

KÖPRÜ TİPİ YAPILAR İÇİN TİTREŞİM TABANLI BİR HASAR TESPİT ALGORİTMASI

ÖZET

Geçtiğimiz ve özellikle içinde bulunduğumuz yıllarda, mühendislik yapıları için yapısal sağlık izleme (SHM), yapının hali hazır durumunun belirlenmesi, üzerinde bir hasarın oluşması, ya da üretimden kaynaklanan herhangi bir kusurun yapı davranışına etkisinin belirlenmesinde dikkate değer bir ilgiyi üzerine çekmektedir.

Mühendislik yapıları; yaşlanma, işletme koşulları, aşırı yükleme, kullanım şartlarının değişmesi, çevresel etkilerin değişmesi gibi durumlar için hasar ve/veya göçmeye karşı şüpheli bir hal almaktadır. Bu nedenle, durumu değerlendirmek ve bu yapıların olası hatalarını öngörmek bir zorunluluktur.

Teknolojideki ve sinyal işlemedeki hızlı gelişmenin yanı sıra sensörlerdeki ve istatistiksel yöntemlerdeki gelişmeler ve çeşitlilikler SHM' i etkili ve ekonomik bir hale getirmiştir. SHM' nin temelinde, yapısal sistemlerin fiziksel özelliklerinin bu sistemlerin dinamik davranışının kullanılarak belirlenmesidir.

SHM nin önemli uygulama alanlarından biri olan hasar tespiti; hasarın varlığını, yerini ve büyüklüğünü yapının dinamik tepkisini kullanan hasar tespit teknikleri (yöntemleri) ile yapılmaktadır.

Yapı sistemlerindeki kusurun belirlenmesinde kullanılan birkaç yöntem bulunmaktadır; bu yöntemler yapının dinamik davranışındaki değişimi kullanarak hasarı belirlerler. Kaydedilen verilerin işlenişindeki strateji yönteme bağlı olarak farklılıklar gösterir. Ayrıca, yöntemlerin hasarın özelliklerinin belirlenmesindeki etkinliği birbirlerine göre değişmektedir. Her yöntemin diğerine sağladığı avantaj ve dezavantaj vardır. Dezavantajları maliyet, zaman, hassasiyet ve/veya uygulama olarak karşımıza çıkabilir. Kullanılacak ölçüm aletlerinin tip ve sayısı da yöntemlerin etkinliklerini değiştirmektedir.

Bu çalışmada, yepyeni bir hasar tespit yöntemi önerilmiş ve köprülerde ivme kayıtlarına dayanan, hasarın yerini belirleyebilen bir hasar tespit algoritması geliştirilmiştir. (TPC) İki noktaya indirgeme tekniği olarak adlandırılmıştır.

Rijitlik matrisi terimlerinin belirlenmesi hasarın varlığının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu aşamada sadece köprü üzerinde oluşan titreşimin ivme kayıtları kullanılmıştır. Serbest titreşim test verileri bu çalışmada zaman tanım alanında hasarı tanımlamak için kullanılmıştır. Diğer birçok teknik frekans tanım alanında kullanılmaktadır.

TPC yönteminde, -yapı sistemin iki serbestlik derecesine indirilmiş orjinal rijitlik matrisi ile optimizasyon sonucu belirlenen 2 serbestlik dereceli rijitlik matrisinin karşılaştırılmasına dayanan bir yöntemdir. Hasarın yeri-iki serbestlik dereceli sisteme ait rijitlik matrisini oluşturan terimlerdeki değişimlere göre belirlenir.

Rijitlik ve kütle indirgeme teknikleri, geliştirilen yöntem üzerinde önemli bir role sahiptir. İndirgeme ile, çok serbestlik dereceli büyük bir sistemi bir sistemi, az serbestlik dereceli bir system olarak incelemek mümkün kılınmaktadır. Sonuç olarak, çok serbestlik dereceli büyük bir yapıyı çok daha az serbestlik derecesine sahip bir yapıya, incelenen (aranan) bilgileri kaybetmeden indirgemek mümkün olmaktadır.

İki nokta ile ilgilenmek, yazılacak programı basitleştirmekte, işlenecek veri sayısını azaltmakta ve içerik olarak çok işlemciyi çalıştıran bir program yazmayı kolaylaştırmaktadır ki bu da işlem süresini azaltmaktadır. GPU (Graphical Processing unit) kullanılarak yapılacak bir programlama, işlem süresini 10-1000 misli zaman olarak azaltabilmektedir. Bu programdaki döngülü hesapların birbiri ile ilişkili olmaması, bütün sonuçların bir alt programda toplanabilmesi ile sağlanabilmektedir. Bu çalışmada GPU programlamaya girilmemiş sadece hasar yeri ve hasar miktarını belirleyebilecek bir yöntemin geliştirilmesi olarak sınırlandırılmıştır.

Optimizasyon için Matlab/Octave altında çalışabilen bir program yazılmıştır. Bu çalışmada, çok amaçlı optimizasyon tekniği, TPC tekniğinde kullanılan hareket denklemini optimize etmek için kullanılır. Çok amaçlı optimizasyon aynı anda birden fazla amaç fonksiyonunu optimize etmek için kullanılan matematiksel bir optimizasyon tekniğidir.

TPC tekniği üzerlerinden ivme kaydı alınan iki farklı yapı için denemiştir. Bunlardan birincisi basit mesnetli bir kiriştir, ikincisi ise model bir kafes kiriştir. Kirişte, belli bir bölgeye ek bir levha kaynaklanarak rijitlik değişimi sağlanmıştır. Kiriş için iki çalışma yürütülmüş, her iki çalışmada da geliştirilen algoritmayı kullanın yöntem gerekli hassasiyette hasarı ve yerini belirlemiştir.

Yapılan deneysel çalışmaların sonuçları göstermiştir ki, TPC yöntemi kullanışlı bir tekniktir. Bu yöntemin birkaç üstünlüğü bulunmaktadır:

- Teknik basittir, uygulaması kolaydır ve fazla karmaşık işlem içermez.
- TCP teknik te yapı 2 serbestlik dereceli sisteme indirgenir, böylece işlenecek veri hacmi dolayısıyla hesap zamanı azalır. Yapılacak test sayısının artırılması sonuçların daha hassas olmasını sağlamaktadır.
- Hasarın yerinin belirlenmesinde oldukça iyi (hassas) sonuçlar verir. Deneylelerden elde edilen sonuçlar değişim hakkında oldukça iyi neticeler vermektedir.

TCP teknik değişik hasar durumları için hasar yerini belirlemede oldukça etkilidir. İvme ölçerlerin hasar noktasına yakın olması durumunda hasarın yerinin belirlenmesinde etkin olduğu kadar, ivme ölçerlerin hasardan uzak yerleştirilmiş olması durumu içinde hasarın yerinin belirlenmesinde yöntem oldukça etkilidir.

Buna ek olarak, SEREP indirgeme metodu bu yöntem için daha uygun bir metoddur. Ayrıca sönüm etkileri de göz önüne alındığında bulunan sonuçlar daha da hassas elde edilmektedir.

Ayrıca, bu yöntem bir çelik kafes köprü modelinde bazı elemanların kaldırılmasıyla tanımlanan hasarların derecesini ve yerini belirlemede kullanılmıştır. Köprü modeli için 4 ayrı hasar tipi belirlenmiştir. Sonuçlar bu tip bir yapı için de yöntemin hasarı ve yerini doğru belirlediğini göstermektedir.

Sonuçlar göstermiştir ki Guyan indirgeme yöntemi basit sistemler için uygun olabilirken, büyük sistemler için aranan bilgilerde sapmalara neden olmaktadır. Örneğin frekans ve rijitlik katsayılarındaki sapma kafes kiriş sistem için %10 ve

üzerinde iken SEREP metodu kullanıldığında bu sapma %5' in altına düşmektedir. Kiriş tipi yapıların hesapları sırasında Guyan yöntemi terci edilebilirken, özellikle karmaşık ve kafes türü yapılarda SEREP yönteminin kullanılması tavsiye edilir.

Sonuç olarak, indirgenmiş rijitlik matrisindeki elemanların değişimlerinin gözlenmesine dayanan yöntemin, yapı sağlığı izleme konusunda etkin bir araç olduğu gösterilmiştir. Burada önerilen yöntem hasar ve yerinin belirlenmesinde zaman tanım alanındaki zaman harcatan çok sayıdaki değişkeni içeren hesaplamaları ortadan kaldırdığı için daha etkili ve kullanılabilir hale getirmektedir.

