

## İki Sismometreli Sismografin Katkıları

### CONTRIBUTIONS OF THE 2S - SEISMOGRAPH

Ruhi GÜRCAN

İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Bölümü.

**ÖZET :** Daha önce, birbirine dik yerleştirilmiş iki sismometrenin kollarını bir kaydedici galvanometrenin uçlarına bağlamak suretiyle, yer hareketinin herhangi bir düzlem üzerinde bıraktığı bileşenin kaydını yapabilen 2S - Sismografların teorik geliştirmeleri ve sisteme ait formüllerden elde edilen sayısal (kantitatif) neticelerin incelenmesi yapılmıştı. Ayrıca, bağlanan sismometrelerin pozisyonlarına bağlı olarak, bu düzlem bileşkelerin horizontal veya vertikal olabildikleri ve 'P' veya 'S' sismik dalgalarından genelde sadece biri ile kaydedilmiş sismogramların elde edileceği kısaca ileri sürülmüştü.

Bu makalede 2S - sismografin gerek alet, gerekse kayıt olarak oldukça farklı karakteristiklere sahip olması nedeniyle, sismoloji bilimine bu farklarından dolayı sağlanabileceği katkıların ilk imkanlarının neler ve nasıl olacağını bir araştırılması yapıldı.

Öncelikle, sistem, yerin bir düzlem üzerine düşen bileşkesini direkt bir şekilde kaydedebilmesinden başka, yerin partikül hareketlerinin doğrultusuna bağlı olarak bazı sinyalleri alçak bir büyütmeyle (hatta bazende hiç kaydetmeme şeklinde) kayıt yapılabildiğinden, doğrultuya bağlı (directional) bir süzgeç (filtre) yapma özelliğindedir.

Ayrıca, bazı sismik dalgaların daha iyi bir şekilde algılanmasına fırsat verilmesi, bu sismografin sismogramında görülebilecek özelliklerindedir. Bunu, 'P' ve 'S' sismik dalgalarının yayılmaları esnasında partikül hareketlerinin polarizasyon bakımından birbirine dik oluşları gibi bir ilişkinin her an mevcut olması ve diğer taraftan 2S - sismografin da aralarında  $90^\circ$  lik polarizasyon farkı bulunan iki hareketten birini, sismometrelerin meydana getirdiği «akımların toplamı» değerini ise, (şayet sıfır değilse) farklarıyla kayıt etmek suretiyle yapabilmektedir. Sismogramlarda genelde görülen büyük amplitüdü (örneğin horizontal 2S - sismograf için) 'SH' ve 'Love' dalgalarının bileşenlerinin farklarıyla (düşük magnifikasyonla), 'P' leri ise toplamları ile (büyük magnifikasyonla) kaydetmek olasılığı bilhassa bir çift zıt bağlanmış 2S - sismografla her zaman için mevcuttur. Bu, kayıtlarda signallerin amplitüdü bakımından bir standartlaşma temin edilmektedir ki, sismogramlarda (lineer olmıyan sapmalara yol açmadan) daha yüksek bir katsayı ile büyütme (en azından statik büyütme) fırsat vermekte, dolayısıyla artabilecek dinamik genlik ile de dedeksiyonu kolaylaştırabilmektedir. Ve yine, kayıttan önce birleştirilen sismometre bileşenlerinin normal bir sismografa nazaran sismik dalgaları tanı için ayırıcı ilave bilgiler vereceği gibi, birleşik kayıt olarakta en güvenilir bir kayıt şeklini oluşturmaktadır.

2S - sismograf, yukarıdaki farklı dedeksiyon özelliklerinden başka, normal bir sismografa nazaran daha yumuşatılmış bir cevap eğrisine sahip olması ve kaydedicisinin (galvanometrenin) bir yerine iki sismometrenin output'ları ile beslenmesi neticesi, sismometre imalatında değerlendirilebilecek, daha düşük bir elektrodinamik (motor) sabitine gereksinim duyulması gibi nedenlerle, alet olarak ta sismografide yeni bir yaklaşım niteliği taşımaktadır.

**ABSTRACT :** By connecting the two perpendicular seismometers to one recording galvanometer's ends a provision was made previously for direct recording of a plane component of the ground motion. After the first theoretical developments, the study was devoted to the quantitative investigation of the 2S - seismograph and, shortly had expressed that the plane component may be a horizontal or vertical and recorded predominantly with one of the wave type issued from 'P' or 'S', corresponding to the position and connection of these coupled seismometers.

In this paper 2S - Seismograph, with a quite different characteristics from the conventional seismograph as an instrument and its dedection pattern, provides new abilities which are gone into detail for their possible use in science of seismology.

It can also cause to an improvement in the detection of the seismic waves. Because of having some mutual relationships among the waves and The Earth's structure it becomes possible, in general, to performe a high magnification for the longitudinal and low magnification for the transverse waves through summing and subtracting the components. This acces of having two different magnification among the phases provides a) geting rid of exceedingly large trace amplitude of «SH» and «Love» waves on the seismograms, whereas, «P» wave components are being highly magnified, b) standardization in the amplitude domain which permits us to apply a higher level of magnification without overdriving the galvanometer. Thus, with the increasing dynamic range, we may have a bettered detection in one single earthquake recording using especially a second 2S - seismograph connected oppositely from the first one. And also, a combined components obtained directly from the seismometers can differ safety - vise significantly from the normal record combination and should regarded as opporitinuty to gain additional information on the wave identification.

Lastly, because of the above qualifications and as the 2S - Seismograph has a smoother response characteristics than the conventional seismograph's, and also, as it requires somewhat favorably reduced instrument constants, due to the input of the recording galvanometer is fed by the two seismometers instead of the one, the 2S - Seismograph it self represents sort of a new approach in seismological instrumentation.

## G İ R İ Ş

Sismik dalgaların analizi ile ilgili çalışmalarda yardımcı olabileceği nedeniyle farklı sismogram tipleri elde etme çabaları içine giren, dolayısıyla amaçları itibariyle bu makaleye yakın, önceki bazı makalelere değinmek yerinde olacak.

1952 de Hugo Benioff ve B. Gutenberg «The response of strain and pendulum seismographs to the surface waves» isimli makalelerinde bileşke output'tan elde edilebilecek bilgilerin hiçbir zaman, birtek sismografin çıkışını (output'unu) incelemekle elde edilemeyeceğine parmak bastıklarını görüyoruz.

1964 de Carl Romney ise, «P» dalgalarını daha iyi bir algılama ve gözleminin temini için, bir strain ile pandül sismografin çıkışlarını birleştirirken hataları asgariye indirmek gayesiyle faz vermeyen (phase - free) filtrelerle, değişik derinliğe yerleştirilen sismografin amplitüdlerini «equalizer» kullanarak dengelemeye çalışmıştır. Fakat, başarılı olan bu çalışmalarını için sismografların farklı noktalarda bulunmasından dolayı girecek zaman farkı hatalarının yok edilemediği düşünülmüştür.

Amaç bakımından yakın diğer bir çalış-

ma, White'in 1964 de yaptığı «Motion Product Seismograms» çalışmalarıdır. Esasta bu sismogramların elde edilmesinde ayrıca «electronic multiplier» kullanılmış olması nedeniyle metodların karşılaştırılacak yönleri azalmaktadır.

C.S. Robert ve H.K. Richard (1969) tarafından yapılmış diğer bir çalışma, strain ve pandül sismograf tiplerinin çıkışlarının birleştirilmesi, sismik dalgaların birbirlerinden bilhassa azimut (horizontal) gelişlerine göre ayırtılmasında yardımcı olacağı nedenleriyle yapılmıştır. Yazarlar, «Application of strain seismographs to the discrimination of seismic waves» isimli makalelerinde ayrıca, değişik deprem bölgelerinden kaynaklanan yüzey dalgalarının azimutal gelişlerinin ayırt edilebileceğini göstermişlerdir.

Bu değinilen çalışmalar, içerikleri bakımından, öncelikle, birleştirilen bileşenlerin direkt olmadığı hallerde ne gibi problemlerin ortaya çıktığı ve sonrada, bileşke sismogramların hangi hususlarda signal analizine yardımcı olabilecekleri hakkında fikir vermeleri bakımından önem taşımaktadırlar. Karşılaşılan güçlükler arasında, birdefa, bileşenler arasında mutlak zaman eşliğinin temini yanında, dedek-

tör farkından veya, bileşkeyi belirli bir polarizasyonda elde etmek v.s. gibi amaç farklarından dolayı, çeşitli equalizer, phase - free filtre, multiplier v.s. enstrumanları veya, probleme göre, programlama ve dijitleme gibi vasıtaları gerektirmektedir.

Halbuki, bu çalışmada, iki sismografin çıkışları yerine, eşit parametrelili, birbirine dik iki sismometreyi, çalışmalarının eşitliği önceden kalibre edilmiş olarak, doğrudan doğruya birt tek output verecek şekilde algılamadan hemen sonra birleştirilmektedirler.

2S - sismografin alet olarak özelliklerini, bilhassa, çalışmasını şekillendiren parametreleri içine alan ve verilen bir input için, output'un matematik olarak ifade eden transfer fonksiyonunu ilk makalede çıkarmış ve uygulamalar yaparak sayısal neticeleri incelemiştik.

Şimdi aletin, sismoloji bilimine getireceği faydalar bakımından, sismik dalgaların özelliklerini de dikkate alarak kullanımına değineceğiz.

Öncelikle şunu söylemek yerinde olur: 2S - seismograf gerek alet, gerekse temin ettiği data itibariyle sismografi'nin bütün dallarına faydalı olabilecek yeni öneriler getirmektedir. Bu bakımdan, yeni olarak neleri, nasıl, kayıt ettiği hakkında düşündüklerimizi: «Kayıtlama»; doğrultuya bağlı filtreleme'nin nasıl yapıldığını: «Filtreleme»; dedeksiyonun nasıl artırılacağını: «Algılama» ve nihayet, sistemin çıkışındaki artan büyütmenin (magnifikasyonun) bir amplifiyer aracılığı ile değil, ikinci bir sismometrenin elektrik üretimi ile yapılmasından dolayı sismografin cevap eğrilerinde ve parametrelerinde görülebilecek olumlu değişimleri: «Yeni enstruman», başlıkları altında, teknik izahları ile daha somut şekilde ayrı ayrı görelim.

### KAYITLAMA (Recording)

Konvensiyonel iki sismografin output'larının sonradan birleştirilmesinden elde edilecek kayıt ile, iki sismometre akımının direkt birleştirilmesinden elde edilen kayıt arasındaki farkın hata içerme bakımından oldukça farklı

olduklarını ve 2S - sismografların kayıtlarının önceden eşitlenmiş sismometre parametreleri yanında, ayrıca, müşterek bir şönt, varsa amplifikatör ve kaydedici kullanılmasından dolayı en direkt bir şekilde zamana, yere ve alete ait hatalardan arınmış «kayıt» temin ettiği aşıkârdır. Örneğin gerek polarizasyon ve gerekse komponent birleştirme işlemlerinde mevcut kayıtların kullanılması ile yapılabilecek hataların şekli ve büyüklüğü önceden bilinmediğinden günümüzün modern dijital filtreleme teknikleri ile de ortadan kaldırılamayacağı ortadadır. 2S - sismografların direkt kayıtları ile kıyaslandığında eşit kayıt hızı ile saniyenin gayet küçük kesirlerinde bir zaman eşlenmesinin yapılması ve yine sismograf kalibrasyon farklarından dolayı verilere intikal edebilecek hata kaynakları gerek polarizasyon ve gerekse komponent birleştirme işlemlerinde 2S - sismograflarından elde edilecek kayıtların hassasiyetine erişimiyeceği kesinlikle söylenebilir.

2S - sismografların kayıtlarının bu niteliği yanında, ayrıca, yerin hareketinin yatay, düşey, transversal veya herhangi bir düzlem bileşkesini içeren kayıtların direkt yapılabilmesi ve yine, bu kayıtların «P» ve «S» sismik dalgalarından genelde yalnız biri ile kaydedilmiş olması nedeni ile, değişik bir kayıt ve kayıtlama oluşturmaktadırlar. (İleride, «filtreleme» kısmında bu kayıtların nasıl elde edilebileceği açıklanmış olacaktır.)

2S - sismografi meydana getiren sismometrelerden birinin vertikal sismometre olması halinde, sismik dalgaların sadece düşey bileşenleri değil, düşey düzlem üzerindeki yatay bileşeninde birleşmesi ile meydana gelen bileşkenin kaydı yapılmış oluyor. Şayet bu bileşkeye katkıda bulunan yatay bileşen, istasyon - kaynak doğrultusunda olacak olursa, toplam «P» dalgasını; ve dik (90°) olacak olursa, toplam «S» dalgasını temsil eden bir bileşkeyi genelde temin edecektir. (Bilinen deprem bölgelerinin incelenmesinde bu tamamen mümkündür). Burada, toplam bileşke derken «P» ler için tüm bileşkeyi kastedebileceken, «S» ler için aynı şeyi söyliyemediğinin belirtilmesi gerek. Bunun nedeni, «SV» nin yatay bileşeni «P» doğrultusunda olduğundan bileşkeye katkısını yapamayacağıdır.

**FİLTRELEME**

Sismik dalgaların kendilerine ait serbest birer partikül hareketleri olmakla beraber aynı kaynaklı dalgalar olduğunda partikül hareketler arasında yaklaşık fakat devamlı olan bir bağıntının varlığı söylenebilir. Şöyleki, «P» dalgaları yayılma doğrultusunda partikül hareketler yaparken, yaklaşık aynı doğrultuda gelen «S» dalgası partikül hareketlerini bu yayılma doğrultusuna dik (aşlında bu argüman herhangi bir «S» içinde doğrudur) bir düzlem üzerinde, herhangi bir doğrultu ve yönde yapmaktadır. Bunun bir neticesi olarak sismometrelerin tayin ettikleri yatay veya düşey düzlemler üzerine düşen bu dalgalara ait partikül hareketlerin bileşenleride, genelde yaklaşık 90° lik bir açı yapmaktadırlar.

Bu nedenledir ki, gerek aynı doğrultuda istasyona yaklaşmaları neticesi, gerekse, birbirine dik iki sismografin algılamaları neticesi, «P» dalgasının horizontal bileşeni «P<sub>h</sub>» ve vertikal bileşeni «P<sub>v</sub>» ile «S» dalgasının bileşenleri «SH» ve «SV» arasında ikişer ikişer, P<sub>h</sub> ⊥ SH, P<sub>v</sub> ⊥ SH, P<sub>v</sub> ⊥ SV<sub>h</sub>, P<sub>h</sub> ⊥ SV<sub>v</sub> şeklinde ve dalgaların kendi bileşenleri arasında SH ⊥ SV ve P<sub>h</sub> ⊥ P<sub>v</sub> ilişkileri vardır. Şimdilik kısaca not edelimki; 2S - sismograflarda, son iki ilişki bir dalganın toplam bileşkesini teminde yardımcı olurlarken, ilk ilişkilerde «P» ve «S» dalgalarının ayrı ayrı sismogramlarda kaydedilmelelerine (izolasyonlarına) yararlı olmaktadır.

Sismik dalgaları arasındaki bu fizik gerçeklerden sonra, ikinci olarak sismometrelerin çalışma tarzları ile ilgili gerçekleri görelim; sınırlı bir hareket kabiliyetine sahip, birbirine dik iki sismometrenin yarı serbest kütleleri magnetik alan içindeki hareketleri ile meydana getirdikleri akımların yönü bakımından, ya aynı yönlü (+) ve (-) ki, «akımların toplanması» söz konusu; veya ayrı yönlü (±) ve (∓) şeklinde akımların zıt yönlerde birleşmeleri «Akımların farkları» söz konusu olmaktadır. Burada «akımların toplam» hali (+) ve (-) polarizasyon şekilleri ile farkları için yazdığımız (±) ve (∓) polarizasyon şekilleri sismogramlarda sinyallerin sağdan sola veya soldan sağa yön değiştirmekle beraber,

amplitüdlerinin değişmeyeceği manasına gelmektedir. Ayrıca, buradaki yön değiştirmeleri ve hangi quadrant'a sinyalin kayıt edildiğini takiple, yerin partikül hareketinin doğrultusu ve yönü hakkında kesin bir bilgi temin edilebileceği görülür.

Yukarıda, iki sismometrenin yarı serbest kütlelerinin birbirine nazaran hareket doğrultularının ancak aynı veya zıt yönlü olabileceklerini görmüştük. Her iki (+, -) ve (±, ∓) polarizasyon şekilleri, aynı çeyrek yüzey için temin etmek amaçlanıyorsa bu sismometrelerin iki ayrı tarzda bağlanmaları ile mümkündür. Birbirine tamamen eşit pozisyonunda, ikişer ikişer, yerleştirilmiş sismometrelerden birinci çifte göre zıt bir tarzda bağlanacak ikinci çift, bize aynı quadrant'ta ikinci magnifikasyonu sağlayacaktır.

Şimdi, sismik dalgaların partikül hareketleri ile birlikte sismometrelerin, 2S - sismografı meydana getirirken, tip (vertikal, horizontal), bağlanma tarzları ve pozisyonları bakımından gösterdikleri algılama şekillerini hep bir arada düşünelim.

Açıklamaların daha somut olması açısından önce, tip itibariyle birbirine dik iki horizontal sismometrelerin şekil 1'deki gibi bağlanmaları ile meydana getirdikleri «horizontal 2S - Sismograf» ı ele alalım.

Şeklin dört diagramında, önce, iki ayrı doğrultuda, sonrada bunlara zıt yönlerde geldiği farz edilmiş «P» nin horizontal bileşenlerini düz çizgilerle ve ona göreli olarak diğer quadrantlarda bileşen bırakan «S» dalgalarıda (diagramlarda olduğu gibi, iki yönlü olabileceğinden) kırık ve noktalı çizgili olmak üzere, iki ayrı yönlü oklarla gösterilmiş bulunmaktadırlar. Ayrıca, bu değişik doğrultu ve yönlerde istasyona yaklaşan dalgaların horizontal bileşenleri «P<sub>h</sub>» ve «SH» lerin, sismometrelerin yarı serbest kütlelerine verecekleri hareketler «DP» rumzu ve bu hareketlerden dolayı meydana gelecek polarizasyon yönleride, «PZ» rumuzları ile gösterilmişlerdir.

Şekilde önce, «P<sub>h</sub>» ve «SH» lerin ayrı ayrı sismometreler üzerine bırakacakları bileşenleri, sonra, yarı serbest kütlelerin «DP» deki

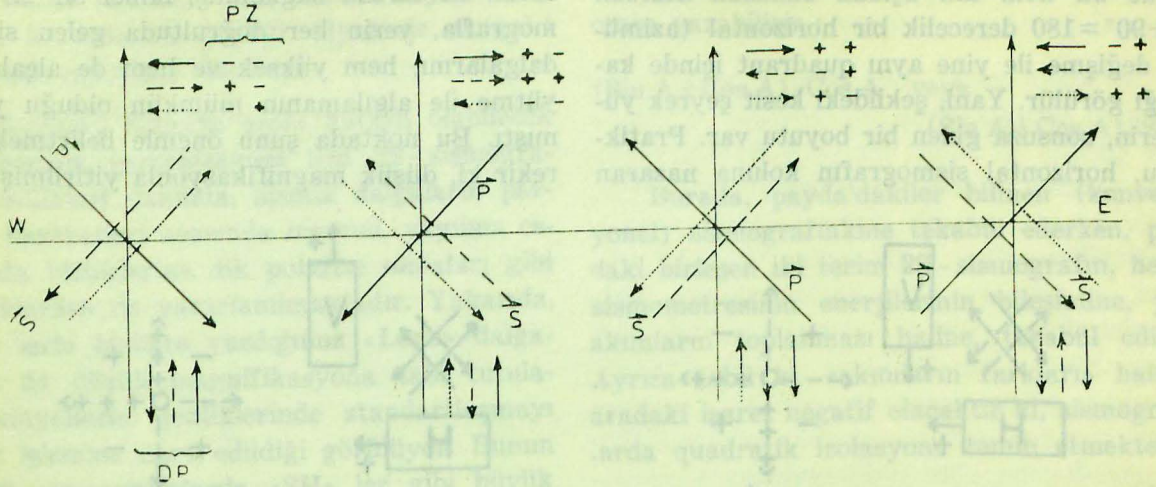


Figure 1. Representative figure for the P and S arrivals, signs of polarization (PZ) and displacement of the suspended mass of the seismometers (DP). Şekilde sismometrelerin serbest kütlelerinin denge durumlarındaki kolları ile, dört çeyreğe ayırdıkları yeryüzünün, ikişer ikişer, (birinci ile üçüncü ve ikinci ve dördüncü quadrantlar) olmak üzere, iki ayrı magnifikasyona nasıl tabi tuttukları görülmektedir.

hareketleri, daha sonrada, bu hareketlerin meydana getireceği «PZ» deki polarizasyonları ve nihayet, bir çift polarizasyonun tayin ettiği netice polarizasyon quadrant'ına kadar sıra ile takip edilecek olursak: «P<sub>h</sub>» ile «SH» lerin quadrantlarının daima farklı; biri yüksek magnifikasyon (akımların toplamı) (+, -) quadrantında iken, diğerinin, alçak magnifikasyon (akımların farkı) (+, -) quadrantlarında olduğunu görürüz. Bu prensibe «SH» in çift yönlü olabilen partikül hareketinde uyduğu görülür. Çünkü, bu yön değişimi ancak, (+ -) polarizasyonunu (- +) veya (+ +) ya (- -) şeklinde bir değişmeye sebep olabilmektedir ki, bunlarda polarizasyon quadrant cinsini değiştirmeye neden olmamaktadır.

Burada, aslında (+) ile (-) lerin eşit olması; yani, dalgaların şekildeki gibi 45° ile istasyona gelişleri halinde «akımların farkları» sıfır olacağından, bu signaller sismogramlarda bulunamayacaklardır. Böylece, dalgaların polarizasyon doğrultularına bağlı bir filtrelemeden, (directional filtering'den) bahsetmiş oluyoruz.

Bu filtreleme özelliğinin birkaç pratik kullanımını şöyle sıralıyabiliriz: Aynı anda ve aynı şekilde impulsif olarak gelip kaydedilen «P» ve «S» dalgalarını ayırt etmenin normal sis-

mogramlarda mümkün olmadığı hallerde, 2S - sismogramlarda bu tip gelişlerin gayet net okunmasının yapılabileceği; keza, azimutal farklılığı dolayısıyla, değişik kaynaklı dalgaların gelişlerinin ayırtedilebileceği; ve yine, bir bölgenin mikrosismik veya herhangi bir sismik aktivitesinin incelenmesi söz konusu olduğunda, dinlenmek istenen bölgeyi «yüksek magnifikasyon» quadrant'ına veya ingilendirmeyen bölgeyi «alçak magnifikasyon» quadrantına alarak, signal/gürültü oranını büyültmenin mümkün olabileceği dolayısıyla, algılamının (dedeksiyonun) artırabileceğini sayabilir.

Diğer taraftan bir horizontal sismometre ile bir vertikal sismometrenin birleştirilmesinden meydana gelen «vertikal 2S - sismograf» pratikte kullanım açısından «horizontal 2S - sismograf» lardan ayrıldığı söylenebilir. Bu farkı görebilmek için, ilk olarak, sismografin yatay sismometresinin yarı serbest kütlelerini taşıyan koluna paralel bir bakışla, kola dik bir düzlem üzerinde çeyrek yüzeyleri düşünelim. Şekil 2'de iki ayrı bağlama tarzına ait bu çeyrek yüzeylerin durumu, a' ve b' diagramların da gösterilmiştir. Bu düşey, kola dik kesitte; orta merkez, sismometre kolunun izdüşümü olup, derinliğine ölü, duyarsız bir eksen temsil eder. Yani, partikül hareketlerin bu eksen üzerindeki bileşenleri algılanmaz. Şimdi,

bir de bu kola dik açıdan bakacak olursak  $90^\circ + 90^\circ = 180$  derecelik bir horizontal (azimütal) değişme ile yine aynı quadrant içinde kaldığı görülür. Yani, şekildeki kesit çeyrek yüzeylerin, sonsuza giden bir boyutu var. Pratikte bu, horizontal sismografin koluna nazaran

zaran zıt tarzda bağlanmış, ikinci bir 2S - sismografla, yerin her doğrultuda gelen sismik dalgalarını, hem yüksek ve hem de alçak büyüme ile algılamannın mümkün olduğu yazılmıştı. Bu noktada şunu önemle belirtmek gerekir ki, düşük magnifikasyonla yitirilmiş her-

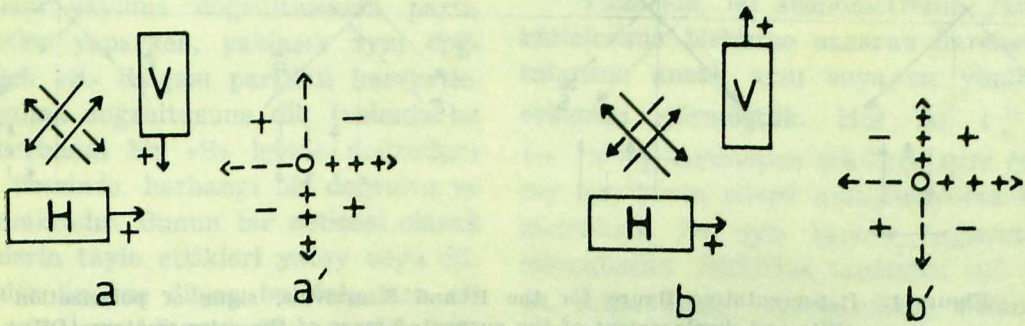


Figure 2. The vertical (V) and horizontal (H) seismometers' connection in two ways.

Düşey (V) ve Yatay (H) sismometrelerin iki ayrı tarzda bağlantılarını gösteren şema.

bir tarafında kalan «akımların toplamı» bölgesinde kayıt yapabilme olasılığını bir tek 2S - sismografla  $180^\circ$  lik bir genişlikte temin edileceğini gösteriyor. Halbuki aynı şeyi «S» ler için söyleyemiyoruz. Bunun nedeni, «S» in şekil 2'deki dik kesitte,  $360^\circ$  lik bir değişme ile her iki doğrultuda ve yönde olabileceğidir. Fakat bu kısıklılık, yine şekilden görülebileceği gibi, ikinci bir tarzda bağlanmış, ikinci bir 2S - sismografla ortadan kaldırılabiliyor ve «P» ler dahil, «S» lerin her doğrultudaki partikül hareketlerini, daima «akımların toplamı» quadrant'ında kayıt yapma imkânı oluyor.

Buradaki filtreleme ve «P» ve «S» dalgalarına ait bileşke kayıtlar için, dalgaların vertikal ve horizontal bileşenlerinin aynı fazda olmaları şartı vardır. Bileşenlerinin aynı fazda olmadığı, non - linear dalga gelişleri halinde anomali beklenmesinin normal olacağını göz önünde bulundurmak gerekir. (Nuttli 1961, Archambeau et all 1966).

2S - sismograflarının yukarıdaki filtre özelliklerinden, sath dalgaları ile çalışmalarda da yararlanılabileceğini kısaca söylemek mümkündür.

### ALGILAMA (Dedeksiyon)

Filtreleme kısmında, uçları birbirine na-

hangi bir bilginin, yüksek magnifikasyon sismogramında bilhassa mevcut olacağı, dolayısıyla, bu iki sismografin birbirlerini bilgi bakımından, tamamlayıcı rol oynadıkları kesinlikle söylenebilir.

Bu şekildeki, çifte magnifikasyon olanağı ile algılamaya yeni bir potansiyel sağlandığını söylemek mümkündür. Örneğin: Genelde normal sismogramlarda, «SH» ve «Love» dalgalarına ait signaller oldukça büyük amplitüdlerle kaydedilirler. Buna karşılık, «P» ler sismogramlarda çoğu kez, güçlüklerle okunacak durumdadırlar. Kısaca adına «dinamik genlik» problemi dediğimiz, sismografin kayıtlama kabiliyeti olarak yerin en küçük ve en büyük hareketini lineer olarak kayıta sınırlıyan bu olguya, 2S - sismografların kısmen de olsa bir çözüm sağlama olanaklarına sahip oldukları söylenebilir. Şöyle ki; yüksek magnifikasyona (akımların toplamına) göre kalibre edilecek 2S - sismografin birbirlerine nazaran zıt bağlanmış bir çifti ile, sismogramlardaki büyük amplitüdü «SH» ve «Love» dalgalarını, düşük magnifikasyon quadrant'ları ve «P» kaynaklıları da yüksek magnifikasyonla aynı anda kaydetmek her zaman için imkan dahilinde olup, bu 2S - sismogramlarda sinyallerin amplitüdüleri bakımından bir «standartlaşma» ya sebep olmaktadır ki, daha yüksek seviyede tatbik

edilebilecek (dinamik veya statik) büyütme seviyesi ile dinamik genliği (dynamic range) i artırmak mümkün olacaktır.

Sismoloji bilimine kesin katkısı olabilecek bu önerinin gerçekleşmesi için 2S - sismografin özellikleri yanında, sismik dalgaların partikül hareketleri arasında mevcut, yayılma esnasında birbirlerine dik polarize olmaları gibi gerçeklerden de yararlanılmaktadır. Yukarıda, «SH» lerle birlikte yazdığımız «Love» dalgalarını da düşük magnifikasyona tabi tutularak sinyallerin genliklerinde standartlaşmayı temin işlemine ilave edildiği görülüyor. Bunun nedeni, sismogramlarda «SH» ler gibi büyük genlikli (hatta, daha da büyük genlikli oldukları söylenebilir) «Love» dalgaları da, genelde, yaklaşık olarak yayılma doğrultusuna dik partikül hareketlere sahip olmalarıdır. (Montalbetti et al 1970).

Diğer taraftan, her doğrultuda olabilen, signal dışı kaynaklı gürültülerin, 2S - sismografin doğrultuya tabi filtreleme özellikleriyle kısmen elimine olunabilecekleri nedeniyle, bundan algılamanın (dedeksiyonun) daha da kazançlı çıkacağı söylenebilir. Bunun sebebi, dedeksiyonun burada, gürültü ile sinyal arasındaki farkların farkına varılabilmesi, sinyalin ayırt edilebilmesi, manasına gelmesidir.

## SİSMİK ENSTRUMAN

2S - sismograflar, sismik aygıt olarak, «kayıtlama» «filtreleme» ve «algılama» kısımlarında açıklanan kabiliyetlerine ilaveten, aletin normal sismograflarinkine nazaran, son derece yumuşak cevap (respsans) eğrisine sahip olması, onun önemini artırmaktadır. (Buna ait kantitatif bir gözlemi bilgisayara çizdirilmiş ilk makaledeki 3 ve 4 nolu şekilleri incelemekle yapabiliriz.)

İkinci olarak, şayet normal bir sismograf-la, 2S - sismografin elektrik enerjilerini kıyaslayacak olursak: 2S - sismografin, normal normal sismograf gibi yerin hareketinin bir doğrultudaki bileşeninin enerjisini değilde, bu hareketin bir düzlem (yatay veya düşey) üzerine düşen bileşenlerinin toplamına tekabül eden, daha büyük bir kinetik enerjiyi, elektrik enerjisine çevirmekle, kaydedici galvanometriyi

beslediğini görüyoruz. Enerjiler arasında şu oranı yazabiliriz :

$$(\sin A + \cos A) / \cos A \quad \text{veya}$$

$$(\sin A + \cos A) / \sin A$$

Burada, payda'dakiler bilinen (konvensiyonel) sismografinkine tekabül ederken, paydaki birleşen iki terim 2S - sismografin, herbir sismometresinin enerjilerinin bileşimine, yani akımların toplanması haline, tekabül ediyor. Ayrıca tabii ki, «akımların farkları» halinde aradaki işaret negatif olacaktır ki, sismogramlarda quadratik izolasyonu temin etmektedir.

Sismografin, pratik kullanımı şekliyle, «akımların toplamı» haline göre çalıştırılacağını ve kalibre edileceğini farz edersek bunun sismografi dünyasında en çok arzu edilen «dinamik genlik aralığı» nın genişletilmesi gibi bir hususa kısmen cevap getireceği düşünülebilir.

Ve yine, aynı nedenle kaydedici galvanimetrenin bir yerine, iki sismometre tarafından beslenmiş olması, sismometrelerde daha düşük bir elektromotris güce gereksinimi işaret etmektedir ki, bu da, imalât konusunda değerlendirilebilecek bir özellik olarak nitelenebilir.

## SONUÇLAR

Elektrik mühendisliğinin devre analizi ve sentezi prensiplerini uygulamak suretiyle çıkartılan 2S - sismografin esas formüllerini, önce çeşitli sayısal değerler için hesaplayarak normal (konvensiyonel) sismografinkilerle karşılaştırılmış, irdelenmesi yapılmış, sonra da, sismik dalgalarla ilgili fizik gerçekleri (ki, bunlar arzın yapısının da bir neticesidir.) sismografin algılama tarzı ile birlikte mütalaa ederek, sismografi bilimine katkıda bulunabilecek potansiyeller işaret edilmiştir.

Seriff (1959) un aksine sismometrelerin paralel bağlanması: a - en direkt bir şekilde gerçekleşen «vektörel birleştirme», b - yöne tabi «izolasyon» veya «polarizasyon filtre» kabiliyeti, c - kayıtlardaki «standardasyon» ve «dinamik genlik aralığı» üzerine etkisi, d - cevap eğrileri üzerindeki «smoothing» ile, seri bağlanmış sismometrelerden çok daha ilginç

ve jeofizik dünyası için unutturulamıyacak kadar faydalı olduğu görünüyor.

İki lineer sistem olan sismometrelerin çıkışlarının birleştirilmesi ile meydana gelen bileşke çıkış'ın da lineer bir çıkış olacağı gerçeği ile hareket edilmiş bu çalışmada yine aynı ölçütlerle, alet olarak uygulamasının gerçekleştirilebileceğine inanılmıştır. Burada, bilhassa, iki sismometrenin bobinini içeren geniş devreden dolayı, ağır bir sönüm gösterebilecek akımın, aletin cevap eğrisinde ne derece bir yumuşamaya sebep olacağı ve neticelerini, güvenmemiz gereken gelişmiş elektrik mühendisliğinin metodlarına göre değerlendirilmesinin yapıldığı hatırd tutarak deneysel verilerle yapılabilecek rotuşların teorik neticeleri etkilemeyeceğini söylemek bilimsel olur. Nitekim, İ.T.Ü. sismik laboratuvarlarında son zamanda yapılan deneylerde 2S - sismogramlarla önerilen fikirlerin gerçekleştiği gözlenmiş, ancak normal sismogramlarla karşılaştırmalarda eldeki değişik karakteristiklere sahip az sayıdaki sismometrelerle kantitatif değerlendirmelerin yapılması mümkün olmamıştır.

2S - sismograf, sismik dalgalarında bazı özellikleri ile birlikte sismografiye çeşitli katkılarda bulunurken, gerek deprem mekanizmasından dolayı (Nuttli 1961), gerekse geniş topografik yapıdan dolayı (Irikura 1980) aynı quadrant içine düşebilecek «P» ve «S» dalga bileşenlerinin özel gelişleri ile kısıklanabilecek çalışmaların gerçekte etkilenilecek nicelikte olmayacağı kabul edilmiştir.

Bu makalede, genelde, 2S - sismogramların, konvansiyonel sismogramlardan ve benzer amaçlarla endirekt bir şekilde elde edilmiş sismogramlardan, hangi bakımlardan ayrıldıkları ve bu farklardan dolayı ne gibi avantajlar temin edebilecekleri işaret edilmeye çalışılmıştır. Burada kesin olan bir husus vardır ki, bu farkların sismografiye hiçbir katkıda bulunamayacağı iddia edilememesidir.

Bilhassa, bilinen deprem bölgelerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalarda, (ki bu zaman ilgiye göre tek bir 2S - sismograf çalıştırılması

yeterli olabilecek) tek bir dalga tipini (S veya P yi) içeren sismogramların elde edilmesi, hem signal analizine, hem de kayıtlarda signallerin «standartlaşması»na yardımcı olacağından, sistemin, sismografide ileri doğru atılmış bir hamleyi temsil ettiği ileri sürülebilir.

Yukardaki farkların yanısıra, dalgaların partikül hareketlerinin bileşenlerini (iki veya üç boyutuna ait) birleştirerek, elde ettiği bileşkelerini direkt bir şekilde kayıt edebilen bu aletin, sismoloji bilimine hayatlarını vakfeden araştırmacılara yeni imkânlar temin edeceği kanaatindeyim.

#### DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- ARCHAMBEAU, C.B., E.A. FLINN, and D.G. LAMBERT (1966): Detection, Analysis and Interpretation of Teleseismic Signals, Journal of Geophysical Research, Vol. 71, No. 14, 3483 - 3501.
- BENIOFF, H., and B. GUTENBERG (1952): The response of strain and pendulum seismographs to the surface waves, B.S.S.A. 42, 229 - 237.
- IRIKURA KOJIRO (1980): Earthquake Ground Motions Influenced by Irregularities of sub-surface taperographies, Proceedings of 7th WCEE, Istanbul, Vol. 2, 175 - 182.
- MONTALBETTI, I.F., and E.R. KANASEWICH (1970): Enhancement of teleseismic Body Phases with a Polarization Filter, Geophys J.R. Astr. Soc. 21, 119 - 129.
- NUTTLI, OTTO (1961): Effect the Earth's Surface. On the S Wave Particle Motion BSSA, 51, 237 - 246.
- ROBERT, C.S., and H.K. RICHARD (1969): Application of strain seismographs to the discrimination of seismic waves, B.S.S.A. 59, 673 - 689.
- ROMNEY, C. (1964): Contributions of strain and pendulum seismographs for increasing the detectibility of P. B.S.S.A. 54, 2165 - 2174.
- SERIFF, A.J. (1959): The response of seismometers in series and parallel connections, Geophysics, Vol. 24, 49 - 63.
- WHITE, J.E. (1964): Motion product Seismograms. Geophys. Vol. 29, 288 - 298.

#### KATKI BELİRTME

İmkânlar dahilinde araştırmaya deneysel desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Nezihi Canitez'e sismik laboratuvar teknisyenlerine ve uzman olarak yardım eden Sayın Uğur Güçlü meslekdaşıma teşekkürlerimi sunarım.