

Levha çarpışmaları⁽¹⁾

E. R. OXBURGH *Geophysics Department, Stanford University
Department of Geology and Mineralogy,
University of Oxford*

GİRİŞ

Tektonik levhaları oluşturan taşıyıcı (lithosphere) okyanusal ve kıtasal olarak başlıca iki türdür. Okyanus sirtlarında oluşan okyanusal taşıyıcı, alttaki astenosferden daha yoğundur ve böylece okyanus hendeklerinde alttaki manto içine bataabilmektedir. Kıtasal taşıyıcı çeşitli işlemlerle yavaş yavaş büyür ve parçalanmaya uğrayabilir; fakat astenosferden biraz daha az yoğun olduğundan yitime büyük ölçüde katılmaz. Birçok levha çarpışmaları, durgun (steady-state) yitimin, kıtasal taşıyıcının yitimi çabasıyla engellendiğinde, yani bir levhanın kıtasal bölümü bir yitim zonuna eriştiğinde oluşur. Yitimin sürmesine, kıtasal taşıyıcının etkileyen yitirme kuvveti ile karşı konmakta ve sonuçta levhalar arası devinim düzeninde bazı değişiklikler olmaktadır. Çarpışan levhaların kenarları, çarpışma zonu boyunca karmaşık bir şekilde biçim bozulmasına (deformation) uğrarlar. Çarpışmanın genel niteliği, yitimin karşısındaki levhanın (yitimin cephesindeki levha) kenarındaki taşıyıcının özelliği ile saptanmaktadır.

Eğer cephedeki levha okyanusal ise (yani yitim bir ada yayında meydana gelmekte ise yayın kendisi yiten levhanın önüne kaynayabilir ve ada yayının arkasında okyanusal taşıyıcıda yeni bir yitim zonu oluşabilir. Yeni yitim, yaydan olan uzaklığına bağlı olarak, yerini aldığı yitimle aynı ya da ters yöne eğilimli olabilir. Çarpışan yaya, yol açan bu olaylar dizisi geometrik olarak usa yakın ve levha devinimi mekanik ilk tanımlarıyla uygundur. Kıtasal kenarlar (örneğin Klamath Dağları, Kaliforniya) boyunca meydana gelmiş olan birkaç tür jeolojik durumu açıklamak için de bu yola başvurulmuştur. Fakat gerçek durumun böyle olduğunu gösteren kesin bir kanıt bulunmamaktadır.

Eğer cephe levhası kıtasal ise, aynı genel bölgede yeni bir yitim zonu meydana getirme olasılığı bulunmamaktadır; bu durumda yitim ya tümüyle ya da değişikliğe uğrayarak sürmelidir. Araya giren okyanusal taşıyıcının yitiminin bir sonucu olarak evvelce ayrı olan kıtasal bölgeler birbirlerine dayandıklarında, gelişen iki levhanın birbirini etkiledikleri zon, yama kuşağı (suture zone) olarak bilinmektedir. Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağı, Afrika - Arap - Hint kıtasal kütleleri ile Avrasya arasındaki yama boyunca yer almaktadır. Bu tür çarpışmaların, yaşlı alanlar içinde tanınmalarını olası kılcı bazı özgün nitelikleri vardır ve bu eski yazma zonlarının tanınması, kıtaların evvelce nasıl dağıldıklarının ortaya çıkarılmasında, en önemli adımı oluşturmaktadır.

Buraya değin, çarpışmalar hakkındaki tüm tartışmalar, kıtaların yitime zorlanmaları ile ilgili idi. Oysa Okyanusal kabuk, volkanik etkinlik sonucu öyle kalınlaşabilir ki, yersel olarak okyanusal taşıyıcının ortalama yoğunluğu önemli ölçüde azalır ve yitirme kuvvetleri okyanusal taşıyıcının yitimine (örneğin, yaşlı bir ada yayında ki kabuk) karşı koyabilir. Eğer bu, gerçekten olası ise, ada yayı / ada yayı çarpışması ve ikinci bir tür yay / kıta çarpışması olasılıklarını da düşünmek gerekir.

Kıta / kıta çarpışmalarının çözümlenmesi, yay / kıta çarpışmalarının çözümlenmesinden daha kolay olmakta, çünkü her iki levhada da, çarpışma zonunun dışındaki, oldukça az biçim bozulmasına uğramış kısımlardan çarpışma zonuna doğru çalışmak olanaklı olmaktadır. Oysa ada yaylarını içeren çarpışmalarda, yeğin biçim bozulma zonu, ada yayının tümünü kapsar görünmektedir. ve bu nedenle jeolojik yorumlar canlandırılmalar ancak, diğer alanlardaki ve değişik yaşlardakikada yayları da karşılaştırılmalarına dayanmaktadır.

İçinde oluştukları bölgeler hakkında, bilgilerimizi artırmamız için, çarpışmaların tanınmaları çok önemli olmaktadır, ve çarpışmalar eğer inandırıcı bir biçimde tanınabilirlerse, geçmişteki levha tektoniği işlemlerinin açıklık kazanması için önemli kanıtlar da sağlamaktadırlar. Bundan dolayı, oldukça genç (ve kolayca tanınabilen) çarpışma zonlarının olanaklar ölçüsünde iyi anlaşılması ve öyle alanların tanınmasında geçerliliği denenilen ölçütlerin, daha yaşlı alanlar için uygulanması amaçlanmaktadır. Ancak levha tektoniği işlemlerinin özgün niteliklerinde uzun dönemli değişiklikler olmuş olabileceği ve günümüzdeki çarpışmalara dayanan ölçütlerde levha devinim hızlarının ve /ya da levha boyutlarının, zamanımızdan değişik olabileceği uzak geçmişte uygulanırken, bazı değişiklikler gerekebileceği göz önünde tutulmalıdır.

ÇARPIŞMA SINIRLARI BOYUNCA DEĞİŞİM

Yama zonlarını tanıma ölçütünü tartışmadan önce, çarpışma işlemlerinin şimdiye değin sunulan iki boyutlu görünüşünden üçüncü boyuta geçmek yerinde olacaktır.

Çarpışmaya katılmış (batamayan) taşıyıcıların, yama kuşağı boyunca birbirine tam uymasını, yani, son okyanusal taşıyıcı yitiminin tüm yama kuşağı boyunca aynı anda tamamlanmasını olağan bir durum olarak düşünmemek gerekir. Bir kıtanın bir kıtaya yaklaşım durumunda, yiten levhadaki kıtanın bir ucu, yitim zonuna genellikle, aynı kıtanın diğer bölümlerinden önce erişmektedir. Böyle olduğunda, bu uyumsuzluğun bir çeşit mekanik yoldan giderilmesi gerekir; çünkü yiten levhanın kenarı boyunca değişik yerlerdeki kütle kuvvetleri, artık değişik yönlerdedir. Okyanusal bölümler içinde yitim sürme eğiliminde olduğu halde, kenarın kıtasal bölümleri boyunca yitim engellenmektedir.

Bu durumda oluşması gereken mekanik uyumlar, henüz yeterince anlaşılammıştır, ve yerel koşullara dayanan çeşitli seçenekler bu bakımdan olası olabileceklerdir. Yine de bazı kıtasal taşıyıcı yitebilir görünmektedir. (Örneğin, günümüzdeki levha devinimlerinin incelenmeleri, bu işlemin Himalaya kuşağı boyunca senede birkaç cm hızla sürmekte olduğunu önermektedir). Diğer bazı durumlarda, kıtasal taşıyıcının, hemen hemen yatay bir düzlemle, bir katı cephedeki kıtasal taşıyıcı üzerine çıkarak üzerleyecek diğer katı yitimi sürdüreceği olan iki kat biçilmesi olası gözükmektedir. Yine

(1) The British National Committee for Geodynamics tarafından 1975 yılında yayımlanmış olan Geodynamics Today adlı kitaptaki "Plate Collisions" başlıklı yazıdan M. Ender Tekirli (Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara) tarafından çevrilmiştir.

diğer bir olasılık, üstte belirlendiği şekilde, kıtasal çarpışmanın, yiten levhanın kenarsal bölgesinin birbirine göre bağımsız devinin yetkisi olan levhacık dizileri biçiminde parçalanmasına yol açmasıdır.

Yiten levha üstündeki okyanusal taşıyuvanın tüm girintilerinin yok edilmesinden önce, çarpışan kenarlar boyunca devinin, çarpışan kenarların arasındaki uyum eksiklikleri nedeniyle sona erebilir. Bunun sonucunda, aynı yama kuşağı boyunca, yeğin ölçüde üzerlemiş kıtasal tasavvur bölgeleri ile kıtasal taşıyuvaların birbirine kavuşmamış olduğu yerlerde korunmuş okyanusal taşıyuvanın kesimleri yan yana yer alabilir. "Delik" (Hole) olarak adlandırılacak bu tür artık bölgelere Karadeniz olası bir örnektir. Diğer kıtasal alanlar içindeki bu gibi "delikler" in hızlı bir şekilde tortulla dolması beklenebilir ve kısa bir süre sonunda tanınmaları zorlaşır.

Kenarların biçim uyumsuzluğunun başka bir sonucu olarak da, bir kıtasal taşıyuvanın kenarının değişik bölümleri aynı yitim zonuna değişik zamanlarda ulaşacağından, çarpışmadan doğan tektonik etkinliğin zamanı yama kuşağı boyunca bir veya her iki doğrultuda kayma gösterecektir

YAMA KUŞAĞI İÇİN TANIMA ÖLÇÜTÜ

Yazar şimdi eski yama kuşaklarını tanımak için değerli olabilecek ölçütlere değinmek istemektedir. Olasılıkla bu ölçütlerin hiç birinin, tek başına olmaması, bir yamanın varlığını engellemez; ancak tüm ölçütlerin yokluğunda, yamanın varlığı pek olası olmamaktadır. Tek başına hiçbirisi yeterli sayılmamalıdır.

PELAJİK TORTULLAR

Eğer inanılabilir biçimde tanımlanabilirlerse, diğer özellikleri ile kıtasal olduğu anlaşılan bir alanda, pelajik şeyillerin, marnların, çörtlerin vb. nin varlığı, ya bir "deliğin" varlığını ya da bu tortulları okyanus tabanında asıl kıta üzerine taşıyan tektonik etkinliğin varlığını belirtmektedir. Günümüzde okyanusal devinimlerden elde edilen kanıtlar, bazı pelajik tortulların, yiten levhanın üst kısmından herhangi bir hızla sıyrılıp, tektonik yoldan cephe levhasının önünde biriktiklerini (yani, okyanusal hendeğin iç duvarını oluşturduklarını) önermektedir. Çarpışma işlemi sırasında kıtasal kenardaki pelajik gerecin bir bölümü, kıtasal levhaların birinin ya da her ikisinin de üzerine taşınabilir.

OFİYOLİTLER

Son yıllarda, kıtaların üstünde bulunan parçalanmış mafik ve ultramafik karmaşıkların bazıları ile okyanusal kabuğun sismik çalışmalar, deniz dibi taramaları ve derin sondajlarla saptanmış yapısı arasında, usa yakın denestirmeler yapılmıştır. Açıkça anlaşılmaktadır ki mafik ve ultramafik karmaşıklar, hem kıtasal hem de okyanusal ortamlarda oluşabilirler. Ancak biçimleri bozulduğunda ve olasılıkla başkalaşım geçirdiklerinde, kökenlerine ait özgül nitelikleri büyük ölçüde kaybolmaktadır. Fakat, eğer kıtalarda okyanusal kabuğun parçaları güvenilir bir biçimde tanımlanabilirse, önemleri pelajik tortulların önemlerine denktir.

MAĞMATİK ETKİNLİK

Günümüzde birçok yakınsayan levha sınırları, mağmatik etkinlikle betimlenmektedir ve günümüz kalk-alkali kayaları, o sınırlar içinde kalmaktadırlar. Kalk-alkali kayalarının büyük hacimlerinin, geçmişte mağmatizmle çağdaş yitimin katını olarak düşünülmesi usa yakın olmaktadır. Yine de Kıta-kıta çarpışmalarının en iyi genç örnekleri içinde, bu gibi kayalar yoktur ya da oldukça önemsiz kalmaktadır. Bu özelliğin Alp-Himalaya kuşağına özgü bir yabansılıhta mı oldu-

ğu, yoksa daha genel bir anlamının mı bulunduğu tümüyle açık değildir.

BAŞKALAŞIM

Bölgesel başkalaşım uğramış kayalarda değişik fasiyes dizilerinin varlığı, başkalaşım sırasında jeotermal gradyanlarda önemli farklar olduğunu yansıtır. Özellikle mavi şist fasiyes dizisi, olağan gradyana göre çok düşük bir ısı gradyanını gerektirir. Böylesi bir gradyanın yitim gibi bir dinamik işlemle sağlandığını kabul, hemen hemen kaçınılmaz olmaktadır. Dolayısıyla mavi şistler eski yitim zonlarının kanıtı olabilir. Yüksek ısı-düşük basınç başkalaşım fasiyes kuşakları çoğu kez zaman ve yer bakımından mavi şist kuşaklarıyla birlikte onlara koşut olarak bulunmaktadır. Bu yüksek ısı-düşük basınç başkalaşımı, yitme zonunda inmekte olan bir taşıyuvanın bölümü üstündeki mantoda artan ısı akışı sonucu, kabukta gelişen olağanüstü yüksek ısı gradyanlarına bağlanmaktadır. Eğer bu yorumlar doğru ise bu fasiyes dizilere, bir yitme zonunun kanıtı olarak bakılabilir. Ancak Yitme zonunda ısı doğması, harcanması ve diğer çeşitli ısısal olaylar çok karmaşık bir yapıdadırlar ve başkalaşım, fasiyes dizilerine dayanan yorumların kesinlik kazanması, bu olayların daha ileri incelenmelerine bağlı kalmaktadır.

BİÇİM BOZULMASI YAPILARI

Alpler ve Himalayalarla ilgili kanıtlara bakılırsa, çarpışma zonları içinde çok çeşitli, göze batıcı biçim bozulması olayları beklenmektedir. Ancak bu tür olayların ne ölçüde çarpışma zonlarının tekelinde olduğu sorusunun yanıtı açık değildir. Sünek kayalarda büyük boyutlarda yatık kıvrımlar olağandır ve genellikle birden çok kez biçim bozulması için kanıtlar vardır. Diğer yerlerde, olasılıkla daha yüksek yapısal düzeylerde, başkalaşmış kıtasal temel yatayimsı kırıklar boyunca bulunduğu yerden ayrılabilir. Bu, bağıntısız ince temel levhaları ve üzerlerindeki çökel örtüsü oldukça düşük iç biçim bozulması ile yüzlerce km hatta daha da fazla yatay yer değiştirmeye uğrayabilir. Bu, temele ait bitki levhalarının oluşum mekanizması anlaşılmamıştır; ancak yukarıda sözü edilmiş olan, kıtasal kabuğun üst kısmının yatayimsı düzlemlerle altındakilerden ayrılmaya zorlanması olayı sonucu gelişmiş olabilecekleri düşünülebilir. Pek çok çarpışma zonunda karışıklar (mélanges) vardır. Ofiyolitler, pelajik çökel ve bunlarla birlikte epikontinental kaya türlerinin bir karışımı, karışıklarda genellikle raslanan kayalardandırlar. Karışıklarda bu kaya türleri metreden kilometrelere değişen boyutlarda mercekle biçiminde bulunmaktadır. Herbir merceğin içinde düzenli bir yapı ya da bir stratigrafik tarihçe tanımak olasıysa da, mercekler arasında genellikle çok aşırı makaslanma olayları ve aşırı ölçüde stratigrafik düzen bozulması izlenmektedir. Bu karışıkların yitim zonunda bir okyanusal kabuğun üst kısmının kazanması sonucu ya da yukarıda değinilen ana itki dilimlerini altında ya da heriki yoldan da geliştiği düşünülebilir. Yitim yönünün, yitim zonunun yüzeydeki izine düşük açılı olduğu durumlarda, cephe levhasının kenar kısımlarında doğrultu atımlı faylar gelişebilir. Bu tür faylar günümüzde ada yayları bölgelerinde (Örneğin Aleutian'larda) etkindirler ve yitim zonunun gidisine kabaca koşut olma eğilimindedirler. Olasılıkla benzer kökenli, büyük, doğrultu atımlı faylar, bazı genç yama zonlarında yer almaktadır. Genç çarpışma zonlarından elde edilen kanıtlara bakılırsa, başkalaşım ve biçim bozulması olaylarının birlikte bulunduğu yerlerde, yüksek ısı-düşük basınç başkalaşımı, doruk düzeyine erişmeden, biçim bozulmasının ana aşamasının sona erdiği anlaşılmaktadır. Mavi-şist başkalaşımının olu-

şum zamanı konusundaki kanıtlar açık seçik değildir; ancak Mavi-sist başkalaşımının, biçim bozulması ana aşaması sırasında ya da öncesi olduğu şeklinde yoruma yatkın olduğu söylenebilir.

JEOLOJİK TUTMAZLIKLAR

Varlığı düşünülen bir yama kuşağı için belkide en yalın kanıt, kuşku lanılan kuşağın iki yakasındaki yapılar, kaya türleri ve jeolojik tarihe bakımından büyük tutmazlıkların bulunmasıdır. Ancak çoğu kez bu kanıt yeterince açık olarak ortaya konamamakta ve gerekli nesnellikte olamamaktadır.

KABUKSAL YAPI

Sismik kırılma ve yer çekimi yöntemleriyle ayrıntılı olarak çalışılmış genç çarpışma zonları, her iki yakadan da çok değişik özellikte kabuk yapısı göstermektedirler. Özellikle Mohorovičić süreksizliğinin derinliği hızlı olarak değişmektedir ve bir yerde (Ivrea Zonu) üst manto özelliklerini taşıyan kalın bir gereç diliminin kabuk ile ara katmanlaşmış olduğuna ait kanıt bulunmuştur. Ayrıca, sıkıştırma dalgası hızları 7,2 den 7,6 km/s⁻¹ e değişen bir zon, alt kabuk ile üst manto arasında yer almış olabilmektedir; bu olağanüstü hızların anlamı bilinmemektedir. Var oldukları yerlerde kanıtlar, üst manto düşük hız zonunun çarpışma kuşakların, bu kuşakların dışındaki yerlere göre, çok sık derinliklerde bulunduğunu önermektedir. Genç çarpışma zonlarındaki bu özelliklerin tam bir açıklaması bulunmamaktadır ve bir çarpışma zonunun etkinliğinin sona ermesinden sonra, bunların nasıl ve niçin değişebilecekleri bilinmemektedir.

TARTIŞMA

Daha çok kurgusal bir düzeyde düşünüldüğünde, levha tektoniğine ait genel görüş, çeşitli işlemlerin, doğal yamaların özgün niteliklerini karıştırabileceklerini ve olasılıkla karıştırdıklarını önermektedir. Eğer, çarpışma olursa, niteliği, büyük bir olasılıkla çarpışmayı başlatan yitimin hızı ve süresinden etkilenmelidir. Günümüzde birçok yitimin hızı senede 8 sm ve 10 sm arasındadır; ancak hızlar senede 15 sm den 1 ya da 2 sm'ye değin değişmektedir. Şimdilik, ısının yitim işlemi tarafından varlaştırıldığına inanılmakta olduğundan, varlaşma hızının yitimin hızı ile ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Sonunda bir çarpışmaya uğradığında, cephe levhasının fiziksel özelliklerinin, levhanın alttan uzun süreli ve ya da hızlı yitimle önceden ısıtılmış ya da önceden altta oldukça az ısı almış olmasına bağlı olarak, değişik olması beklenir.

Son olarak, çarpışma zonları içindeki yersel levha ayrılmasının görünüşüne göre, özündeki çelişkiyi dikkate almak

gerekmektedir. Yine de, genç ada yayları arkasındaki kabuksal çekme gerilimi kavramı, iyi düşünülmüştür. Bu gerilimin, mantodan türetilmiş mağmaların yay gerisi kabuk içine ve üst manto içine içilmesi ile meydana geldiği anlaşılmaktadır. Pasifik levhasının geç Senozoyik yitimi ile ilişkisi kurulan Basin and Range bölgesinde, bölgesel gerilimin meydana geldiği kuzey Amerika batısı altında benzer bir işlemin olduğuna değin kanıtlar bulunmaktadır. Bu açıklama şimdilik bir sonuç olarak kabul edilmemekte ise de, Avrupa ve Afrika arasındaki çarpışma zonu içinde oluşmuş olan çok sayıda küçük ölçekli dönmeler ve ayrılmaları açıklamak için, bu gibi işlemlere başvurmak gerekmektedir.

SONUÇLAR

Eğer çarpışma zonlarının yukarıda değinilen yüzeysel yorumundan, herhangi bir sonuç çıkarılabilirse, bu aşağıdaki gibi olabilir:

a) Yukarılarda ana çizgileri ile verilmiş kıstaslara açıklık getirici ya da yeni kıstasları bulmaya yönelmiş çok çeşitli jeolojik ve jeofizik çalışmalar, çarpışma kuşaklarını daha iyi anlamamıza katkıda bulunabilir. Ancak, şimdilik bu kuşak hakkındaki bilgilerimizi, yerbilimlerinin çeşitli alt dallarından gelecek verilerin, kanıtların birine eklenmesi, birbirini tamamlaması ile yeterli düzeye ulaşabilecek gözükütüğünden, böyle bir kuşakta yapılacak tek tek çalışmaların değerli, bu tür ayrıntılı çalışmaların, kuşakta diğer ayrıntılı çalışmaların yapıldığı yerde yapılması ile çok artacaktır.

b) Çarpışma kuşaklarındaki işlemleri anlamak için en elverişli çalışmaların iki yönde yapılmasının gereği düşünülmektedir: Çok genç çarpışma kuşaklarını inceleyerek, korunma olasılığının fazlalığı nedeniyle, en çok kanıt elde etmek ve de iyi yüzeyleyen çok eski "Olasılı çarpışma kuşakları" nı inceleyerek ve onları gençlerle karşılaştırarak, levha tektoniğinin özgül niteliklerinde uzun zamanda önemli değişikliklerin oluşmuş olup olmadığını ortaya koymaya çalışmak.

Çok iyi korunmuş ve çok ayrıntılı olarak incelenmiş Tetis çarpışma zonunda, yaygın bir şekilde kabul edilen, kendi içinde tutarlı, yeterli bir levha tektoniği modeli oluşturulamamış olması ya bu zonun olağan dışı olduğu, ya da çarpışma kuşaklarının aslında çok karmaşık olduğu ve bizim oralarda oluşan işlemleri henüz anlamamış olduğumuz şeklinde yorumlanabilir. Yazar, bu ikinci olasılığa inanmaktadır ve genellikle korunmuş kanıtların çok fazla olmadığı yerlerde eski çarpışma kuşaklarının varlığını saptamaya çalışırken olağanüstü sakıntıyla davranmak gerektiği inancındadır.

Ofiyolitlerin kökeni ve yerleşmesi⁽¹⁾

I. G. GASS *Department of Earth Science Open University*

A. G. SMITH *Department of Geology University of Cambridge*

F. J. VINE *Department of Environmental Sciences University of East Anglia*

Yerbilimlerinde en çok tartışılan sorunların çoğunun kökeni, tanımlamaların ve sınıflamaların değişik yorumlarına dayanmaktadır; Granit nedir? Bölgesel başkalaşım nedir? Kretase-Tersiyer sınırı nedir ve nerededir? ve aynı şekilde ofiyolitler için de: Ofiyolit nedir?

(1) The British National Committee for Geodynamics tarafından 1975 yılında yayımlanmış olan Geodynamics Today adlı kitabındaki "Origin and emplacement of ophiolites" başlıklı yazıdan M. Ender TEKİRLİ (Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara) tarafından çevrilmiştir.

TANIMLAMALAR

Terim Yunanca köküne göre yılan taşı (ophis-yılan) anlamına gelir. Bu anlam, terimi, adı ile serpantin ve serpantinite, ilgili sürüngenin değinilen rengi ile de yeşil taşlara bağlar ki tüm bu adlar hem genç hem de yaşlı kıvrımlı dağ kuşakları