2010 DARFIELD VE 2011 CHRISTCHURCH DEPREMLERİ VE SONUÇLARI

D. Güner[1]

[1]*Deprem Dairesi Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara*
Email: duygu.guner@afad.gov.tr

ÖZET:

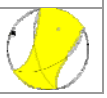
Yeni Zelanda'da 4 Eylül 2010'da M_W 7,1 Darfield ve 22 Şubat 2011'de M_L 6,3 Christchurch depremleri meydana gelmiştir. Darfield depremiyle ortaya çıkan doğrultu atımlı fayın, devamı olarak düşünülen ters bileşenli doğrultu atımlı fay, Christchurch şehrinde 17 km'lik bir kırılma meydana getirmiştir. Şehir merkezinde 2,1 g ivme değeri ölçülmüş ve konutların üçte ikisinde hasar meydana gelmiştir. Yılda 14000'den fazla deprem üreten, Pasifik plakasıyla Avustralya plakasının çarpıştığı ada ülkesi Yeni Zelanda'da acil durum ilan edilmiştir. Bu araştırmada, Darfield ve Christchurch depremlerinin birbiriyle olan ilişkileri; lokasyon, deprem parametreleri, ivme dağılımı ve zemin özellikleri yönünden araştırılmıştır. Şehir ve çevresindeki yapılarda meydana gelen hasarların şekli ve nedenleri daha önce meydana gelen Darfield depremiyle beraber ele alınmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Yeni Zelanda, Darfield, Christchurch, Doğrultu atımlı fay, Deprem.

1. GİRİŞ

Canterbury platosunda meydana gelen merkez üsleri birbirine 30 km mesafede Darfield ve Christchurch depremleri aynı zamanda Canterbury depremleri olarak da bilinmektedir. Depremlerle ilgili parametreler bilgi amaçlı olarak iki farklı kaynağa göre Tablo 1'de verilmiştir. Fakat bu çalışmada karışıklığa yol açmamak adına Yeni Zelanda'nın yerel sismolojik ağı olan GEONET verileri referans alınmıştır.

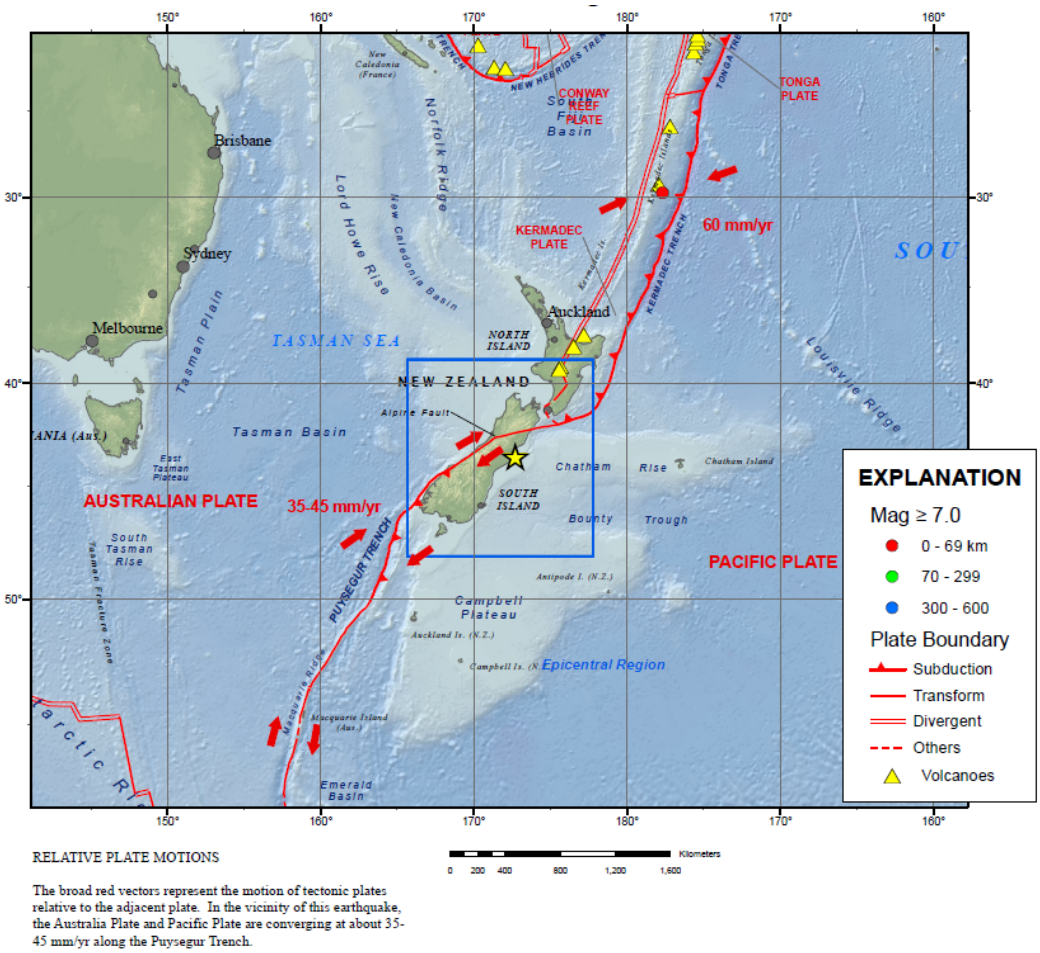
Tablo 1. Darfield ve Christchurch deprem verileri.

	Darfield Depremi		Christchurch Depremi	
	Geonet	USGS	Geonet	USGS
Tarih	04.10.2010	03.10.2010 (UTC)	22.02.2011	21.02.2011 (UTC)
Saat	4:35 am	16:35 (UTC)	12:51 pm	23:51 (UTC)
Büyüklük	M_W 7.1	M_W 7.0	M_L 6.3	M_W 6.1
Derinlik	11 km	5 km	5 km	5 km
Merkez üssü	43.55°S 172.17°E	43.50°S 172.12°E	43.60°S 172.68°E	43.58°S 172.71°E
Christchurch Merkeze uzaklık	40 km	45 km	10 km	6 km
Max Şiddet	MM 9		MM 9	
Max Düşey İvme	1.2 g		2.1 g	
Max Yatay İvme	0.7 g		1.6 g	
Kayıplar	-		181 ölü 164 yaralı	
Odak Çözümü	Doğrultu Atımlı Fay		Ters Bileşenli Doğrultu Atımlı Fay 	

www.usgs.gov ve www.geonet.org.nz verilerine göre son güncellenme tarihi 14/08/2011.

2. TEKTONİK

Yeats'e göre Yeni Zelanda'nın Güney Adası'nda levha hareketinin sağ yanal bileşenin Alpin fay sistemine bağlı olduğu bilinmektedir. Alpin fay sistemi kuzeydoğu ucunda batıya dalan yitim zonundaki bir çukurluk ile güneybatı ucundaki doğuya dalan bir yitim zonundaki çukurluk arasında uzanan bir transform faydır (Şekil 1). Fay boyunca ters faylanma üzerinde baskın bir doğrultu atımlı faylanma ve komşu yitim zonları boyunca doğrultu atımlı faylanan üzerinde baskın eğim atımlı faylanma, göreceli levha hareketi yönüne göre levha sınırı doğrultusundaki küçük değişimlerle ilişkilidir. Alpin fayının her iki kenarında ters faylardan oluşan bölgeler yer almaktadır. Pasifik ve Avustralya levhaları arasındaki kayma vektörü Alpin transform fayının doğrultusundan giderek ıraksamaktadır. Günümüzde göreceli levha hareket vektörü, Alpin fayı ile 30°'den daha büyük bir açı yapmaktadır. Dolayısıyla, Alpin fayı Güney Alpler'de verev atımlı bir ters faya dönüşmekte; Güney Alpler 4 mm/yıl'dan daha fazla bir kayma hızı ile Avustralya levhasının üzerine doğru rampalanma göstermektedir. Pasifik/Avustralya levhalarının dönme kutbu, levha sınırının bu kısmının 1200 ile 2000 km güney doğusunda yer almaktadır. Alpin transform fay sisteminin göreceli levha hızı kuzeyde 40mm/yıl'dan güneyde 35 mm/yıl'a azalmaktadır (Şekil 1). Bunun nedeni, transform fayının güney kısmının kuzey kısmına göre dönme kutbuna daha yakın olmasıdır (DeMets vd., 1990; Yeats, 2006). Alpine transform fay sistemi, son 25 milyon yılda 480 km sağ yanal olarak ötelenmiştir (Berryman vd. 1992; Yeats, 2006). [1]

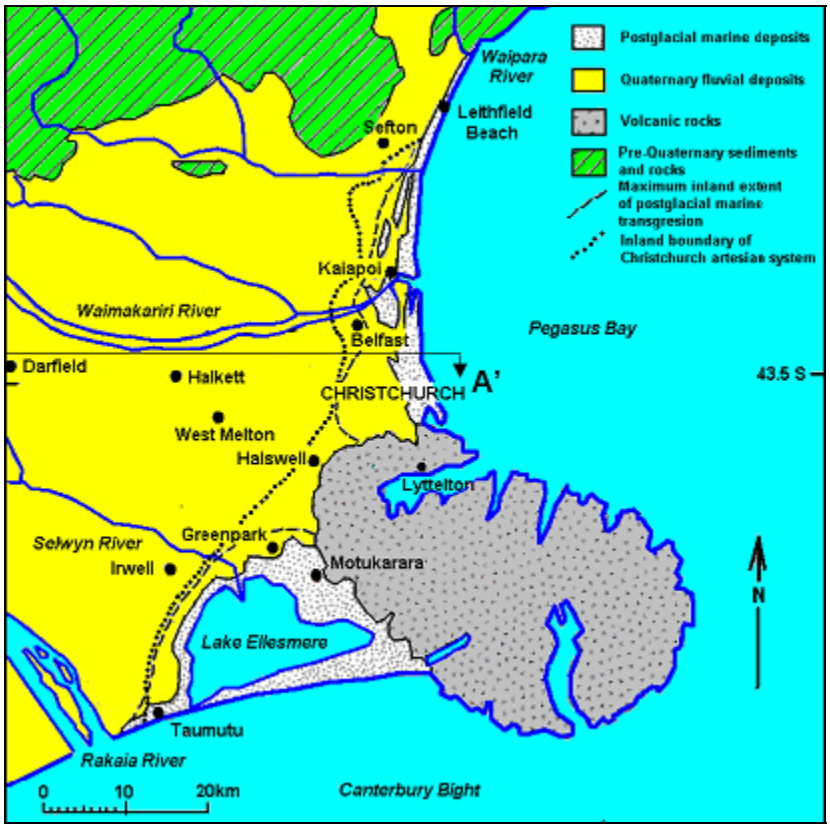


Şekil 1. Bölgenin Tektoniği (USGS)

3. DARFIELD DEPREMİ

GEONET verilerine göre; 4 Eylül 2010 Cumartesi sabahı yerel saat ile 04:35'te Darfield merkez üslü, M_W 7.1 büyüklüğünde, odak derinliği 10 km olan bir deprem meydana gelmiştir. Deprem, Darfield'ten Christchurch'e uzanan Greendale fay oluşumunu da ortaya çıkarmıştır. Fayın ana yapısı sağ yanal doğrultu atımlı olsa da, Christchurch'e yakın olan bölgelerdeki artçıların, ters bileşenli doğrultu atımlı faylar olduğu gözlenmiştir. Depremin gece yarısından sonra meydana gelmesinden dolayı sokaklarda kimsenin olmayışından, şehir merkezindeki İngiliz tipi iki katlı binalarda hasar olmasına rağmen yaralanmalar olmamıştır [2].

Canterbury platosu, 180 km uzunluğu ile Yeni Zelanda'nın en geniş ve tarıma en elverişli platosudur. Killi, siltli, kumlu ve çakıllı bir zemin hâkimdir. Platoda çatallanan iki büyük nehir olan, Waimakariri ve Rakaia, Darfield ve Christchurch şehirlerini içine alan deltaya uzun zaman alüvyon taşımıştır. Taşınan bu akarsu malzemeleri yüzünden Greendale fayı yüzey kırığı bu depreme kadar fark edilememiştir [3]. Bölgede yer altı su seviyesi oldukça sığ, ortalama 5 metredir. Deprem sırasında oluşan kayma dalgalarının etkisiyle bazı bölgelerde sıvılaşma görülmüştür. Yaklaşık 3m sağ yanal atım ve 1m'de az düşey faylanma gözlenmiştir. Yüzeyde batıdan doğuya doğru 22 km'lik fay kırığı gözlenmiştir. Küçük çapta heyelan ve kaya düşmesi bildirilmiştir. Kaydedilen filtre edilmemiş maksimum düşey bileşen ivme değeri 1.2 g'dir. Depremden sonra GNS tarafından 6 ve daha büyük artçı depremler olabileceği ve bu depremlerin haftalarca sürebileceği öngörülmüştür.



Şekil 2. Jeoloji haritası (Brown and Weeber, 1992)

4. CHRISTCHURCH DEPREMİ

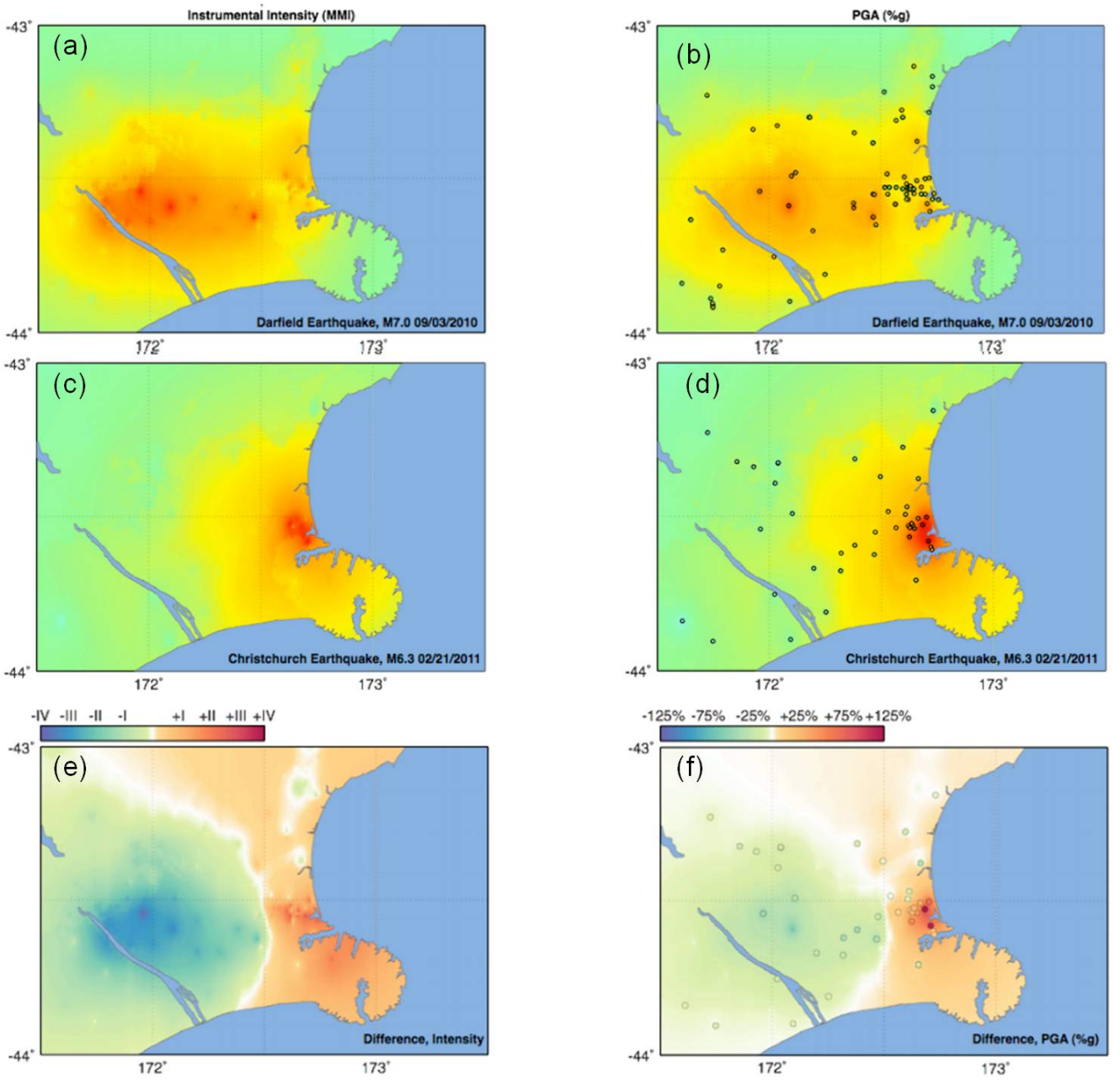
GEONET verilerine göre; 22 Şubat 2011 Pazartesi öğle saati 12:51'de Christchurch merkez üslü, M_L 6.3 büyüklüğünde, odak derinliği 5 km olan bir deprem meydana gelmiştir. Deprem, Darfield depreminin bir artçı şoku olarak Greendale fayının devamında meydana geldiği düşünülmektedir. Greendale fayı sağ yanal doğrultu atımlı olmasına rağmen Christchurch depreminin moment tensör çözümü, ters bileşenli doğrultu atımlı fay sonucu oluştuğunu tespit etmiştir. Kaydedilen filtre edilmemiş maksimum düşey bileşen ivme değeri 2.1 g'dir. Canterbury ovasında kuvaterner yaşlı alüvyonlar mevcuttur (Şekil 2). Christchurch şehrinin içinden geçen sık sık taşan menderes tipi Heatcore ve Avon nehirleri mevcuttur (Şekil 3). Bölgede yer altı su seviyesi oldukça sığ, ortalama 5 metredir [4].

Şekil 3. Christchurch bölgesi.

Şehrin iş merkezinde İngiliz tipi iki katlı yığma yapıların önceki depremden kalan henüz giderilmemiş hasarlarının da etkisiyle Christchurch'te önceki depreme göre 4, 5 kat daha fazla hasar meydana gelmiş, 181 kişi hayatını kaybetmiş, 164 kişi de yaralanmıştır. Genelde binalardan kopan parçalardan yaralananların çoğunu öğle yemeği paydosuna çıkanlar oluşturuyordu. Şehrin bütün altyapı ve ulaşım sistemleri ağır hasar görmüştür. Deprem sırasında oluşan kayma dalgalarının etkisiyle bölgenin büyük çoğunluğunda sıvılaşma görülmüştür.
Bölgede 170'den fazla heyelan bildirilmiştir. Bununla beraber birçok kaya düşmesi de rapor edilmiştir. Christchurch depreminde fay, Darfield depreminin aksine yüzey kırığı vermemiştir. Yüzeyde gözlenebilenler sadece heyelan ve kaya düşmeleri sonucu oluşan birkaç metre derinliğindeki çatlaklardır.

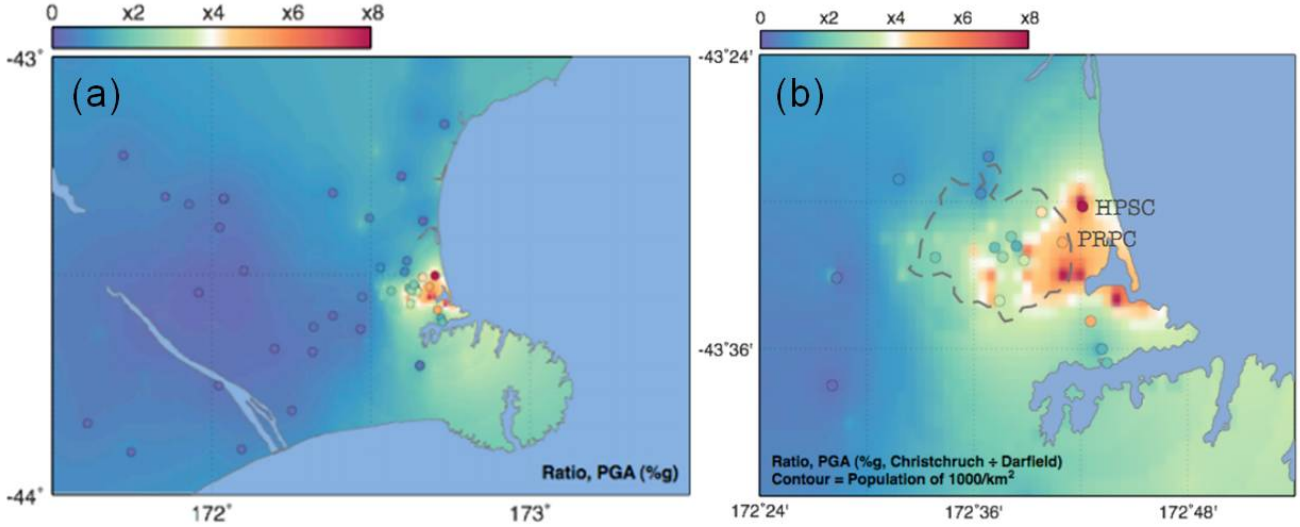
5. DEPREMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Şekil 4'de iki depremin şiddet ve ivme haritaları ile farkları gösterilmektedir. Haritalar incelendiğinde Darfield depreminin daha geniş bir alanın etkilendiği, Christchurch depreminde ise daha küçük bir alanda daha yoğun bir sarsıntının meydana geldiği görülmektedir. Her iki depremde de maksimum şiddet MMI 9 olmasına rağmen Christchurch depreminde daha yoğun bir nüfus etkilenmiştir. İvme dağılım haritalarına bakıldığında ise Christchurch verilerinin Darfield verilerine göre oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir.



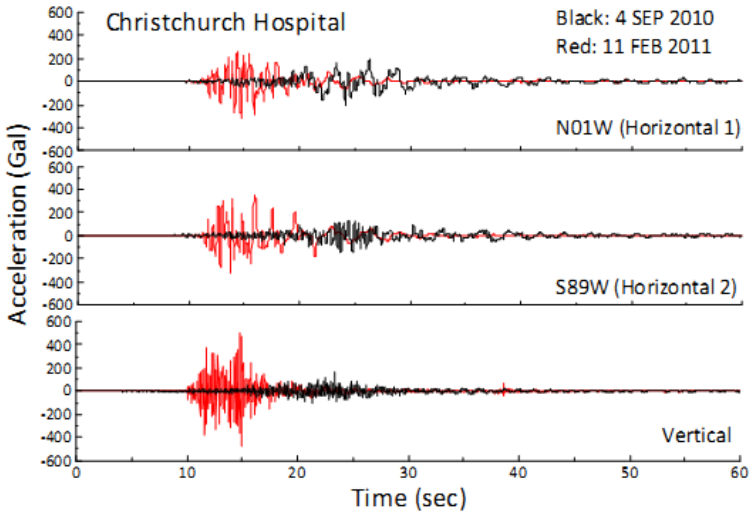
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	*<.17*	*.17-1.4*	*1.4-3.9*	*3.9-9.2*	*9.2-18*	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	*8.1-16*	*16-31*	*31-60*	*60-116*	*>116*
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Şekil 4. Şiddet (a) (c), ivme (b) (d), şiddet farkı (e) ve ivme farkı (f) haritaları (USGS).

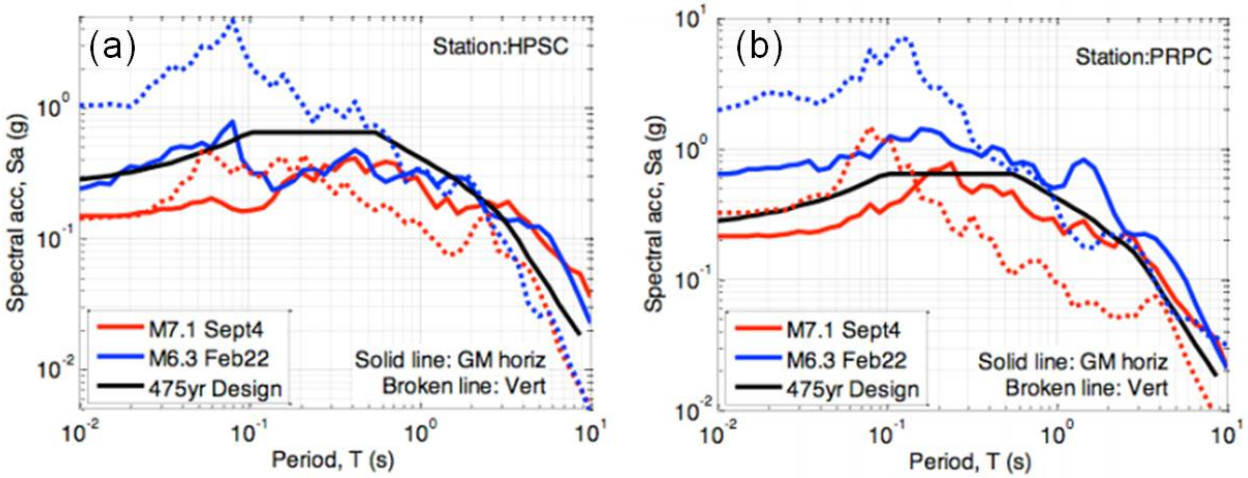


Şekil 5. İvme değerleri oranı haritası, büyük ölçekli (a), küçük ölçekli (b) (USGS).

Christchurch şehir merkezi, Christchurch depreminde, Darfield depremine göre altı kat daha fazla ivme etkisine maruz kalmıştır (Şekil 5). Şekil 6'da ivme kaydı verilen Christchurch hastanesi istasyonu Darfield depremi merkez üssüne 36 km, Christchurch depremi merkez üssüne ise 9 km'dir. Alınan ivme kaydı da bu bilgiyle örtüşmektedir. Christchurch depremi (kırmızı) bu istasyonda yüksek genlikli ve kısa süreli olarak kaydedilmiştir. Darfield depremi (siyah) ise daha düşük genlikli ve uzun süreli olarak kaydedilmiştir. Darfield depreminin, Christchurch depreminden daha büyük olmasından dolayı zemin büyütmesinden söz edilebilmektedir.



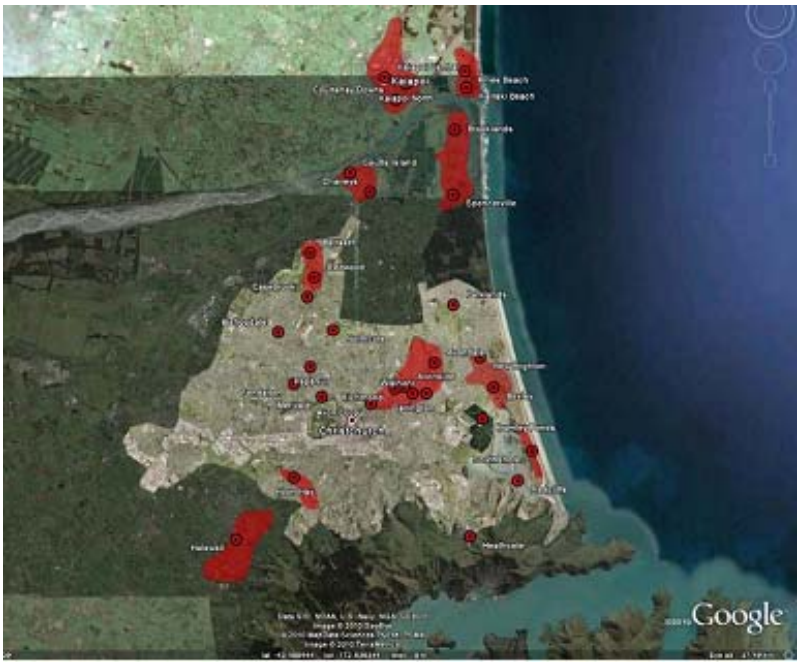
Şekil 6. Christchurch hastanesi istasyonunda kaydedilmiş ivmenin zamana göre değişimi. (Darfield-siyah, Christchurch-kırmızı)



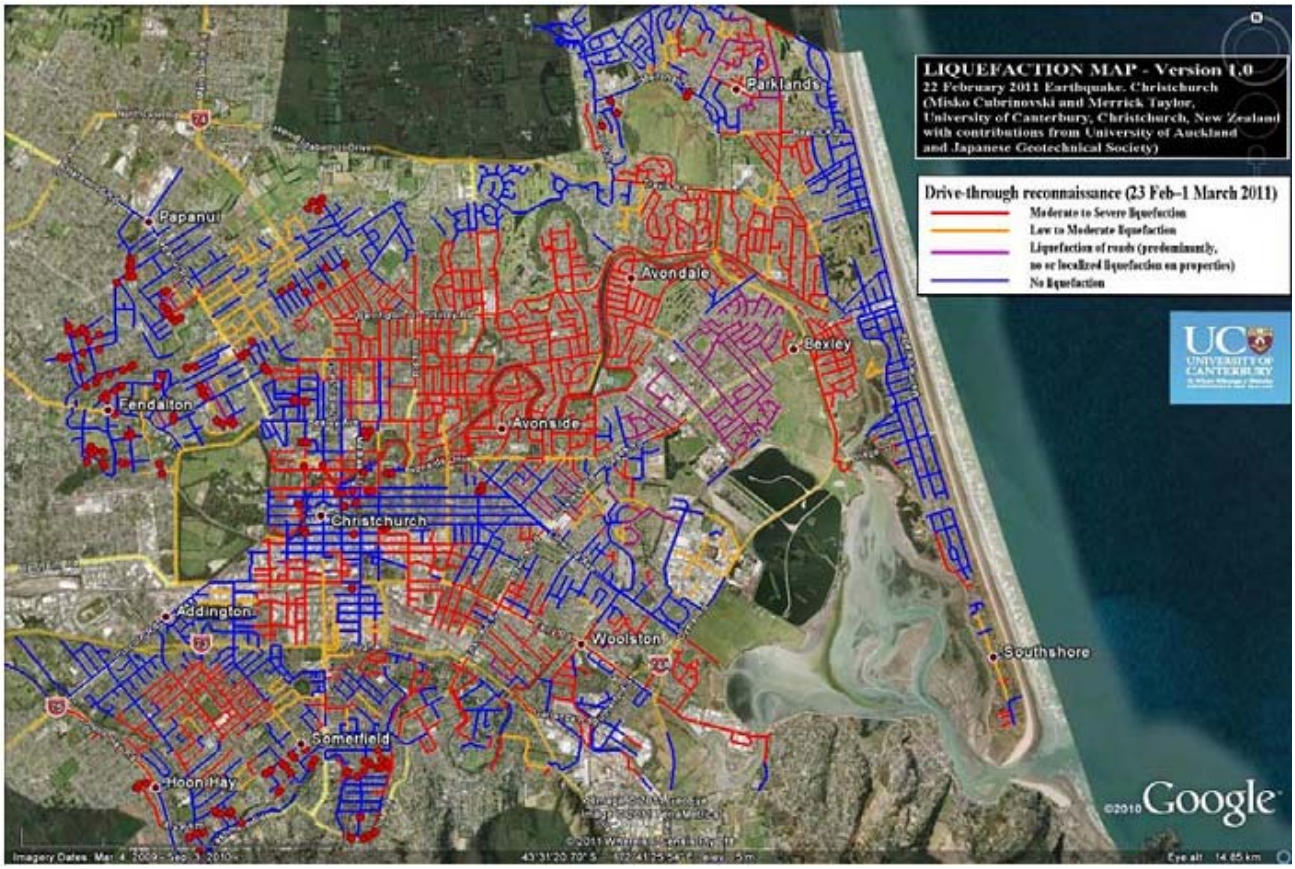
Şekil7. HPSC (a) ve PRPC (b) istasyonları ivme spektrumları.
(Darfield-mavi, Christchurch-kırmızı, 475 yıllık model-siyah)

Şekil 7'deki HPSC istasyonu Christchurch merkez üssüne 9 km, Darfield'e ise 43 km'dir. PRPC istasyonu ise, Darfield merkez üssüne 41 km, Christchurch merkez üssüne ise 6 km'dir. HPSC ve PRPC istasyonlarına ait ivme spektrumu incelendiğinde, her iki spektrumda da Christchurch depreminin spektral ivmesinin hem Darfield depremine göre hem de modele göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Şekil 8 ve 9 incelendiğinde ise Christchurch'deki sıvılaşmanın iki deprem arasındaki farkı gözlenmektedir. Şekil8'de Darfield depreminden sonra sadece kırmızı ile gösterilen bölgelerde sıvılaşma görülmektedir. Şekil 9'da ise sadece mavi çizgilerle belirtilen yerlerde sıvılaşma olmazken diğer bölgelerde çeşitli derecelerde sıvılaşma görülmüştür [5].



Şekil 6. Darfield sonrası sıvılaşma (Cubrinovski et al, 2010)[5]

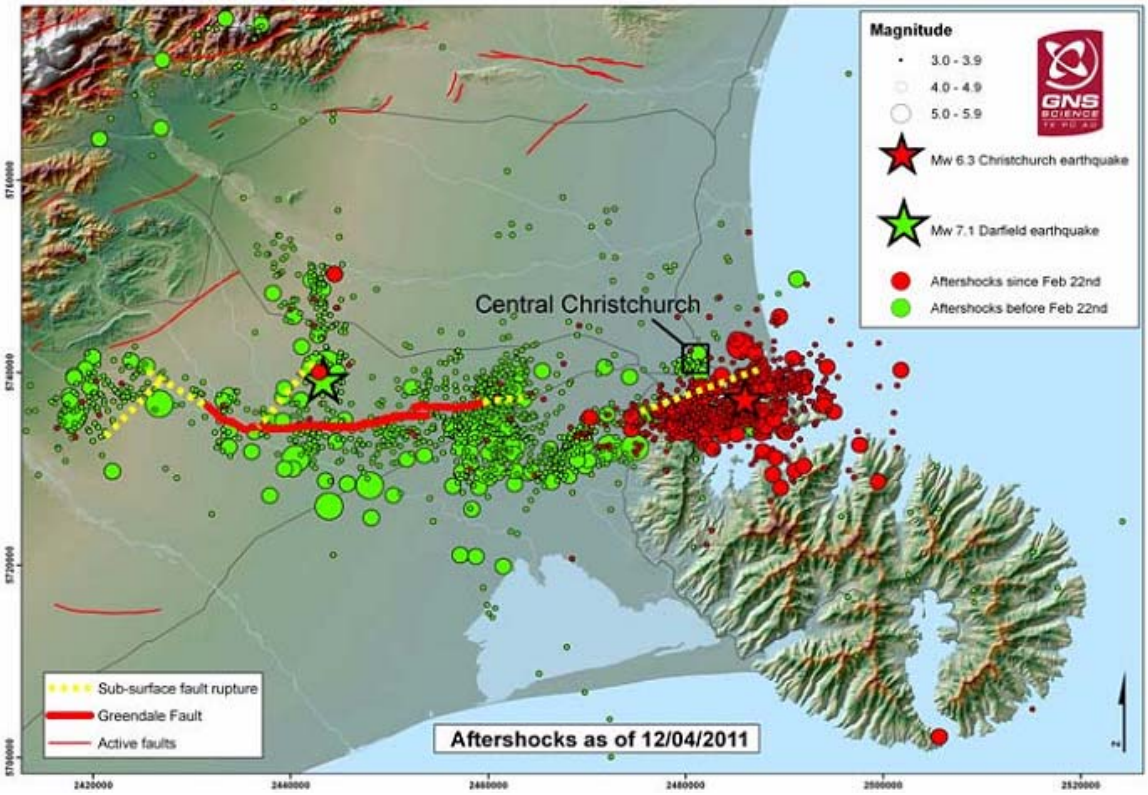


Şekil 7. Christchurch sonrası sıvılaşma (Cubrinovski and Taylor, 2011)[5]

6. TARTIŞMALAR, YORUM VE SONUÇLAR

Darfield depreminin enerjisinin büyük olmasına rağmen Christchurch depreminin yarattığı hasar çok daha fazladır. Orta büyüklükteki Christchurch depreminde dahi kentsel hasarların büyük boyutta olabileceği görülmektedir. Şehir merkezinin, depremin merkez üssüne uzaklığı 6 km, fay kırığına uzaklığı ise 1 km'dir. Depremin derinliğinin de 5 km olmasından dolayı kent olağandışı bir sarsıntıya maruz kalmıştır. Kent istasyonlarında yüksek yer ivmeleri ölçülmüştür. Şehrin büyük kısmında sıvılaşma görülmektedir. Aynı zamanda Christchurch depreminin ivme değerleri de Darfield depreminin yaklaşık iki katıdır. Darfield depreminden altı ay sonra meydana gelmesine rağmen Christchurch depremi bir artçı deprem olarak değerlendirilmektedir. Özellikle Greendale fayının, Christchurch şehrinin altından kuzeye doğru yönlenerek devam ettiği ve bu depreme sebebiyet verdiği görüşü ön plana çıkmaktadır. Moment tensör çözümleri ve artçıların yoğunlaştığı bölgeler bu teori doğrular niteliktedir. Artçıların yoğunlaştığı Christchurch bölgesi iki ayrı oluşumun sınırıdır. Güneybatıda buluna volkanik kayaçlardan oluşan yarımada ile kuvaterner alüvyonlardan oluşan Canterbury platosunun birleştiği yerdedir. Bu bakımdan Greendale fayının bu volkanik yapılanmaya yaklaşmak yerine kuzeye kıvrılarak yoluna devam ettiği düşünülmektedir (Şekil 10). İvme değerlerine bakıldığında da Christchurch deprem merkez üssüne eşit mesafedeki iki istasyon arasındaki farkın, kuvaterner alüvyonların zemin büyütmesi esasına dayandırılmaktadır. Bununla beraber Darfield şehrinin de zemin yapısının farklı olmadığı düşünüldüğünde farklı parametrelerin de hasar boyutunu etkilediği görülmektedir. En önemli parametre Darfield depreminde hasar gören binaların henüz iyileştirme yapılamamış ve yeni bir depreme

hazırlıklı olmayışıdır. Darfield depreminin gece yarısından sonra cumartesi, diğerinin ise bir iş günü öğle arası olması da yaralanmalar açısından fark yaratmıştır. Ayrıca Christchurch şehrinin Darfield'e göre daha kalabalık ve yoğun bir şehir olması da etkili olmuştur.



Şekil 8. M>3 artçı depremler (GNS, 12/05/2011)[6]

7. KAYNAKLAR

1. Yeats, R., Sieh, K, Allen, C. (2006) Deprem Jeolojisi, Gazi Kitapevi.
2. http://www.geonet.org.nz/earthquake/historic-earthquakes/top-nz/quake-13.html
3. *"New Zealand Society for Earthquake Engineering Bulletin"* Vol. 43, No.4 December 2010
4. http://www.geonet.org.nz/earthquake/historic-earthquakes/top-nz/quake-14.html
5. http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/5288/1/12631721_Cubrinovski_ISSMGE_Vol%205_Issue2_April2011.pdf
6. *"New Zealand Society for Earthquake Engineering Bulletin"* Vol. 43, No.4 December 2010
7. http://www.gns.cri.nz/Home/News-and-Events/Media-Releases/Most-damaging-quake-since-1931/Canterbury-quake/Recent-aftershock-map