

# Sismometre

M.S. 132 yılında Çinli filozof Chang Heng tarafından yapılan ilk sismometrenin çalışma ilkesi, halen günümüzde de kullanılmaktadır. Modern bir sismometre, yeryüzündeki en hafif sarsıntıyı bile algılayıp sonuçları kaydedebilir. Sismometreler en çok deprembiliminde kullanılır.

**S**İSMOMETRE (depremölçer), depremleri ölçen ve kaydeden bir ayardır. Deprem sırasında, kırılan ya da kayan kütlelerden gelen sarsıntılar, yeryüzüne doğru ilerler; sismometre bu sarsıntıları algılayıp yükseltir ve bunları uygun bir ortama kaydeder. Sismometrelerin kayıtlarına sismogram denir.

Sismometrelerin çalışma ilkeleri oldukça yalındır. Şöyle ki, sismometre, bir yay ile havada asılı duran ağır bir kütle, bu kütlede etrafında bulunan bir kutudan oluşmaktadır. Kutu, deprem sonucunda oluşan yeryüzü sarsıntılarına göre hareket eder. Kütle ise bu hareketten hemen hemen hiç etkilenmez. Kutunun kütleyle göre yaptığı hareketler, bir sensörle algılanıp elektriksel sinyale dönüştürülür. Sinyal, değerlendiril-

dirme için ya bilgisayara ya da kalemli kaydediciye aktarılır.

Sismometrelerde elektromanyetik sensörler oldukça sık kullanılır. Kütleyle bağlanacak bir mıknatıs, kutuda bulunan bir bobinin içinden geçer. Deprem sırasında bobin, sabitlenmiş mıknatıs üzerinde hareket eder. Bobini çevreleyen manyetik alan, sarsıntının şiddetiyle orantılı olarak değişir. Bu değişim, bobinde bir gerilim farkı yaratır. Gerilim farkı da elektronik olarak yükseltip bilgisayara ya da kalemli kaydediciye iletilir. Öte yandan sığa değişimli ya da optik girişimli sensörler de kullanılır; ancak bunları kullanan sismometreler, sadece özel amaçlı oldukları gibi aynı zamanda pahalıdır.

Sismometreler, duyarlı oldukları frekans bölgesine göre ikiye ayrılır.

Depremler, periyotları büyük olan sismometreleri kullanır. Mühendislik çalışmalarında da çok daha kısa periyotlara duyarlı sismometreler tercih edilir.

Sismometrelerin dinamik duyarlılıkları oldukça önemlidir. Şiddetli bir deprem sırasında kaydedilen en kuvvetli depremsel sinyalin, en hafif sinyale oranı oldukça fazladır. Bu oran kimi durumlarda yüz kırk katı olabilir. Sismometrenin, bu kadar geniş aralıkta değişen depremsel sinyallere duyarlı olması gerekir. Sismometrelerin mekanik yapıları bu denli geniş aralıklarda doğrusal olarak çalışmadığı için sismometreler elektronik sistemlerle desteklenir. Öte yandan, sismometrenin depremsel sinyalleri, periyotlarından bağımsız olarak yükseltmesi beklenir oysa ki sismometrelerin frekans tepkileri doğrusal değildir. Sismometrelerin frekans tepkileri, sayısal sinyal işleme yöntemleri kullanılarak doğrusallaştırılabilir.

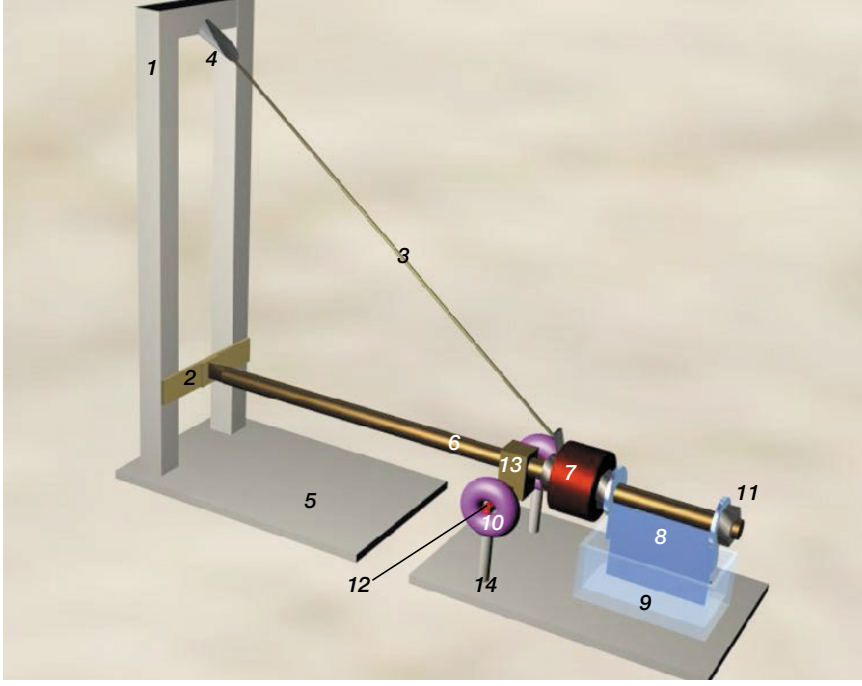
Dinamik genişliğin ve frekans tepkisinin elektronik sistemlere desteklenmesi, sismometrelerin maliyetlerini oldukça artırır. Bu yüzden, duyarlı ve doğrusal karaktere sahip mekanik sistemlerin geliştirilmesi için araştırmalar yapılmaktadır.

Dünyada halen yüz binlerce sismometre bulunmaktadır. Bu sismometreler, deprem araştırma merkezlerine özel ağlarla bağlıdır. Deprem araştırma merkezleri de kendi aralarında bir ağla birbirlerine bağlıdır. Bu sayede dünyanın herhangi bir yerinde oluşan deprem bilgileri ağ üzerinden tüm deprem merkezlerine ulaşır. Deprem merkezleri ve bu merkezlerin işlettikleri sismometreler, bir karışıklığa yol açmaması için



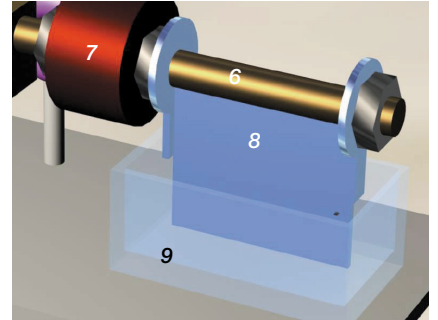
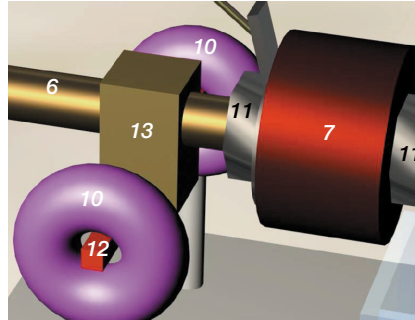
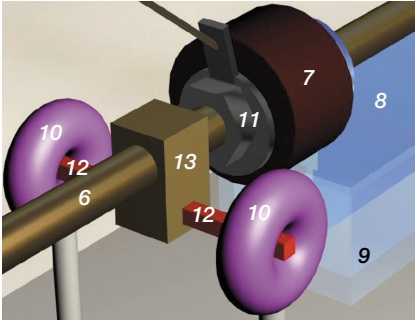
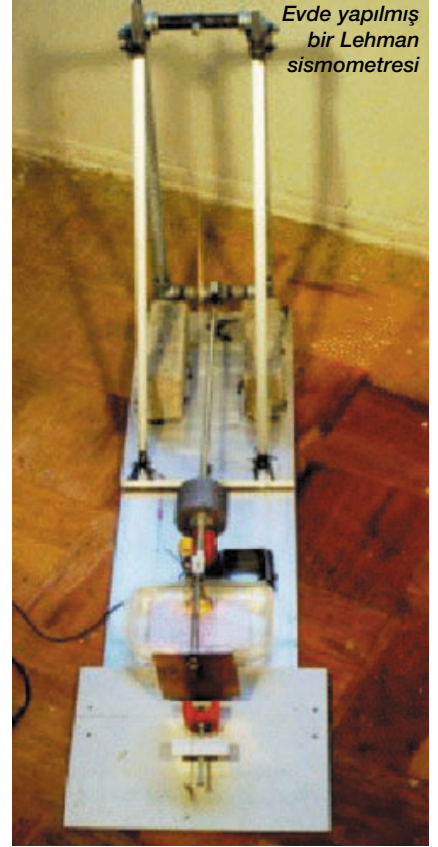
Özel amaçlı sismograflar, yerel sarsıntıların ölçülmesi için taşınabilir olarak yapılır (sağda). Dünya üzerindeki binlerce sismograf deprem araştırma merkezlerine radyo-linklerle bağlıdır (üstte).





**Lehman sismometresinin parçaları:**

1-İskeleyi oluşturan taşıyıcı kolon, 2- Çubuğun bıçak şeklinde işlenmiş ucu, 3- Çubuğu yatay eksende dengede tutan çelik tel, 4- Çelik tel için kılavuz, 5- İskele tabanı, 6- Çubuk, 7- Kurşun ağırlık, 8- Sönümlendirici düzenek için metal levha, 9- Sönümlendirici düzenek için yağ kabı, 10- Bobin, 11- Somun, 12- Mıknatıs, 13- Mıknatısı çubuğa bağlamak için tahta takoz, 14- Bobinler için ayak.



özel olarak kodlanmıştır. Böylece, elde edilen depremsel (sismik) bir verinin dünyanın hangi noktasından geldiği kolaylıkla bulunabilir.

Kandilli Deprem Araştırma Merkezi Türkiye'nin en büyük deprem araştırma merkezidir. Boğaziçi Üniversitesi'ne bağlı bir enstitü olan merkez, uluslararası deprem merkezleri ağına bağlıdır. Merkez, halen onlarca sismometreyi işletmektedir. Türkiye'nin fay hatları üzerinde yoğunlaşan ve yurdun dört bir yanında bulunan sismometreler merkezin kurduğu ağ içinde bulunur. Merkez, sismometrelerle telefon hatları, özel olarak ayrılmış sayısal telefon hatları ya da radyo-linklerle iletişim kurar. Merkez, tüm sismometrelerden gelen bilgileri kaydedip değerlendirir.

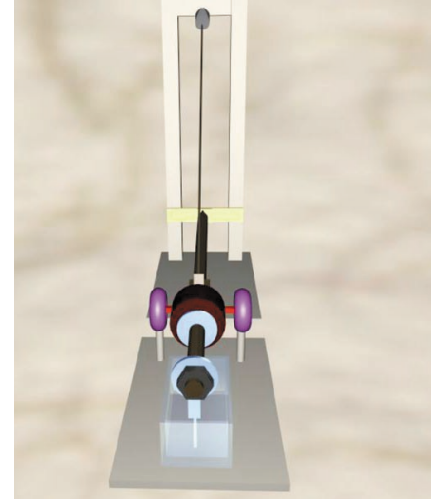
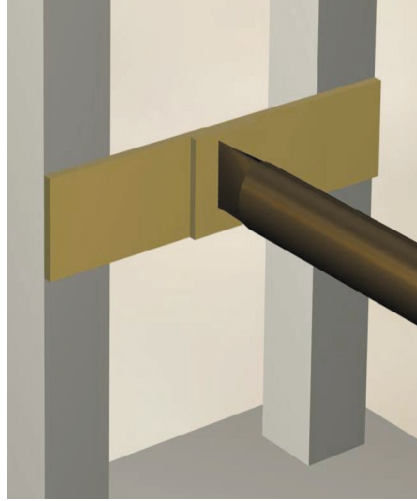
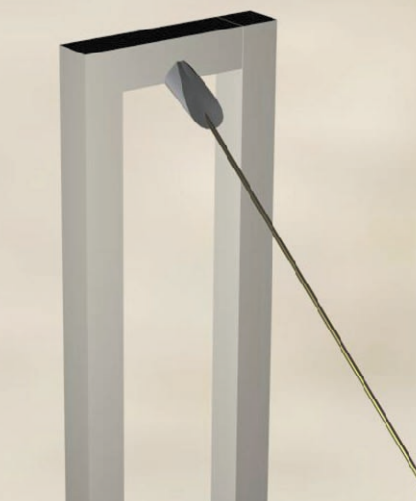
Sismometreler olsun, bunların ürettiği sismogramlar olsun güngüç-tikçe gelişen deprembiliminin en vazgeçilmez araçlarıdır. Sayısal elektronik kullanılması sayesinde sismometrelerin duyarlılıkları ve doğrulukları daha da artmaktadır.

## Lehman Sismometresi

Lehman sismometresi, basit yapısı ve ucuz elektronik donanımı sayesinde, amatör deprembilimciler kadar meraklıların da ilgisini çekmektedir. Lehman sismometresinde yapımı zor ve pahalı herhangi bir parça bulunmaz. Bu sayede sismometre, biraz mekanik ve elektronik bilgisi olan kişilerce kolaylıkla yapı-

labilir. Yapım niteliğine ve ayarlama duyarlılığına göre yüzlerce kilometre ötedeki depremleri algılayabilir Lehman sismometresi. İyi yapılmış bir Lehman sismometresi, şiddeti Richter ölçeğine göre 4.8'den daha büyük depremlere duyarlıdır.

Lehman sismometresinde yatay ekseninde salınabilen bir sarkaç bulunmaktadır. Bu sarkaç, ağır bir çubuk, bu çubuğa bağlı bir mıknatıs ve mıknatısın yanına yerleştirilmiş bir çift bobinden oluşmaktadır. Deprem sırasında bobin, hemen hemen sabitleşmiş mıknatısa göre hareket eder. Bobin etrafındaki manyetik alanın değişimi, bobinde doğal olarak bir gerilim farkı yaratır. Bobinde oluşan bu gerilim farkı, uygun bir elektronik devreyle yükseltilecek kaydedici ortama aktarılır. Kay-



İskelenin üst kısmında çelik tel için kılavuz bulunur (solda). Kılavuz, çelik telin kaymasını önler. Çubuğun bir ucu bıçak şeklinde işlenmiştir (ortada). Bu uç, iskenenin alt kısmında bulunan ve ayarlanabilen bir yüzey üzerinde bulunur. Çubuğun bıçak ucu ve çelik tel kılavuzu aynı düşey ekseninde olmasına rağmen, çubuğun bıçak ucu yatay ekseninde kılavuzdan daha ileridedir (sağda)

dedilmiş sarsıntılar daha sonra deprem hakkında bilgi toplamak amacıyla incelenir.

Ağır çubuğun bir ucu bıçak gibi işlenmiştir. Bu uç, tüm sistemi taşıyan bir iskenenin alt kısmında bulunan bir yer üzerinde durmaktadır. Çubuğun öteki ucuysa, çelik bir tel ile iskenenin üstüne bağlıdır. Bu bağlantı noktaları aynı düşey düzlem üzerinde bulunmaz. Bu yüzden çubuk, bir sarkaç gibi davranır. Elbet-

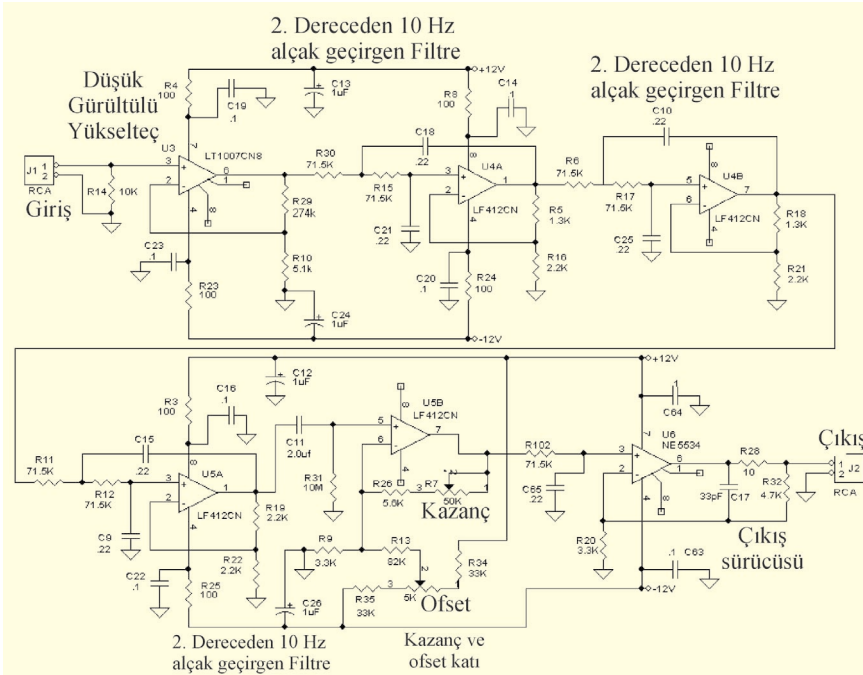
te deprem sırasındaki sarsıntılar, bağlantı noktalarındaki sürtünmeler nedeniyle çubuğu da etkiler. Çubuk, sabit durması gerektiği halde bu sürtünmeler yüzünden hareket eder. Çubuğun hareketi, sarkaç karakteri yüzünden, genliği düzenli olarak azalan bir salınımdır. Eğer bu hareket denetim altına alınmazsa, hatalı ölçümler ortaya çıkar. Çubuğun bu hareketi mekanik sistemlerle sönümlendirilebilir. Sönümlen-

dirme, hem yağlı hem de manyetik parçalarla yapılır.

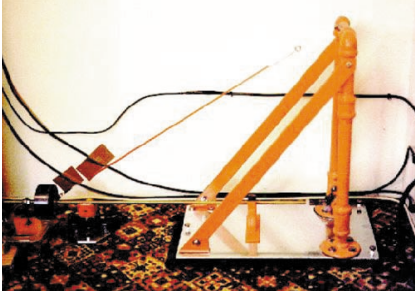
Yağlı sönümlendirme sistemi, kalın madeni yağ, yağın içinde dik duran ve çubuğa bağlı bir metal plakadan oluşur. Yağ, metal plakanın hareketine karşı direnç gösterir. Direnç, plakanın yağ içindeki yüzey alanıyla ortantılıdır. Çubuğun salınımları bu direnç yüzünden çabucak sönümlenir; çubuk denge noktasına kısa bir sürede ulaşır. Yağ seviyesi değiştirilerek sönümlendirme sistemi ayarlanabilir. Sönümleyici sistemi kötü ayarlanmış bir sismometrede, çubuk denge noktasına gelse bile bu noktada sabit kalamayıp aynı yönde ilerlemeyi sürdürür. Çubuğun denge noktasını geçme mesafesine "maksimum aşma" denir. İyi ayarlanmış sönümleme sisteminde maksimum aşma, çubuğun denge noktasına kadar geldiği mesafenin yüzde onunu geçmez.

Lehman sismometresi, herhangi bir sönümleyici mekanizma olmadığı zaman, en çok çubuğun periyoduna yakın periyottaki sarsıntılar yükseltir. Eğer sönümleyici bir mekanizma kullanılırsa, sismometre bu durumda periyodu en çok çubuk periyodunun yarısı olan sarsıntıları yükseltir. Birçok Lehman sismometresi tasarımı 12-18 saniyelik periyotlar için yapılmıştır. Bu tip sismometrelere "uzun periyotlu sismometre" denir.

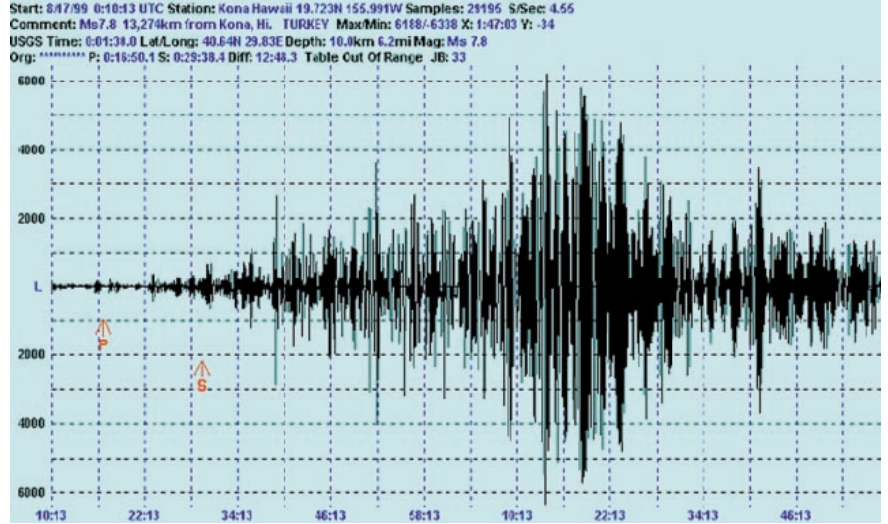
Deprem, genellikle periyodu 1-15 saniye arasında değişen yüzey sarsıntıları yaratır. Tasarımı 12-18 saniye için yapılmış Lehman sismometresi, bu sarsıntıların hepsini algı-



Lehman sismometresine uygun bir elektronik yükselteç ve filtre devresi. U3, düşük gürültülü bir işlemsel kuvvetlendiricidir. U3, bobinlerde oluşan gerilim farklarını yaklaşık elli kat yükseltir. U4A, U4B ve U5A, altıncı dereceden alçak geçiren filtre olarak çalışır. Bu filtrenin üst kesim frekansı 10hz'dir. U5B, devre kazancını 2-20 kat arasında ayarlanmasını sağlar. U5B, aynı zamanda çıkış ofset gerilimini de belirler. Kazanç R7 potansiyometresi tarafından ayarlanabilir. U6, sismometreye kayıt cihazı arasında uzun bir sinyal kablosu kullanılması amacıyla, çıkış sürücüsü olarak tasarlanmıştır.



Lehman sismometresinin, basit yapı malzemeleri kullanılarak evde yapılabilir. Sağdaki şekil, evde yapılmış bir Lehman sismometresinden elde edilmiş bir sismogramdır. Sismogram, 17 Ağustos 1999'da Marmara bölgesindeki depremde kaydedilmiştir.



layabilir ancak sarsıntının periyoduna göre farklı oranda yükseltir. Bu yüzden Lehman sismometresinin yaptığı ölçümler, sismometrenin frekans tepkisine göre düzeltilmelidir. Lehman sismometresi daha çok eğitim ve deneysel amaçlı kullanıldığından bu düzeltmeye çoğu zaman ihtiyaç duyulmaz. Öte yandan, sismometre yalnızca tek eksendeki sarsıntıları algılayabilir. Deprem sırasında Lehman sismometresine ulaşan P ve S dalgalarından depremin yönü bulunabilir. Deprem hakkında ayrıntılı bilgi toplayabilmek için en az iki eksen (doğu-batı ve kuzey-güney eksen) sismometre kullanılmalıdır.

Lehman sismometresine kullanılan iskele, iki kolondan ve bir tabandan oluşur. Sağlam bir yapı için demir ya da alüminyum kullanılır. Tabanda, sismometrenin yatay düzlemde dengesini sağlamak amacıyla ayarlı ayak bulunur.

Sismometrede pirinç ya da çelik çubuk kullanılır. Bu çubuğun bir ucu bıçak gibi işlenmiştir. Kimi tasarımlarda buraya maket bıçağı monte edilmiştir. Çubuğun öteki ucuna kurşun ağırlık asılır. Kurşun ağırlığın yanından iskelenin üst kısmına, çubuğu asmak için kullanılan çelik telin bağlantı yeri vardır. At nalı ya da dikdörtgenler prizması biçimindeki mıknatıs, pirinç ya da ahşap malzeme kullanılarak çubuğa bağlanmıştır. Çubuğun ucunda sönümlendirme mekanizması bulunmaktadır.

Çubuk, iskeleye iki farklı noktadan bağlanır. İskelenin üstünde bulunan çelik tel bağlantı noktası, bir

kılavuz kullanılarak sağlanmıştır. Bu sayede çelik telin bağlantı noktasından kayması önlenir. Öte yandan çubuğun bıçaklı tarafının iskeleye oturduğu yer, kılavuzdan bir santim daha ileride olmalıdır. Bu uzaklık, çubuğun periyodunu belirlediği için, iskeleye bıçaklı yüzün oturduğu yerin konumunu ayarlayan bir ayarlama düzeneği de bulunur.

Yağlı sönümlendirme düzeneklerinde, alüminyum ya da demir levha kullanılır. Bu levha, çubuğa sıkıca bağlanır. Levha, çubuğun altında bulunan bir yağ kabının içine daldırılır. Kaptaki yağ seviyesi ayarlanarak, sönümlendirme düzeneğinin davranışı denetlenebilir.

Çubuğa bağlı mıknatısların hemen yanında bir çift bobin bulunur. Bobinler, içinden mıknatısların rahatça geçebileceği biçimde sarılmıştır. Bobinler, binlerce tur ince bakır tel den oluşur. Kimi tasarımlarda yalnızca tek bir bobin kullanılır. Bobinlerin ucu, yükselteci devreye bağlıdır.

Deprem sırasında bobinlerde oluşan gerilim farkı mikro volt düzeyindedir. Bu gerilimin yükseltilmesi gereklidir. Bu amaçla yükselteç devreleri kullanılır. Elektronik yükselteç devresinin duyarlılığını yükseltmek için devrede düşük gürültülü parçalar kullanılır. Elektronik devrede bir de filtre katı bulunmaktadır. Filtre katı, belli bir frekansın üzerindeki frekansları geçirmez. Bu sayede yükselteç ve kaydediciler herhangi bir bilgi taşımayan sinyalle yüklenmez. Kimi tasarımlarda filtreler on hertzin üzerindeki sinyalleri süzer.

Elektronik devreyle yükseltilmiş

depremsel sinyaller, uygun bir kayıt ortamına gönderilir. Kayıt ortamı için genellikle kalemli çiziciler kullanılır. Kalemli çizicilerde, rulo kağıt, değişmez bir hızla ilerler. Depremsel sinyallerin genliğiyle orantılı olarak hareket eden kalem, depremsel sinyalleri kağıdın üzerine çizer. Kağıdın hızı değişmediğinden tüm depremsel sinyallerin değişimi zamana göre izlenebilir. Öte yandan, son yıllarda depremsel sinyaller bilgisayar ortamında kaydedilip değerlendirilmektedir.

Lehman sismometresi, sıcaklık değişimlerinden, nemden olduğu kadar hava akımlarından da etkilenir. Bu yüzden sismometre, kapalı bir kutu içinde ve sıcaklık değişimi az olan yerlerde kullanılır.

Deneysel bir Lehman sismometresi, genellikle kente yakın bölgelerde kullanılır. Sismometre, kentten gelen tüm sarsıntıları algılar. Bu sarsıntılara mikrosismik sarsıntılar denir. Çoğu bilim adamı, bu sarsıntılarla kaynakları arasında bir bağlantı bulmaya çalışmaktadır.

Lehman sismometresi, temel ilkelere uyulması koşuluyla her türlü tasarım değişikliğine açıktır. Sismometrenin yapımı oldukça yalın olmasına karşın dayandığı ilkeler oldukça ileri düzeydedir.

Okan Demirel

Kaynaklar:  
[http://www.koeri.boun.edu.tr/seismo/sss\\_tr.htm](http://www.koeri.boun.edu.tr/seismo/sss_tr.htm)  
<http://www.chcp.org/Vseismo.html>  
<http://www.microserve.net/~doug/etigmain.html>  
<http://www.iglou.com/VibraTech/seis.html>  
<http://www.jps.net/karlc/>  
<http://www.geoinstr.com/sensors.htm>  
<http://www.pgc.nrcan.gc.ca/seismo/seismos/intro.htm>  
<http://www.ultranet.com/%7Ergroleau/SeismoGro.html>  
<http://www.primenet.com/~seismo>