

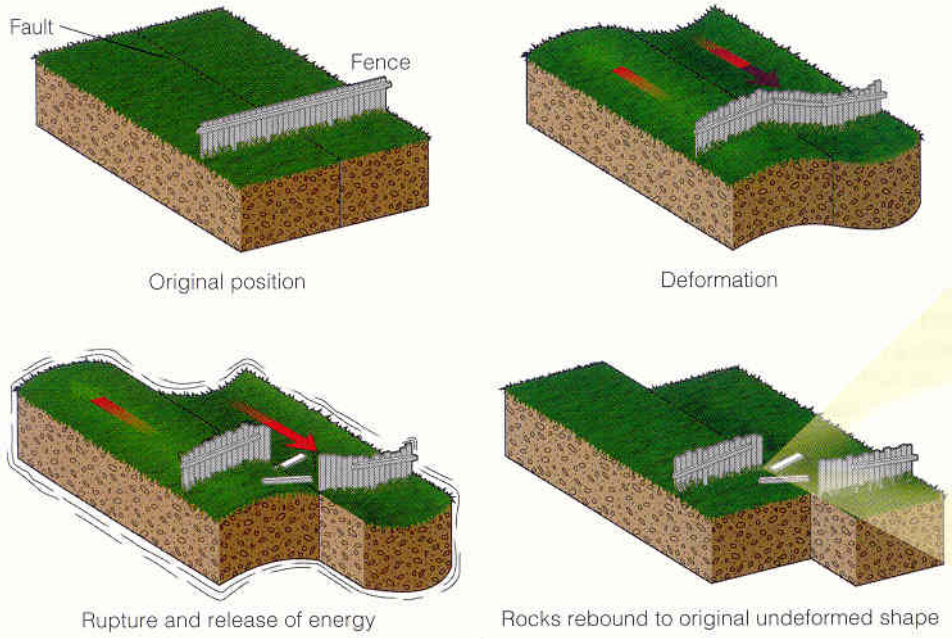
BÖLÜM 18

DEPREMLER

18.1. GİRİŞ

Deprem, yerin sarsılması veya hareket etmesidir. Deformasyon geçirmekte olan kayaların bir kırık boyunca aniden hareketleri ile olur. Fayın her iki tarafındaki bloklar hareket ederek yer titreşimlerini meydana getirirler. Bu kayma genellikle plaka sınırlarında - kabukta veya üst mantoda - oluşur.

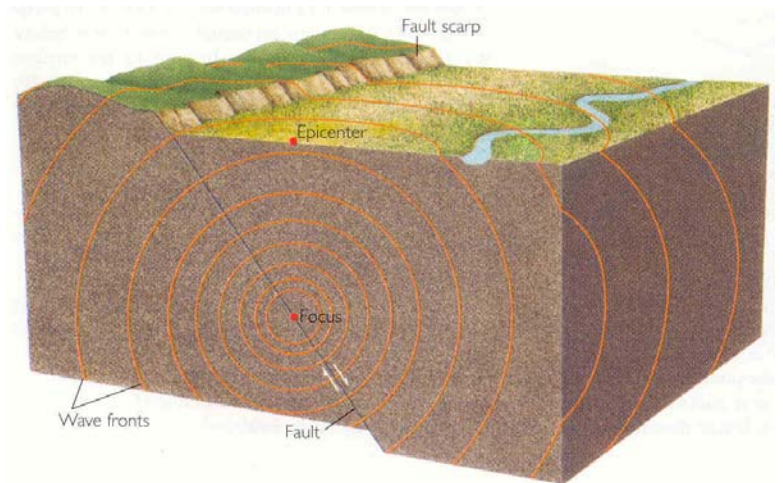
San Andreas fayı boyunca meydana gelen 1906 San Fransisko depremi, arazi incelemeleri itibarı ile o zamana kadar en iyi çalışılmış afetlerden biridir. Bu depremde çıkarılan sonuçlardan biri elastik sıçrama (ELASTIC REBOUND) teorisidir (Şekil 18.1). Bu teoriye göre, deprem olana kadar, fayın ayırdığı bloklar belirli bir miktarda deforme olmaktadır. Bu deformasyon, fay boyunca plaka veya blok hareketlerinin devam etmesi sonucu devam eden sıkışma ve sürtünmelerle olmaktadır. Fayın her iki tarafına ve fay izine dik olarak çizilmiş sanal doğru parçalarının zamanla eğrileşmesi ile bu deformasyonun yüzeysel şekli gösterilmiştir. Yer kabuğu içinde sürtünmelerle biriken stresler, fay boyunca bir bölgede bir sıkışmaya, kilitlenmeye yol açarlar. Sonuçta, bir müddet sonra bu kilitleme zonunda hızlı bir hareketle (genellikle bir kaç dakika süren) ve metrelerce olabilen bir yerdeğiştirme (atım) ile deprem oluşur.



Şekil 18.1. Elastik sıçrama kuramı.

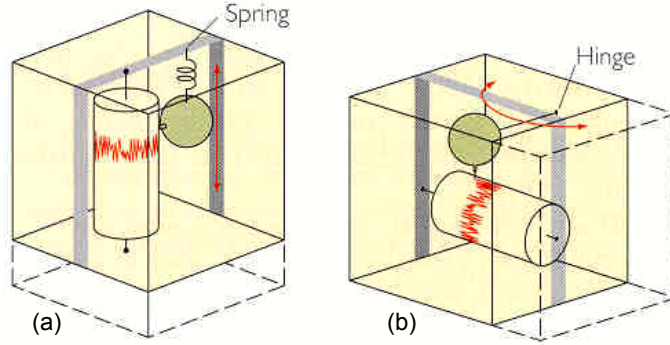
Genellikle nokta gibi algılanan oluşma bölgesine odak (FOCUS, HYPOCENTER), bu bölgenin yeryüzüne dik izdüşümüne de merkez üstü/episantr (EPICENTER) denir. Deremin yeryüzünde en fazla hissedildiği ve hasar yapabileceği yer episantrdır (Şekil 18.2).

Şekil 18.2. Deprem odağı, merkez üstü ve deprem dalgaları.



18.2. DEPREM İNCELEME ÇALIŞMALARI

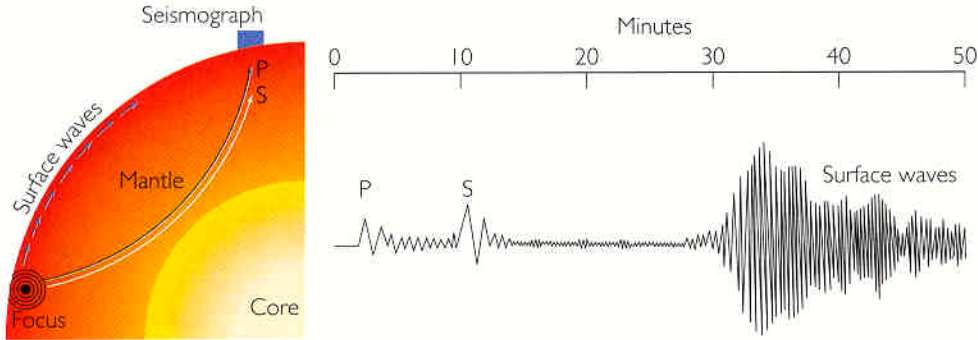
Depremde ortaya çıkan dalgaları kaydeden ve kağıda çizerek incelenmelerini sağlayan aletlere sismograf (sismometre bu işlemleri tamamen sayısal ortamda ve elektronik olarak yapan aletlerdir) denir (Şekil 18.3). Kayıtlar, ilke olarak, yer sarsıntılarını, yere mümkün olduğu kadar az bağımlı bir ağırlığın hareketler sırasında oynamaması ile sağlanır. Deprem sırasında eylemsizliği - hareketsiz cismin hareket etmeye karşı direnci - dolayısı ile, bu ağırlığa bağlanan bir yazıcı kalem, hareket eden bir kağıt düzlemine depremi "çizer". Uygulamada bu ağırlık bir yayla (Şekil 18.3a) veya bir menteşe aracılığı (Şekil 18.3b) ile yere "bağlanır". Deprem hareketleri, bu ağırlığa yere göre daha az bir ivme kazandırır ve kayıt yapılır. Modern sismometrelerle 10^{-18} santimetrelik yerdeğiştirmeler algılanabilmektedir.



Şekil 18.3. Sismografların çalışma ilkeleri.

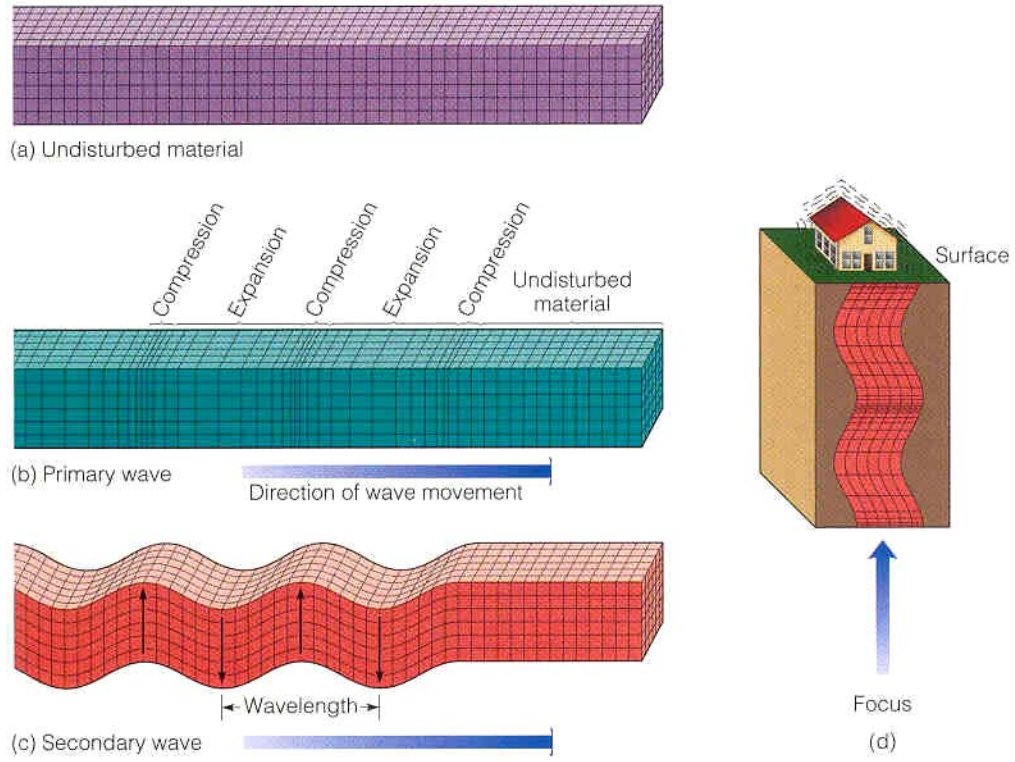
18.3. SİSMİK DALGALAR

Herhangi bir yere yerleştirilen bir sismograf, birkaç saat içinde yeryüzünde oluşan depremleri kaydetmeye başlar. Durgun bir su yüzeyine atılan taş örneğinde olduğu gibi deprem odağından itibaren yeryüzüne yayılan dalgalar zaman içinde üç dalga grubu halinde gelirler. İlk gelen dalgalara P (PRIMARY) daha sonra gelenlere de S (SECONDARY) dalgaları denir. P ve S dalgaları yer içinde hareket ederler. En son olarak ta dünyanın yüzeyini kateden yüzey dalgaları kayıt edilebilirler (Şekil 18.4).



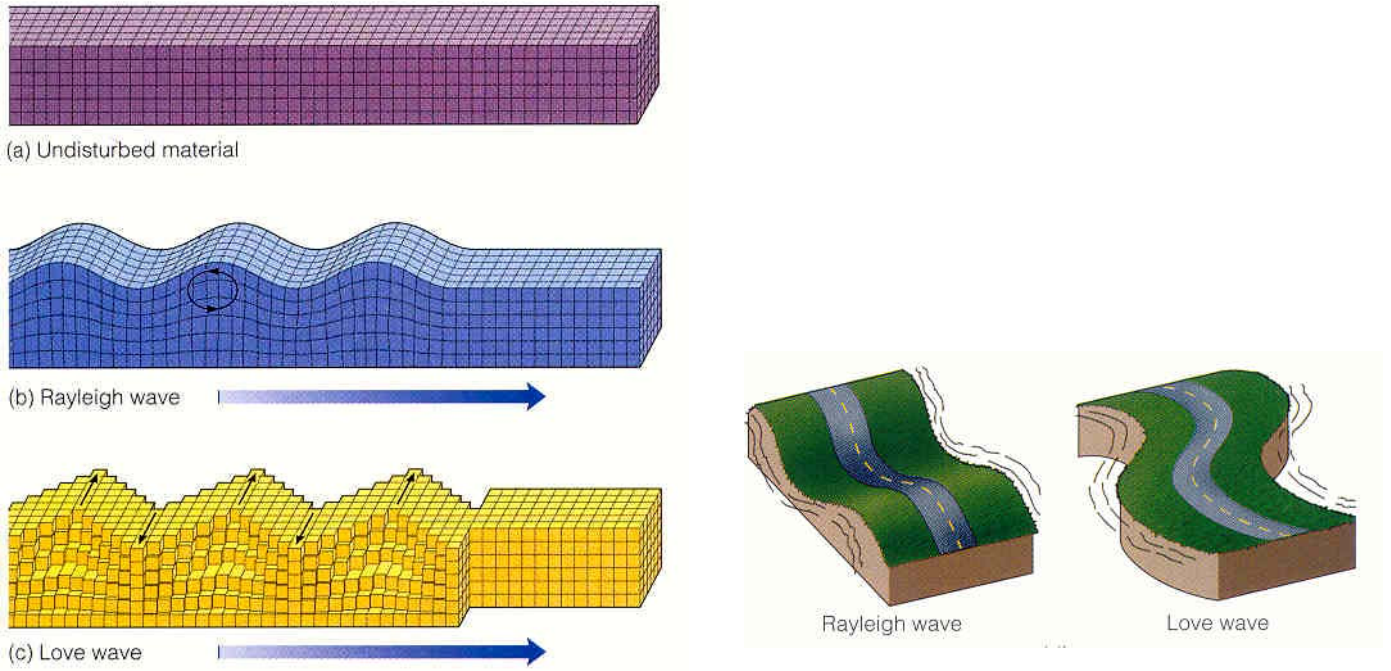
Şekil 18.4. Deprem dalgaları

Fizik olarak, P dalgaları (Şekil 18.5a), havada hareket eden ses dalgalarını andırırlar. Ses dalgaları gibi, kompresyonel (sıkıştırıcı) dalgalarıdır: katı, sıvı veya gaz halindeki maddelerden geçerken madde parçacıklarını dalga hareket yönünde sıkıştırır (CONTRACTION) veya serbestleştirirler (RELAXATION). Kayada hızları 5 km/saniye kadardır. S dalgaları ise, katı kayaktan geçebilirler (Şekil 18.5b). Hızları P dalgalarınınkinin yarısı kadardır. Katettikleri maddenin parçacıklarını dalga hareket yönüne göre dik yönlerde sallamaları nedeni ile S dalgalarına kesme (SHEAR) dalgaları da denir. Kesme dalgaları sıvı ve gazlarda oluşmazlar.



Şekil 18.5. P ve S dalgaları

Yüzey dalgaları (Şekil 18.6), kumulların oluşabilmesine benzer bir şekilde serbest bir yüzey gereksinirler (kumullarda hava, bu serbest yüzeydir) ve bu nedenle arzun en üst tabakalarında hareket ederler. Bir kısmı eğrisel hareketler şeklinde ayrılırken diğer bir kısmı da yanlara doğru yayılım gösterirler.

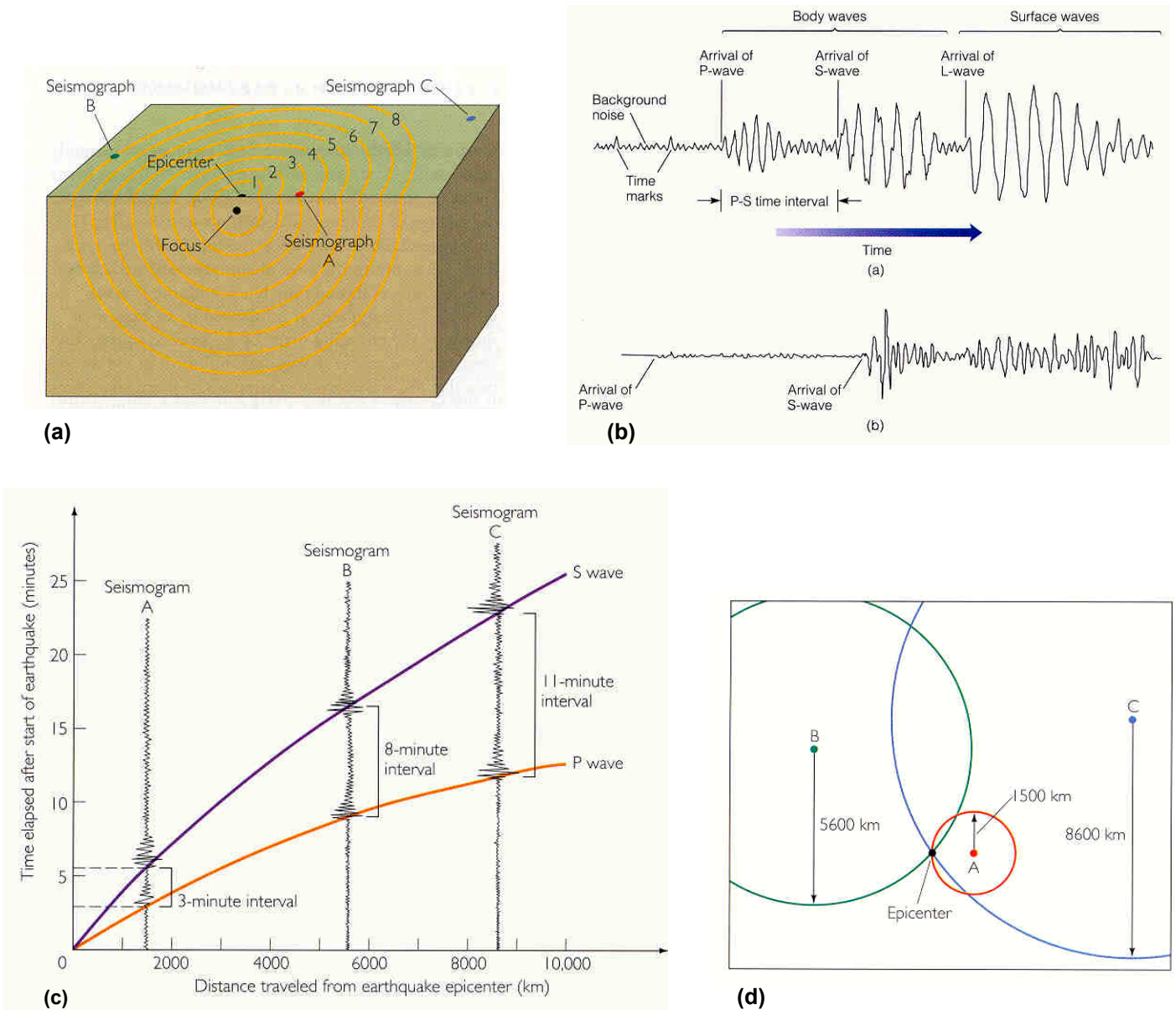


Şekil 18.6. Yüzey dalgaları

18.4. MERKEZ ÜSTÜNÜN SAPTANMASI

Bir depremin merkez üstünün (epicenter) saptanabilmesi için, deprem olgusunun (PHENOMENON, FACT) iyi anlaşılması gerekir. Bunun üzerinde sismograflardan sağlanan verilerle yürütülen çalışmalar ve varılan sonuç, şu örnekle açıklanabilir. Bir fırtına esnasında oluşan yıldırımın ne kadar uzakta olduğunu anlamak için, ses hızı bilindiğine göre, yıldırımın ışığı ile gökgürültüsünün duyulması arasındaki zaman farkının ölçülmesi gerekir. Deprem örneğinde, yıldırım ışığı P, gökgürültüsü ise S dalgaları ile eşdeğerdir. P ve S dalgaları arasındaki zaman mesafesi, bu dalgaların yerkabuğu içindeki seyahat mesafesi ile orantılıdır. Diğer bir deyiş ile, dalgaların oluştuğu deprem odağı ne kadar uzak ise, P ve S dalgaları arasındaki zaman aralığı da o kadar uzun olacaktır.

Şekil 18.7'de sanal bir deprem odağı, odaktan yayılan dalgalar, bu dalgaları kaydeden üç istasyon (18.7a), bu kayıtlar, ve bunlardan itibaren odak saptanması yöntemi anlatılmıştır. Modern kayıt ve işlem istasyonlarında, bu işlemler bilgisayarlarla ve optimizasyon yöntemleri kullanılarak - yani tüm kayıtların işlenerek en uygun episantr, deprem oluş zamanı ve odak derinliği ile, depremin hangi kuvvetler etkisi altında oluştuğu - yürütülmektedir (ayrıntılı bilgiler için bakınız NEIC/USGS veya Japon ERI siteleri). Episantr, üç istasyondan alınan verilerle saptanır (Şekil 18.7b). Bunun için her istasyon bilgileri ile elde edilen, istasyon-episantr uzaklığını veren çemberler çizilir (Şekil 18.7c,d). Bu çemberlerin kesiştiği nokta veya alan, episantra karşılık gelir (Şekil 18.7d).



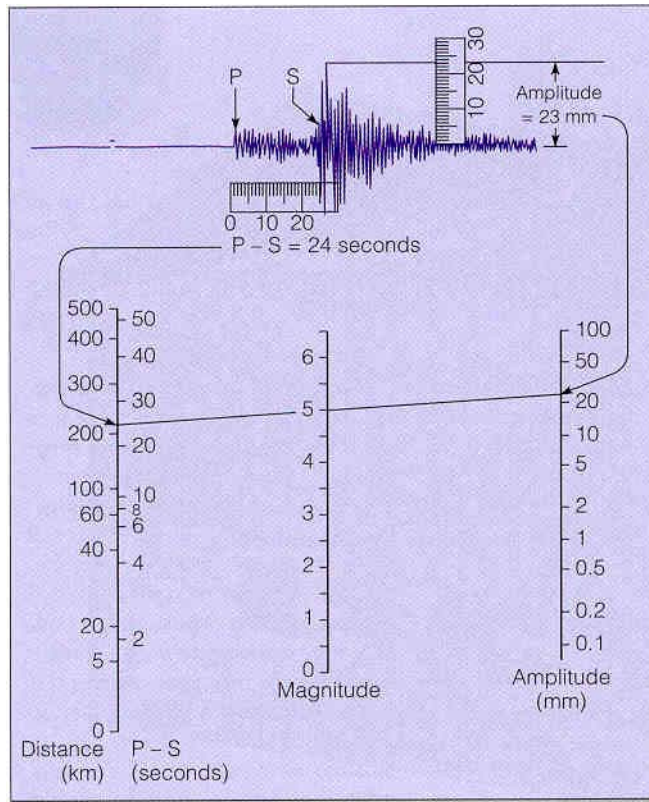
Şekil 18.7. Deprem merkez üstünün bulunması

18.5. BİR DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Yer bilimciler için bir depremin olduğu yeri bilmek kadar o depremin büyüklüğünü, veya, magnitudünü saptamakta önemlidir. Bir yerleşim alanı veya stratejik öneme sahip bir bölgede (baraj, nükleer santral, vs) gelişebilecek bir depremin büyüklüğü inşaatların yapımı ile ilgili parametreleri etkileyecek unsurların başında gelir.

18.5.1. Richter büyüklüğü

1935 yılında Kaliforniya'lı bir sismolog olan Charles RICHTER, astronomide kullanılan ve yıldızların parlaklıklarını bir sayı (kadir) ile ifade etme yöntemini depremlere uyguladı. Buna göre, Richter her depreme bir sayı (Richter büyüklüğü) atfetti. Bu sayı, deprem sırasında çizilen kayıttaki eğrinin azami (maksimum) yüksekliği (amplitüd, AMPLITUDE) ile orantılıdır (Şekil 18.8). Yıldızların çok değişik sayılarla ifade edilen parlaklık değerleri gibi, depremlerinde çok değişik aralıklarda büyüklükleri vardır. Bunun için Richter ölçeğini sıkıştırdı ve logaritmik bir ölçek kullandı. Buna göre, iki depremin arasında yer sarsıntısı amplitüdüleri açısından aralarında 10 kat fark varsa, bu fark Richter ölçeğinde 1 farka karşılık gelir. Diğer bir deyişle, bir depremde kayıt amplitüdü örneğin 2 mm, bir diğerinde ise 20 mm ise, Richter ölçeği itibarı ile, bu depremlerin ilkinin büyüklüğü 2 ise, ikincisinininki 3 olacaktır. Depremler sırasında ortaya çıkan enerji açısından düşünüldüğünde ise, birbirini izleyen iki Richter büyüklüğü arasında (örneğin 2 ve 3) 33 katlık bir fark vardır. Diğer bir deyişle, 3 büyüklüğünde bir depremin enerjisini 33 tane 2 büyüklüğünde depreme yaratabilir.



Şekil 18.8.

Uzak mesafeler kateden sismik dalgalarda meydana gelen zayıflamalar nedeni ile, odağa uzak istasyonlarda bu uzaklıkla orantılı düzeltmeler yapmak gerekmektedir. Richter'in hazırladığı listeler yardımı ile bu düzeltmeler yapılabilmektedir.

18.5.2. Moment Büyüklüğü (Moment Magnitude)

Klasik hale gelen ve halen kullanılan Richter ölçeğinden sonra sismologlar, bir depremden belirli uzaklıkta bir yerin nasıl sallandığından öte, o depremin odağında neler olduğu ile ilgili yeni bir büyüklük kavramı (moment büyüklüğü) geliştirdiler. Buna göre oluşturulan yeni ölçekte, depremde oluşan atım miktarı, fay boyunca ve deprem kırığından etkilenen alan ve kayaçların direnci ile ilgili unsurlar ele alınmaktadır. Moment büyüklüğü, fiziksel anlamda, bir depremle ortaya çıkan enerji ile yakından ilgili bir kavramdır. Her ne kadar moment büyüklüğü ve Richter büyüklüğü ile benzer sonuçlara ulaşılsa da, moment büyüklüğü bir depremin sonuçlarından çok nedenleri ile ilgili olması nedeni ile bilim insanları tarafından daha tercih edilmektedir.

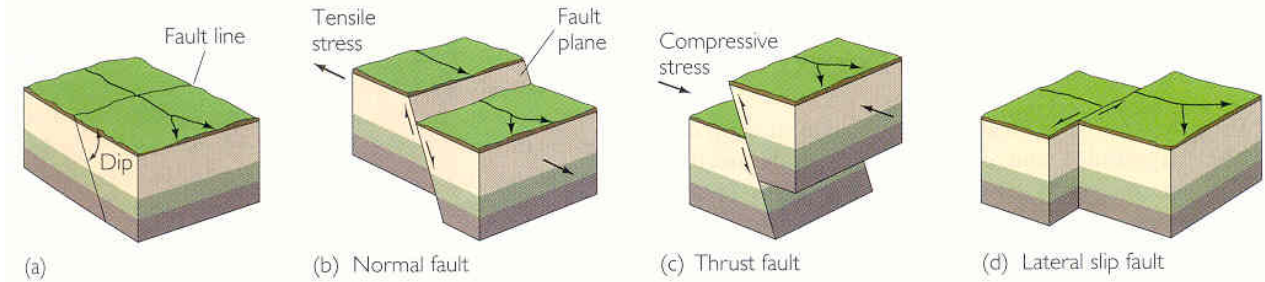
18.6. DEPREM ŞİDDETİ İLE İLGİLİ DİĞER UNSURLAR

Bir depremin yarattığı hasarı anlayabilmek için deprem büyüklüğü yeterli bir kavram değildir. Zira en yakın şehre 2 000 km uzaklıkta meydana gelen ve 8 büyüklüğünde bir deprem herhangi bir hasara yol açmazken, bir şehrin yakınında oluşacak 6 büyüklüklü bir deprem büyük hasara yol açabilir.

Değiştirilmiş Merkalli Şiddet Cetvelinde bir deprem ile oluşan hasarlar ele alınmaktadır. Bu cetvelde şiddetler I (çok hafif) ile XII (afet) arasında değişmektedir, ve insanlar hissetmeleri ve hasarla ilgilidir. Hasarlar büyüklük, episantra uzaklık, bina ve yapıların dayanımı, temellerin oturduğu zemin ve kayaların türü gibi unsurlara bağlıdır. 1906 San Fransisko depreminin Merkalli ölçeğinde şiddeti XI idi.

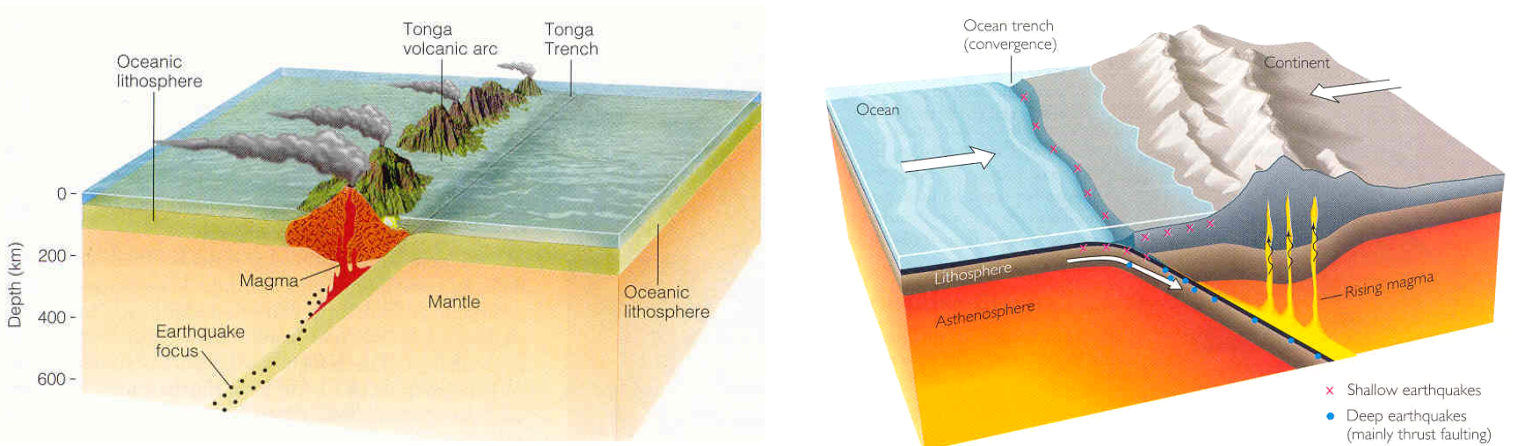
18.7. PLAKA TEKTONİĞİ VE DEPREMLER

Depremler çekme kuvvetleri veya basınç (sıkıştırma) kuvvetleri altında (Şekil. 18.9), yeryüzünün üst kesimlerinde çeşitli derinliklerde gelişirler. Çekme kuvvetleri altında kalan plakalar, veya bloklar, normal faylar boyunca birbirlerinden ayrılırlar (Şekil. 18.9b). Basınç kuvvetleri ise plakaları birbirlerine yaklaştırır, ve ters faylar boyunca depremler yaratırlar (Şekil. 18.9c). Birbirlerine göre yana doğru hareket eden plakaların arasında ise bir transform fay bulunur (Şekil. 18.9d). Bu üç tür plaka sınırında, sığ veya derin depremler gelişebilirler.



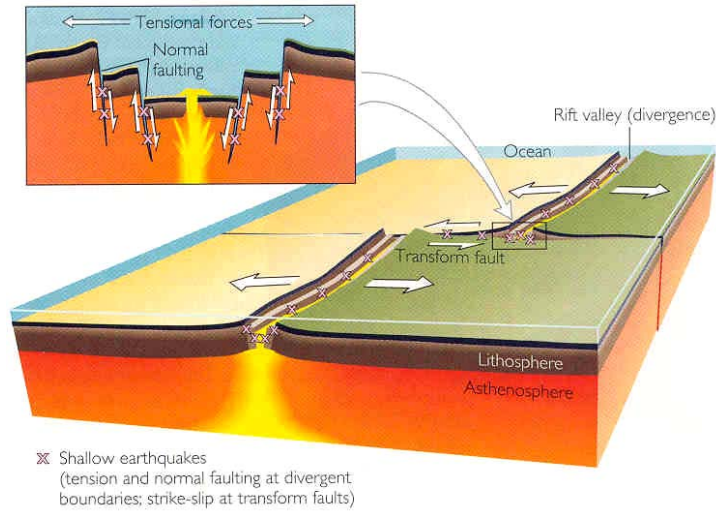
Şekil 18.9. Fay çeşitleri.

Yaklaşan plakalarda hem sığ hem de derin (Şekil 18.10) depremler oluşabilir.

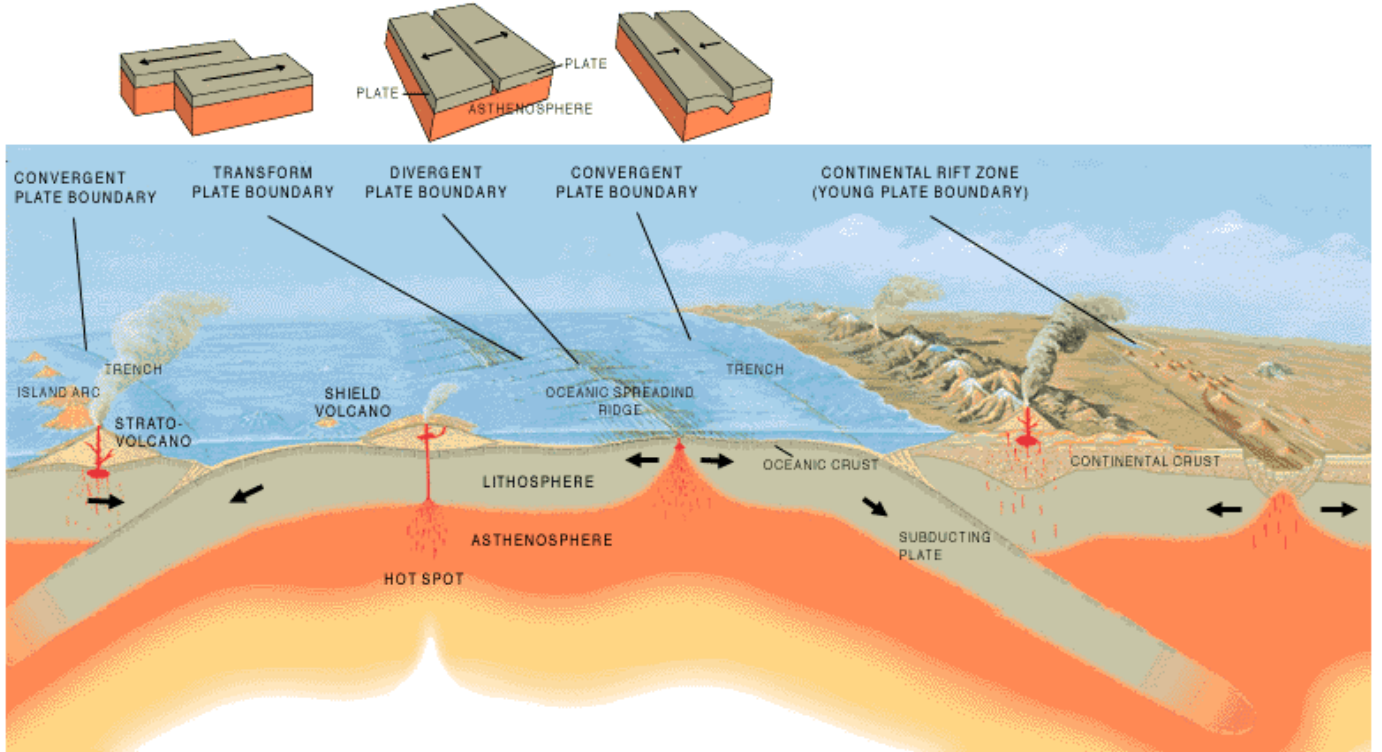


Şekil 18.10. Yakınlaşan kıta kenarlarındaki faylarda oluşan depremler.

Uzaklaşan plaka sınırlarında ve transform faylar boyunca genellikle sığ depremler oluşur (Şekil 18.11).



Şekil 18.11. Uzaklaşan kıta kenarlarında ve transform faylarda oluşan depremler.

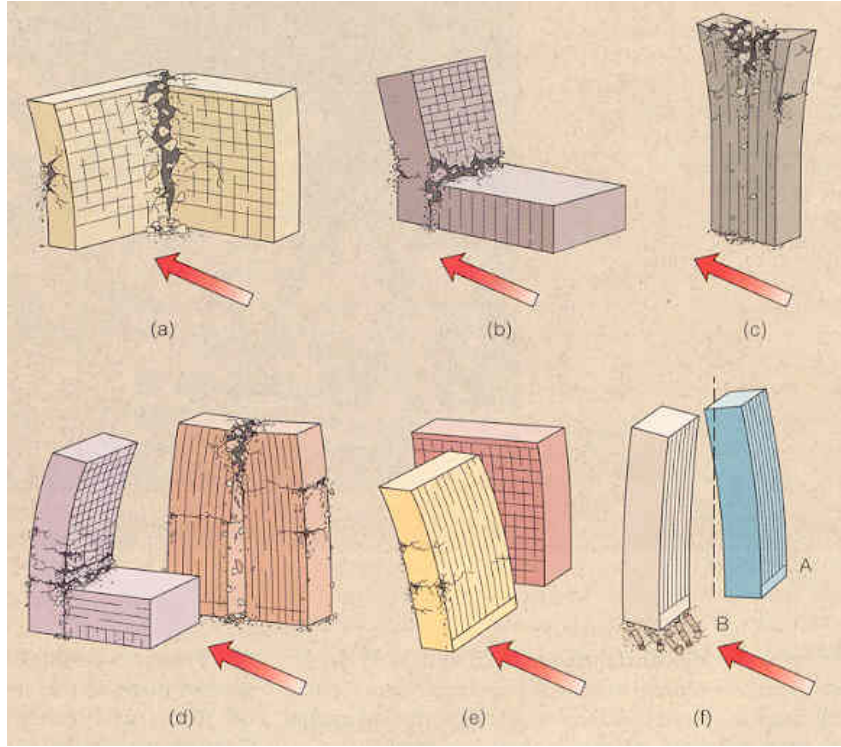


Şekil 18.12.. Levha tektoniği ile ilişkili değişik tür levha sınırları ve buralardaki hareket tipleri

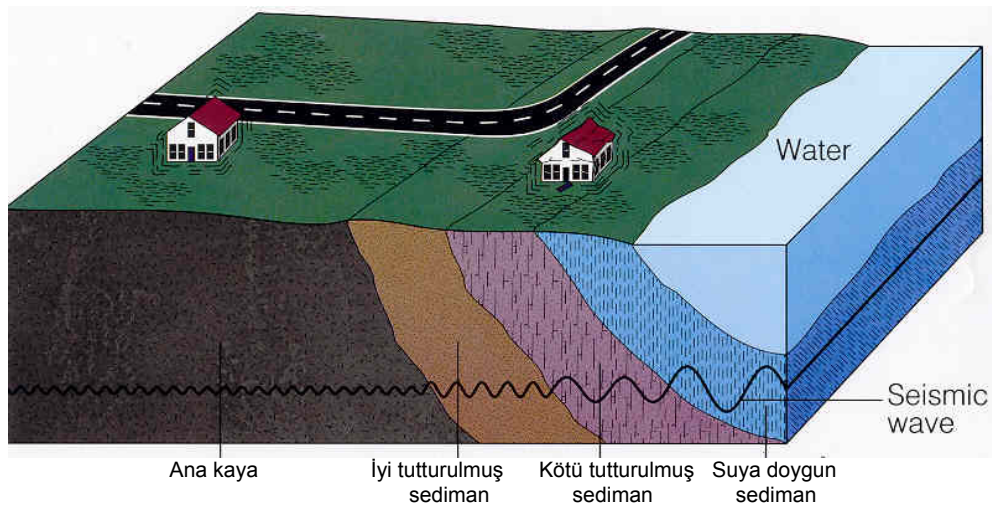
18.8. DEPREM HASARLARI

Depremlerde hasarlar, sarsıntı sırasında ve sonrasında, özellikle episantra yakın yerlerde yapıların yıkılması ile meydana gelir (Şekil 18.12). Binalardan düşen malzemelerle gaz ve elektrik hatlarından çıkan yangınlarla da yaralanmalar ve ölümler oluşmaktadır. Deprem dalgalarının geçtiği zeminin karakteri de deprem hasarlarını etkileyen önemli bir kriterdir (Şekil 18.13)

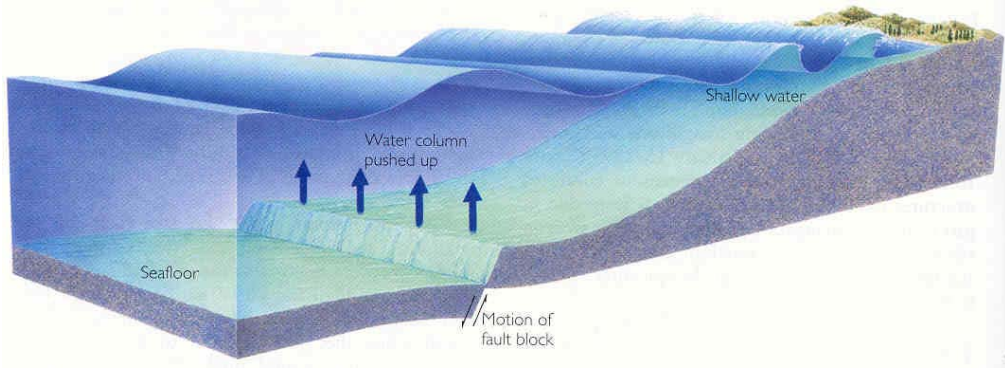
Depremin kıyıya yakın yerlerde oluşması durumunda ise, tsunami adı verilen dalgalar gelişebilir (Şekil 18.14). Tsunamiler okyanuslarda saatte 800 km hızla hareket eden, ve sığ kıyıya vardığında yükseliği 20 metreye ulaşabilen deprem dalgalarıdır, ve kıyıda önemli hasarlar yaratabilirler (Şekiller 18.15,16)



Şekil 18.12.



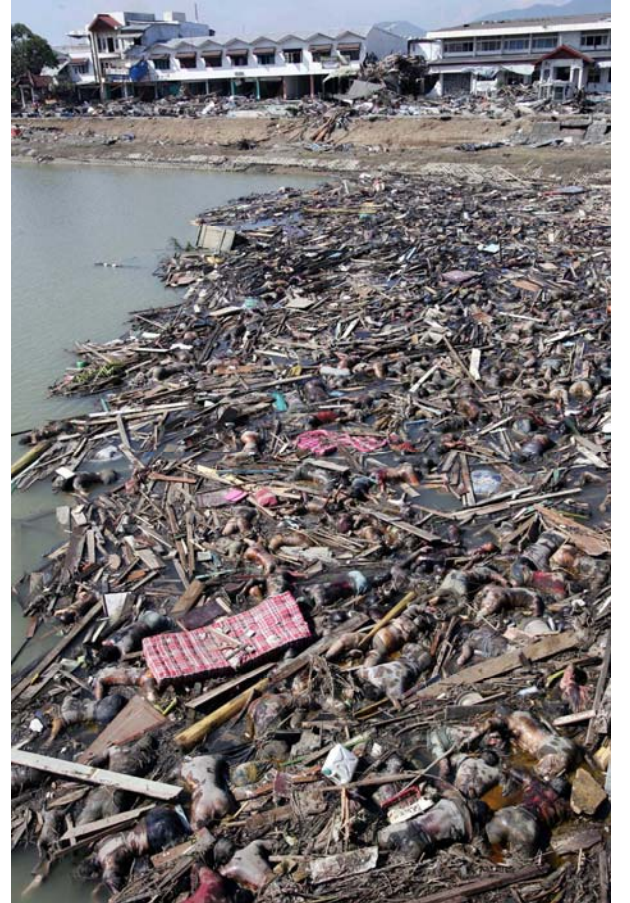
Şekil 18.13. Deprem dalgası amplitüdünün malzemeye bağlı olarak değişmesi



Şekil 18.14. Tsunaminin oluşmasına neden olan deniz tabanındaki fay



Şekil 18.15. Aralık 2004 Endenozya Depremi sonrası oluşan tsunaminin kıyılardaki etkisi



Şekil 18.16.