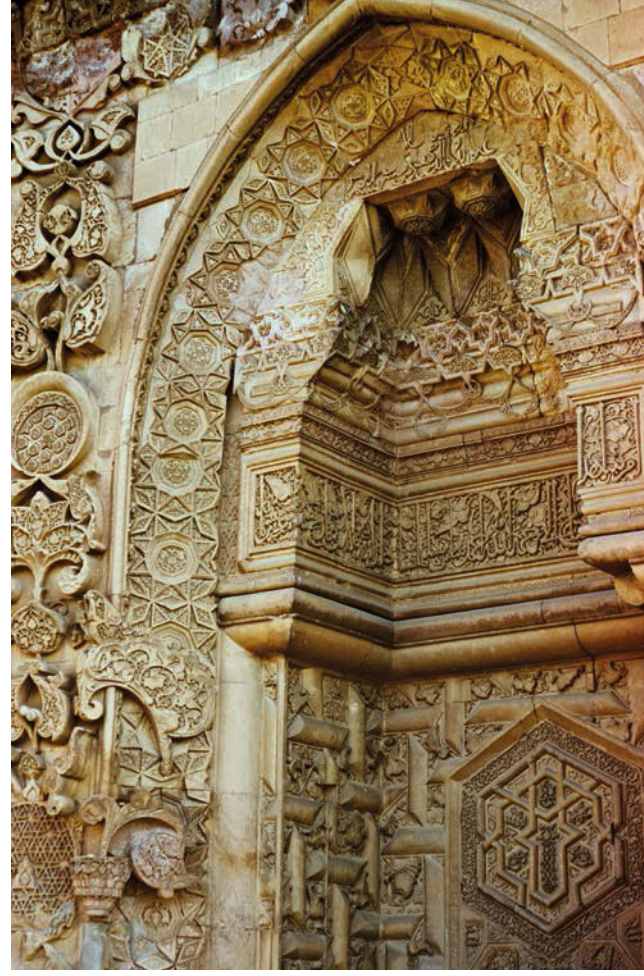
Firma bugüne kadar 1507 (TÜBİTAK KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı) kapsamında üç TEYDEB projesi yürütmüş. Ekibin bir sonraki adımı ise 1501 (TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı) projesine başvurmak. Hedefleri arasında üretim yapan her firma gibi ürünlerin daha kaliteli ve dayanıklısını piyasaya sunmak var.

Cihazda kullanılan algılayıcıları üretmek de öncelikli amaçları arasında. Firmanın en önemli hedefi ise kapsamlı bir yapı sağlığı izleme merkezi kurmak ve bu yolla gerçek zamanlı analiz yapılmasını sağlamak. Hâlihazırda kullanılan sistemde titreşimler veri olarak kaydediliyor ve bu verilerin analizi daha sonraki aşamada yapılıyor. Ancak ODTÜ Teknokent'te kurmayı planladıkları bu merkez hayata geçerse veri elde edilmesiyle eş zamanlı olarak o verinin analizi de yapılabilecek. Bu da yapılara çok daha hızlı müdahale edilmesini olanaklı kılacak. ■



TÜBİTAK'ın sanayi alanında destek verdiği programlar hakkında daha fazla bilgi almak ve programlara başvurmak için yandaki karekodu akıllı cihazınıza okutabilir ya da <https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari> internet sitesini ziyaret edebilirsiniz.

Katkılarından dolayı Teknik Destek Grubu genel müdürü Sarp Dinçer'e teşekkür ederiz.



Projeye imza atan Teknik Destek Grubu adlı firma 2006'da kurulmuş. Firmanın kuruluşuna farklı alanlardan beş uzman öncülük etmiş. İnşaat mühendisi, elektronik mühendisi, yazılım mühendisi, jeoloji mühendisi ve matematikçiden oluşan ekip, işin içine üretim de girince zaman içinde işletme ve pazarlama uzmanlarını da ekibe dahil etmiş. Firma 2006'dan beri yapısal sağlık takibi sistemlerinin kullanımı, verilerin rapor haline getirilmesi ve analizi konusunda danışmanlık ve üretim hizmeti veriyor. Yapının doğal frekanslarını gerçek zamanlı olarak sürekli izleyen MONSTER yazılımı TDG tarafından geliştiriliyor (üstte).

Kaynaklar

- Cunha, A. vd., "From Input-Output To Output-Only Modal Identification Of Civil Engineering Structures", SAMCO Final Report, 2006.
- Dinçer, S., Aydın E. ve Gencer, H., "Binalarda Yapısal Sağlık Takibi İçin Cihazlandırma Yöntemleri", 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, İzmir <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR,44430/divrigi-ulu-camii-ve-darussifasi-sivas.html>
- <http://www.teknikdestek.com.tr/http://www.yapisalsaglik.com/tr/yapisaltakip>
- <https://www.youtube.com/watch?v=VHb6oPgQev4>