

### 4.3 Yerkürenin Serbest Titreşimleri

Büyük bir depremle birlikte odaktan tüm yönlere doğru yerküre boyunca yayılan cisim dalgaları ve büyük yüzey dalgaları ortaya çıkar. Yüzey dalgalarının birbirleriyle yaptıkları girişim sonucu durağan dalgalar oluşur. Bu dalgaların salınımları yerkürenin serbest titreşimlerine neden olur. Sadece büyüklüğü 6 ve daha üzeri olan depremler yerkürenin belirgin titreşimlerini üretebilirler

Yerin serbest titreşimleri olarak adlandırılan bu etki, ilk kez 1954 yılında Benioff tarafından 1952 Kamçatka depreminin kayıtlarında gözlenmiş ve tüm yerkürenin 57 dakikalık bir periyotla titreştiği hesaplanmıştır. Daha sonra 1960 büyük Şili depreminin, o yıllar yeni geliştirilen uzun periyotlu sismograf kayıtlarında da benzer titreşimler gözlenmiştir. O yıllardan bugüne kadar geliştirilen yöntemlerle yerkürenin serbest titreşimlerinin periyotları kolayca hesaplanabilmektedir. Yerkürenin serbest titreşimlerinin kuramsal ve ayrıntılı matematiği çok uzundur. Tekdüze ve esnek bir kürenin titreşimleri, matematiksel olarak 1829 yılında Poisson ve 1904 yılında Lamb tarafından incelenmiştir. Bu kuram daha sonra Alterman ve diğ. (1959) tarafından tek düze olmayan kürelere de uygulanmıştır.

Yerkürenin iki türlü titreşimi vardır (Şekil 4.42 ve 4.43). Bunlar sırasıyla Rayleigh ve Love dalgalarına karşılık gelen

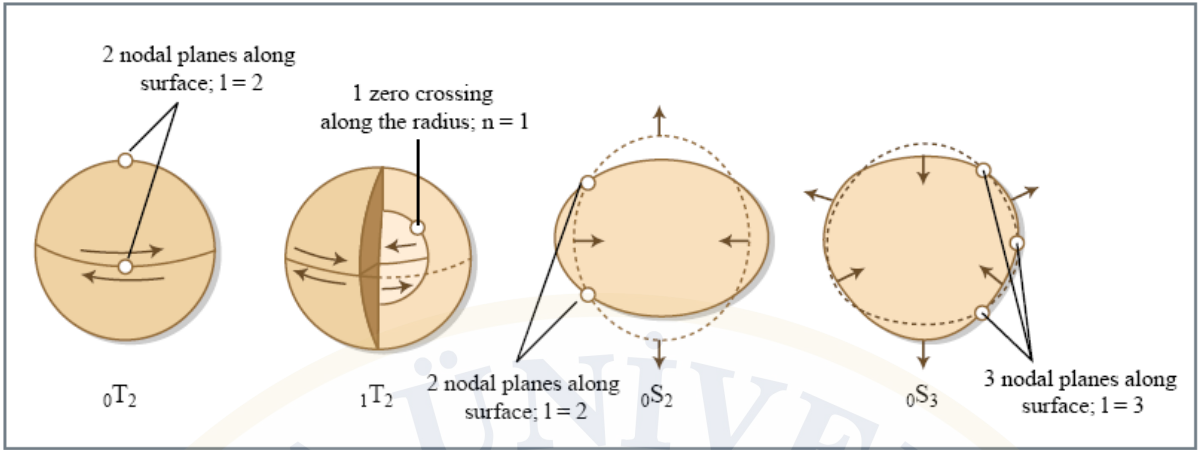
- Küresel (spheroidal)
- Burulma (torsional veya toroidal)

titreşimleridir.

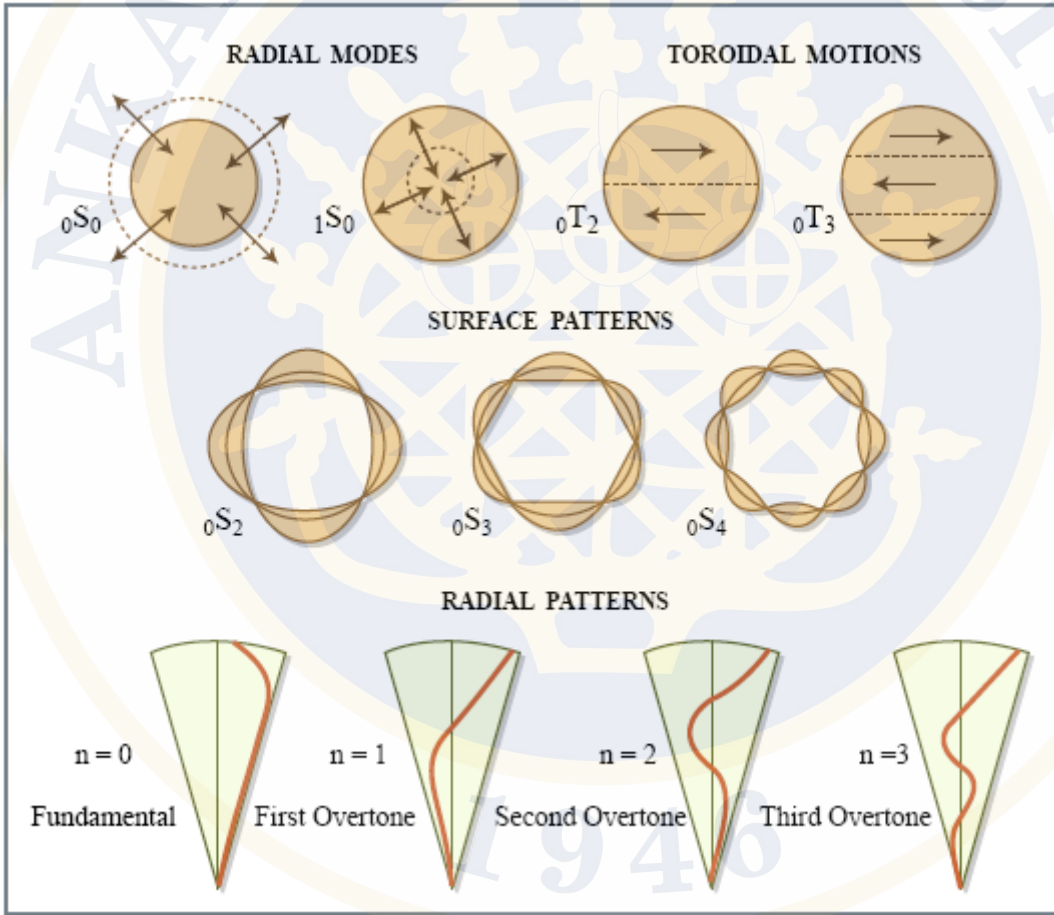
Rayleigh (P ve SV) dalgalarının girişimi sonucu oluşan küresel titreşimler, yoğunluk kadar sıkışma ve kesme dalgası hızlarına da bağlıdır. Bu nedenle bu titreşimler daha çok hacimdeki değişimle ilgilidir ve  $nS_l$  ile gösterilirler. Burada  $n$ , yerkürenin yarıçapı boyunca olan nod sayısı;  $l$  ise yeryüzeyindeki nodal düzlemlerin sayısını ifade eden açısız bir dereceyi göstermektedir. Bu titreşimin hareketi, yerin merkezinden dışa doğru, yerin yarıçapına paralel bir şekilde olmaktadır (Şekil 4.42 ve 4.43). Bu tür titreşimde iki tür mod görülür. Bunlardan ilki,  $oS_0$  ile gösterilen ve yerkürenin periyodik olarak genişleyip büzüldüğü *soluma modudur*. Bu modda yerküre en az 20.5 dakikalık bir periyotta titreşmektedir.  $oS_2$  ile gösterilen diğer mod ise titreşim hareketi Amerikan futbol topuna benzediğinden *futbol topu modu* olarak adlandırılmaktadır. Bu modun periyodu ise yaklaşık 54 dakika dolayındadır. Düşey yönde etkili olduğundan bu titreşim hareketi aynı zamanda gravimetreler ile de saptanabilmektedir.

Love dalgalarının (SH) girişimi sonucu meydana gelen burulma türü titreşimler, kesme dalgası hızı ve yoğunluğa duyarlıdır ve  $nT_l$  ile gösterilir. Bu nedenle yerküre üzerinde hacimsel bir değişim değil dönme ya da kesme hareketi gözlenir (Şekil 4.42 ve 4.43). Bu hareketin yönü ise yeryüzeyine paraleldir. Bu titreşim hareketi üzerinde gravitenin herhangi bir etkisi yoktur. İki temel modu,  $oT_2$  ve  $oT_3$ , için belirlenmiş periyotları sırası ile 43.8 ve 28.5 dakikadır.

Küresel ve burulma titreşimlerinin  $oS_1$  ve  $oT_1$  modları doğal olarak oluşamaz.  $oS_1$  küresel titreşim modunun oluşumu için gravite merkezinin yerdeğişimi gereklidir ki bu olanaksızdır.  $oT_1$  burulma titreşim modununun oluşması için ise ileri geri burulma için tek parçadan oluşan bir küre gereklidir. Bu da dönen bir kürenin açısız momentinin korunması ilkesine aykırıdır.



Şekil 4.42 Küresel ve burulma titreşimleri üzerindeki düğüm noktaları (nodlar)



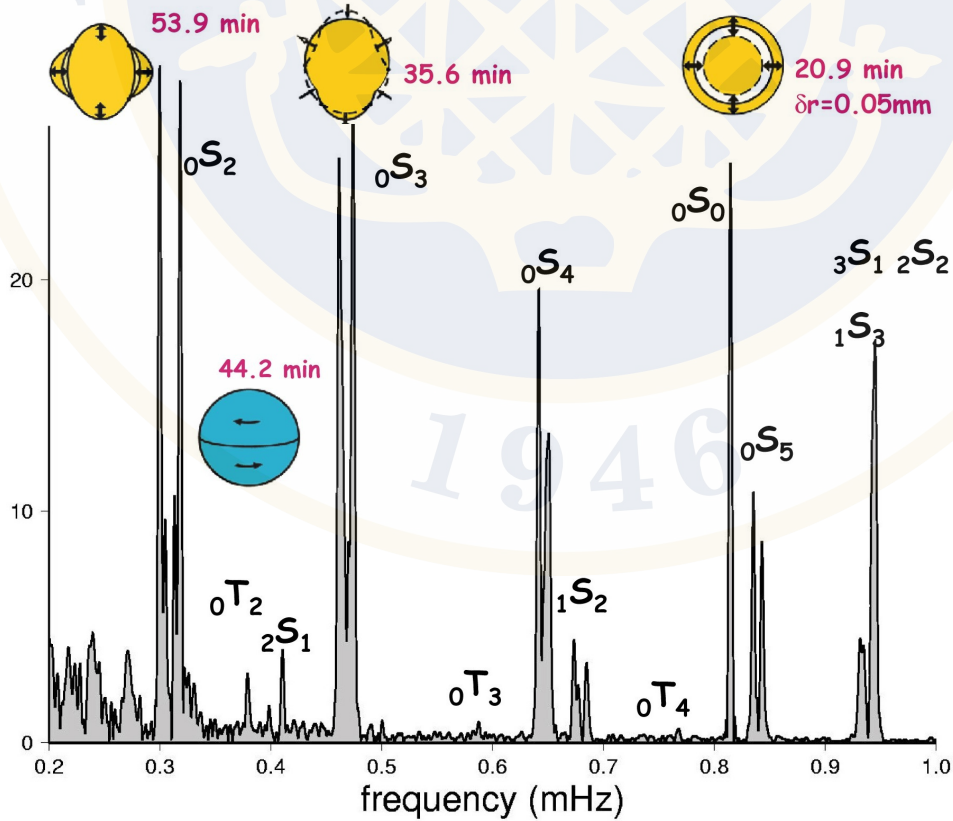
Şekil 4.43 Küresel ve burulma türü titreşimler ve onlara ait temel modlar.

Günümüzde yerkürenin titreşimlerinin yaklaşık 1500 periyodu belirlenmiştir. Bazı küresel ve burulma titreşimleri modlarına ait periyotlar ve o moddan sorumlu faz türü aşağıdaki Tablo XX'de verilmektedir. Bir sismik kayıdı incelemenin iki yolu vardır. Bunlar ya seyahat eden dalgaların zamana göre çizdirilmesi ya da ilgili kaydın frekans ortamına aktarılmasıdır. Herhangi bir depreme ait titreşim küresel ölçekteki bir çok titreşimin toplamı olarak

düşünülebilir. Bu nedenle yerkürenin serbest titreşimleri incelenirken kayıtların frekans ortamı görüntülerine bakılarak periyotları saptanır (Şekil 4.44).

Some toroidal and spheroidal modes.

Mode	Period (s)	Description or associated phase
${}_0T_2$	2639.4	fundamental toroidal
${}_0T_3$	1707.6	fundamental toroidal
${}_1T_1$	808.4	radial overtone
${}_1T_2$	757.5	radial overtone
${}_9T_2$	104.4	radial overtone
${}_0T_{30}$	259.5	fundamental Love
${}_0T_{130}$	68.9	fundamental Love
${}_2T_{30}$	151.3	second-overtone Love
${}_4T_{67}$	71.3	$SH$
${}_{10}T_{40}$	71.4	$SH_{diff}$
${}_{13}T_7$	71.6	$ScS_{SH}$
${}_0S_0$	1228.1	fundamental radial
${}_1S_0$	613.0	radial overtone
${}_0S_2$	3233.5	football
${}_0S_3$	2134.4	pear-shaped
${}_0S_{30}$	262.1	fundamental Rayleigh
${}_0S_{130}$	75.8	fundamental Rayleigh
${}_1S_{30}$	160.9	second-overtone Rayleigh
${}_{10}S_6$	203.5	inner core $PKJKP$
${}_{11}S_5$	197.1	inner core $PKIKP$
${}_{14}S_3$	184.9	mantle $ScS_{SV}$
${}_1S_1$	19500	Slichter



Şekil 4.44 Yerkürenin serbest titreşimlerinin spektral ortamdaki görüntüsü.

#### 4.4 Sismik Dalgaların Soğurulması ve Saçılması

Dalga yayılım denklemleri çıkarılırken, yerkürenin tekdüze, yönbağımsız ve elastik bir özellikte olduğu varsayımları yapılmıştır. Ancak bu tür kabullerle dalga yayılımı kolayca modellenenmektedir. Böylesi ideal bir ortam içerisinde sismik sinyallerin genlikleri, ara yüzeylerdeki sismik enerjinin iletimi, yansımaları ve geometrik yayılması tarafından kontrol edilmektedir. Fakat gerçek yerküre mükemmel bir elastikliğe sahip olmadığından yer içerisinde yayılan dalga zaman içerisinde, çeşitli enerji yitim mekanizmaları nedeniyle soğurulur. Elastik olmayan malzeme davranışının ya da malzeme içerisindeki içsel sürtünmelerin neden olduğu bu enerji kaybına *gerçek soğurulma* denilmektedir. Ayrıca ışın yolu boyunca küçük ölçekli tekdüze olmayan özelliklerden dolayı enerjinin saçılması da sismik dalga genliklerinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu tür soğurmaya ise *saçılma soğurulması* denilmektedir. Bununla birlikte, *gerçek soğurulmada*, mekanik dalga enerjisi örneğin ısı enerjine dönüşerek kaybedilirken, *saçılma soğurulması* durumunda toplam dalga alanı içerisindeki toplam enerji sabit kalmaktadır.

