

TARİH: 03-12-2010

YAZAN: AYDIN KUNTAY, EKSEN MÜHENDİSLİK

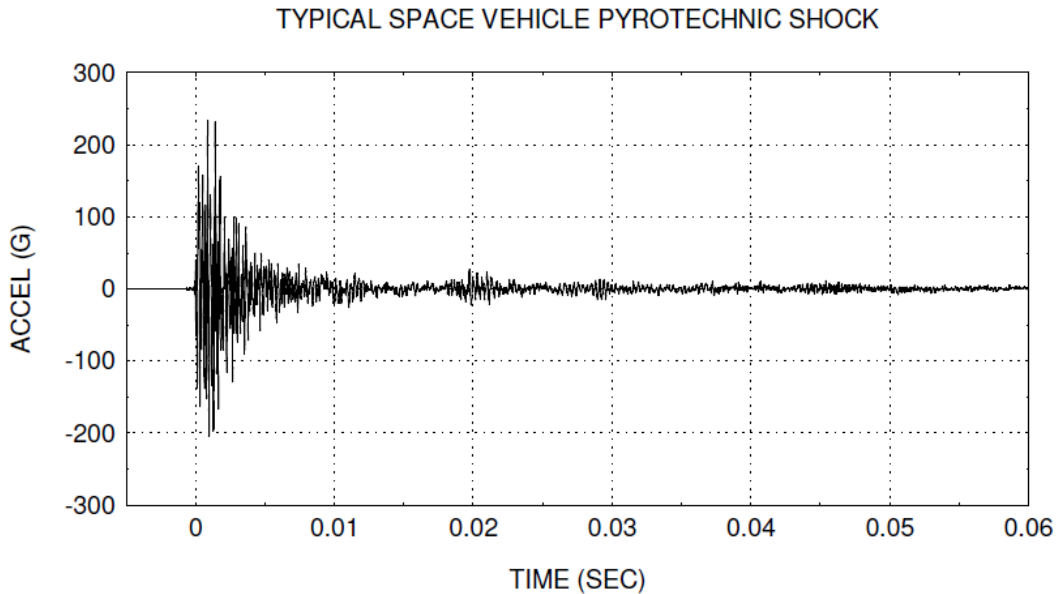
## SONLU ELEMANLAR İLE “SHOCK RESPONSE SPECTRUM” ANALİZİ YAPILMASI

### 1. Giriş

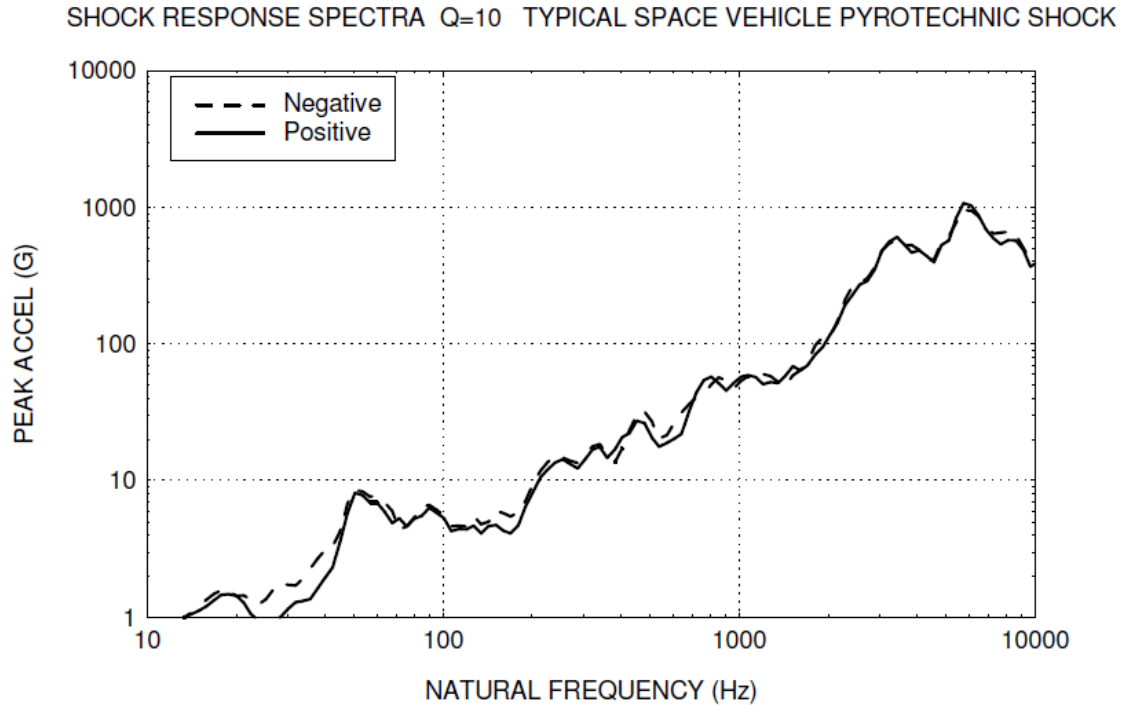
Bu doküman yapılar da SRS olarak bilinen Shock Response Spectrum hesaplarının yapılmasına yardımcı olması amacı ile yazılmıştır. Özellikle askeri, havacılık, uzay gibi sektörlerde ürünler şok testine tabi tutulurlar. Bu testler mekanik yolla veya patlayıcı ile yapılabilir. Çoğu zaman testte uygulanacak SRS eğrisi mevcuttur. SRS eğrisine göre yapının şok analizleri yapılacaktır. Bu raporda teorik bilgiden ziyade işin prosedürü anlatılmaktadır.

### 2. SRS Hakkında

Patlayıcı şoku zaman düzleminde basit matematik fonksiyonlarla ifade edilemeyecek kadar karmaşıktır (Şekil 1). Patlayıcı sonucu oluşan tahriki testlerde aynen tekrarlamak da mümkün değildir. Her testte farklı bir ivme-zaman davranışı elde edilir. Bu nedenle şok testlerini tekrarlanabilir bir şekilde simüle etmek için SRS yöntemi geliştirilmiştir (Ref. 1, Ref. 2). Yöntem çok eskidir. SRS sonucu doğal frekans düzleminde verilmektedir (Şekil 2). SRS yönteminin temelleri için Ref.1 ve Ref.2 kaynaklarına bakınız.



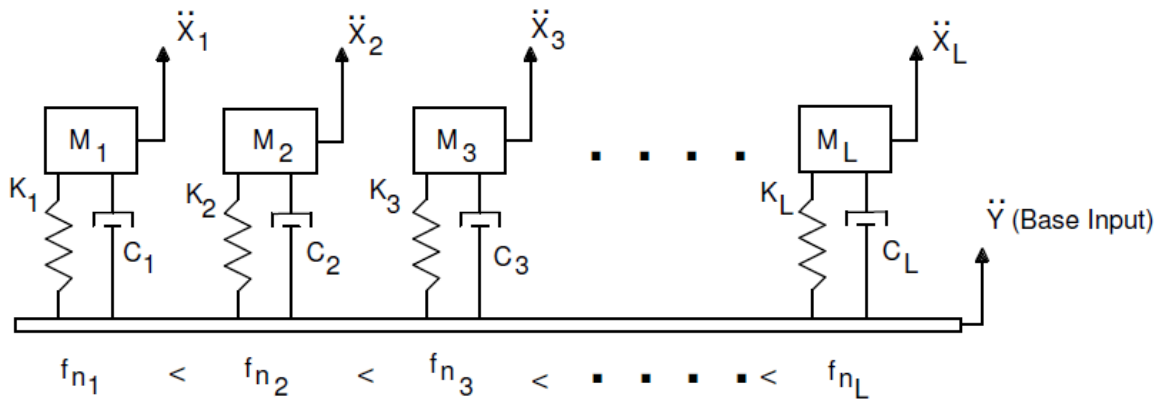
Şekil 1. Patlayıcı ile verilen şok tahrik ivmesi.



Şekil 2. Şekil1'de verilen şok tahrikinin SRS grafiği.

### Doğal Frekans Seçimi

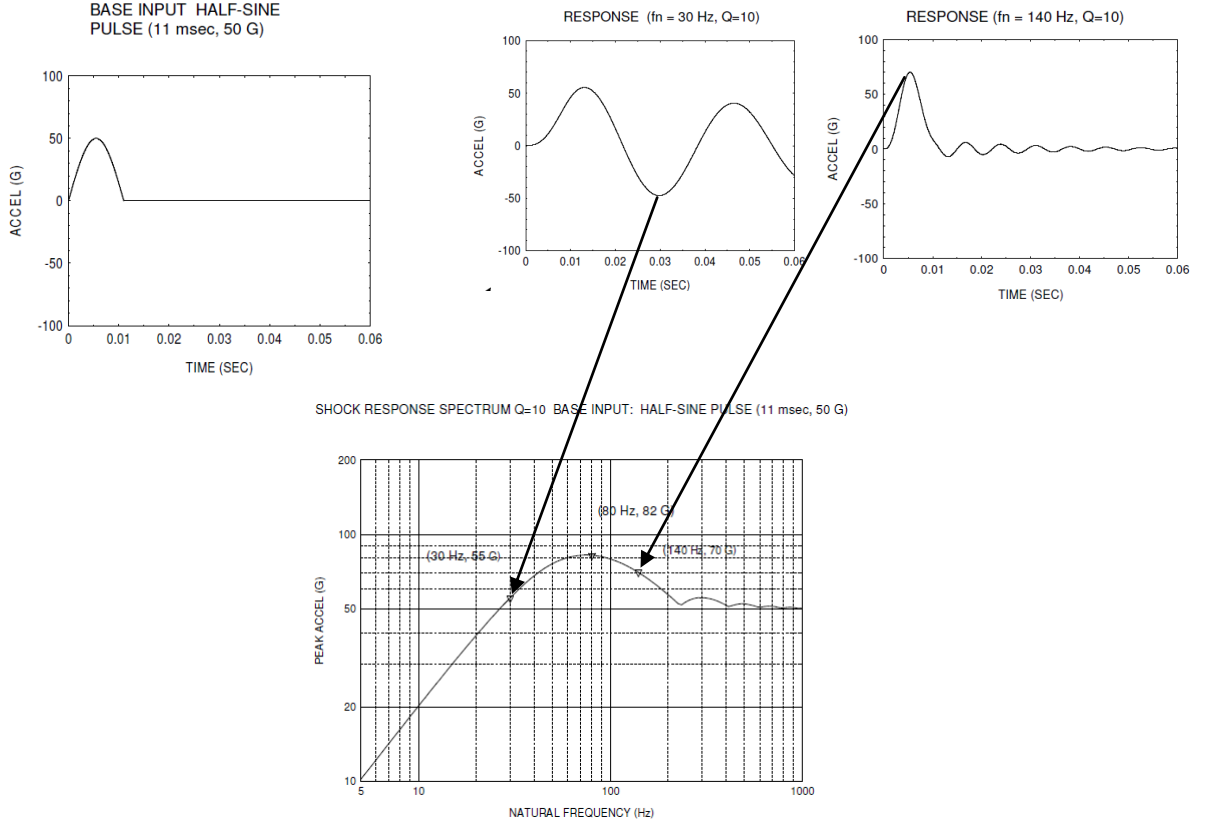
İvme-zaman eğrisinden SRS grafiği hesabı yaparken, istenen doğal frekanslar seçilebilir. Bazen de belli bir oransal farklarla doğal frekanslar seçilir. Örneğin 1/6 oktav seçildiğinde, ardışık frekansların birbirine oranı  $2^{(1/6)}$  dır.



Şekil 3. SRS grafiği elde edilen doğal frekanslar.

SRS grafiği tek serbestlik dereceli bir yapının, farklı doğal frekanslarında tahrik sonucu yapacağı maksimum ivme, hız, deplasman değerlerini verir.

Her bir SDOF (Single Degree of Freedom, Tek Serbestlik Dereceli) sistem, verilen bir zemin tahrikine farklı cevap verir. SRS'de çizdirilen tepe değerler, ilgili doğal frekanstaki tek serbestlik dereceli yapıda zaman düzleminde görülen maksimum değerlerdir.



Şekil 4. "Half Sine" zemin tahriki sonucunda SDOF sistemin SRS hesabı.

Örnekleme Hızı: Tecrübelerle dayanarak ivme-zaman verisinin örnekleme hızının, SRS maksimum frekansının 10 katı kadar olmalıdır. Diğer bir deyişle ölçüm örnekleme hızının ancak onda biri frekans limitinde SRS yapılabilir.

Referanslarda da verilen kaynakları yazan [www.vibrationdata.com](http://www.vibrationdata.com) sitesinde ivme-zaman verisinden SRS hesaplayan, veya SRS eğrisinden ivme-zaman eğrisi hesaplayan yazılımlar mevcuttur.

### 3. FEA ile SRS Analizi

Yapıya uygulanacak SRS eğrisi verilmiş olsun. Yapının üzerindeki herhangi bir noktanın ivme, hız, deplasman ve gerilme cevapları istenmektedir. Nastran'da SRS analizi 3 şekilde yapılabilir. Her yöntemin farklı girdileri ve çıktıları vardır.

#### a) Nastran SOL 103, SRS analizi

Nastran'a SRS eğrisi girilir ve modal analiz (SOL103) yapılır. Bu analiz sonucunda maksimum ivme, maksimum deplasman, maksimum gerilme gibi değerler hesaplatılır. Bu analizin sonucunda sadece tepe değerlerinin FEM üzerindeki dağılımı verilir. Bu analiz ile düğüm noktalarında ivme-zaman veya ivme-frekans elde edilmesi mümkün değildir. SOL103 içinde SRS tablosu elle girilir. Patran içinden SRS tanımı yapılamamaktadır.

#### b) Nastran ile Transient Response Analizi

Verilen SRS eğrisi harici başka bir yazılım (örneğin nCode Glyphworks) ile sentezlenerek ivme-zaman eğrisi elde edilir. SRS eğrisinden elde edilen ivme-zaman grafiği tek değildir, aynı SRS'i sağlayan sonsuz sayıda ivme-zaman eğrisi hesaplanabilir.

Nastran modeline Transient Response (Modal veya Direct farketmez) çözümünde ivme-zaman eğrisi girilmek suretiyle yapının cevabı hesaplanır. Hesaplanan cevap, her düğüm noktasının ivme-zaman, deplasman-zaman, gerilme-zaman eğrileridir. Bu cevaplar kullanılmak suretiyle harici yazılımlarla (nCode Glyphworks veya vibrationdata.com) düğüm noktası bazında frekans spektrumları veya düğüm noktasında SRS çıktıları hesaplanabilir.

Bu yöntemde sonlu elemanlar çözümü modelin büyüklüğüne göre uzun zaman alabilir.

#### c) Nastran Frequency Response Function Analizi ile SRS Hesabı

Her düğüm noktasında SRS veya ivme spektrumu (frekans spectrum) yapabilmek için ivme-zaman eğrisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hesap aşağıdaki yöntemle yapılabilir.

##### 1) Nastran Normal Mod analizi (SOL103)

Yapıya normal mod analizi yapılır. Frekans aralığı SRS eğrisindeki maksimum frekans değeri kadar seçilir. Mod sayısı mümkün olduğunca çok olması gerekir. Modal analiz maksimum frekans değerinin en fazla SRS maksimum frekans değerine kadar olması yeterlidir.

##### 2) Frequency Response Analizi (Modal)

Yapıya Modal Frekans Cevap analizi yapılır. Daha önceden yapılan modal analiz kullanılabileceği gibi doğrudan FRF analizi içinde de Eigenvalue kısmı işaretlenmek suretiyle Modal analizi FRF içinde yapılması sağlanabilir. Tahrik zemin tahriki şeklinde yapılmalıdır. Bu tahriki uygulamak için "large mass" yöntemi veya "inertia relief" uygulanabilir.

Frekans aralıklarının eşit aralıklarla SRS maksimum frekans değerine kadar olması uygundur.

İvme genlik değeri tüm frekans aralığında 1 birim olsun (1g).

Bu analizin sonucunda her bir düğüm noktasının Transfer Fonksiyonu elde edilir. Yani verilen 1g değerine karşılık ivme(g)-Frekans(Hz) eğrisi elde edilir. Bu eğriler GUI'den dışarı text dosyası olarak yazdırılır. Transfer fonksiyonu formatı:

Frekans (Hz), Real Acceleration (g), Imaginary Acceleration (g) olabilir.

### 3) SRS Synthesis

SRS eğrisinden Wavelet veya Damped Sinesoid ile tahrik ivme-zaman (g-sec) elde et. Bunun için vibrationdata.com yazılımları kullanılabilir (Ref 3)

### 4) Transfer Fonksiyonu ile Tahrik İvme-Zaman dosyasını çarp

Blast.exe (Ref. 4) yazılımı ile Nastran'dan elde edilen her düğüm noktasındaki FRF tablosu (test dosyası halinde) ile sentezlenen tahrik ivme-zaman (g-sec) dosyasını çarp.

Bu işlemin sonucunda düğüm noktasının cevap ivme-zaman (g-sec) eğrisi elde edilecektir. Bu eğri kullanılarak frekans spektrumu alınabilir veya bu düğüm noktasında SRS hesaplanabilir.

## Kaynakça

1. srs\_intr.pdf, Vibrationdata.com
2. FEA\_shock.pdf, Vibrationdata.com
3. srs\_syn.exe veya jsynth.exe, Vibrationdata.com
4. blast.exe, Vibrationdata.com