

Tsunami Afeti Sonrası Yapısal ve Yapısal Olmayan Önlemler ve Farkındalık Çalışmaları: Japonya Örneği

Hasan Gökhan GÜLER¹
Ceren ÖZER SÖZDİNLER²
Taro ARIKAWA³
Ahmet Cevdet YALÇINER⁴

ÖZ

11 Mart 2011 tarihinde gerçekleşen 9.0 şiddetindeki depremin yarattığı tsunami, Japonya'nın doğu kıyısı boyunca çok sayıda can kaybına ve ciddi hasara yol açmıştır. 2011 Tsunamisi'nin ardından Japonya'da yapılan planlama ve yeniden yapım çalışmaları alınması gereken önlemlere önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu çalışmada afetin beş yıl ardından bölgeye yapılan iki farklı saha araştırma gezisinde gözlemlenen yapısal ve yapısal olmayan önlemler ile afet yönetimi ve afet farkındalığı yaratma çalışmaları ayrıntılarıyla sunulmuş ve Türkiye'deki mevcut çalışmalar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tsunami, Japonya, afet önlemleri, afet farkındalığı.

ABSTRACT

Structural and Non-Structural Countermeasures and Awareness Studies After the Tsunami Disaster: Case of Japan

Tsunami generated by the earthquake with a magnitude of 9.0 on March, 11, 2011 caused a high number of casualties and significant economic loss. Planning and reconstruction studies following the 2011 Tsunami in Japan are important examples of countermeasures to be taken against tsunamis. In this study, observations from two field surveys conducted after five years following the tsunami event, focusing on structural and non-structural countermeasures in addition to disaster management and creation of disaster awareness studies are presented in details, and current measures in Turkey are also discussed.

Keywords: Tsunami, Japan, disaster countermeasures, disaster awareness.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 12.04.2017 günü ulaşmıştır. 30.01.2018 günü yayımlanmak üzere kabul edilmiştir.
- 30 Kasım 2018 gününe kadar tartışmaya açıktır.

• DOI: 10.18400/tekderg.307568

1 Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - goguler@metu.edu.tr

2 Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik Bölümü, İstanbul - ceren.ozler@boun.edu.tr

3 Chuo Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tokyo - arikawa@civil.chuo-u.ac.jp

4 Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - yalciner@metu.edu.tr

1. GİRİŞ

Japonya'nın Tohoku bölgesinin Pasifik kıyıları açığında 11 Mart 2011'de yerel saatle 14.46'da meydana gelen 9.0 (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) hesaplamalarını göre 9.1) büyüklüğündeki deprem, tarih boyunca Japonya çevresinde kayıt altına alınan en büyük deprem olmuştur [1]. Afetin sonrasında yapılan incelemelerde, yaklaşık 450 km x 200 km bir bölge fay kırılma bölgesi olarak belirlenmiştir [2]. Depremin ardından oluşan tsunami, depremden ilk olarak yaklaşık 20 dakika sonra ulaştığı Japonya'nın doğu kıyısı boyunca 2000 km'lik bir kıyı çizgisini etkilemiştir [3]. Depremin ilk titreşimlerinden yaklaşık iki dakika sonra Japon Meteoroloji Ajansı tarafından verilen uyarıda depremin büyüklüğü 8.1 olarak tahmin edilirken, en fazla 3 metre tsunami tırmanma yüksekliği beklendiği açıklanmıştır [4]; fakat kıyı yerleşim bölgelerinde oluşan tsunaminin boyutları tahmin edilenden çok daha büyük olmuştur. Resmi rakamlara göre 20000'e yakın insanın hayatını kaybettiği ve/veya halen kayıp olduğu belirlenen afetin ardından Japonya'nın bütün doğu kıyasına [2], afetin en büyük hasarı verdiği Tohoku bölgesine [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], Japonya anakarasının kuzeyinde yer alan Hokkaido adasına [12] ve depremin merkez üssünün güneyinde yer alan Tokyo şehrine [13] odaklanarak yapılan çeşitli saha incelemeleri ile bu büyük afetin etkileri ortaya konmuştur. İlk verilen tsunami uyarılarındaki düşük seviyelere karşılık, saha araştırmalarında ortalama tsunami tırmanma yüksekliği (run-up height) 10 metre ve ortalama tsunami baskın derinliği (inundation height) 10-15 metre gibi çok daha yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Ölçülen en yüksek tırmanma yükseklikleri ise Ryorı ve Taro şehirlerinde deniz düzeyine göre 40 m olarak ölçülmüştür [2].

2011'de gerçekleşen tsunami öncesi birçok otorite, Japonya'yı tsunamiye karşı en hazır ülkelerden biri olarak değerlendirmiştir. Gerek yapısal (*kıyı koruma yapıları*) gerekse yapısal olmayan (*sayısal modelleme çalışmaları, sosyal farkındalık çalışmaları ile birlikte erken uyarı sistemi*) önlemler, Japonya'nın doğu kıyasının böyle bir afete hazır olduğu yönündeki görüşleri güçlendirmiştir. Öte yandan, gerçekleşen depremin büyüklüğünün önceden göz önüne alınan en kötü senaryoları aşan özellikle olması ve dolayısıyla önlemlerin bu deprem büyüklüğüne göre düşünülmemesi, yetkili kuruluş Japonya Meteoroloji Ajansı tarafından depremden hemen sonra yapılan ilk tahminlerin gerçekleşen afet boyutuna kıyasla çok daha düşük ölçekte olması [14] ve bazı kıyı bölgelerinde yapılan tsunami uyarılarına rağmen - oransal olarak az da olsa- bazı insanların panik ve trafik sıkışıklığı gibi nedenlerle tahliye olamaması temel sebepleriyle afetin meydana getirdiği can ve mal kaybı çok büyük olmuştur. Birçok araştırmacıya göre [2, 4, 5, 15, 16] alınan önlemler, afetin etkilerini tümünden ortadan kaldırmasa da hayatını kaybedenlerin sayısını azaltmış, bölgede yaşayan insanların tahliyesi için daha fazla süre kazandırmıştır. Erken uyarı sisteminin -tsunami büyüklüğünü doğru tahmin edememesine rağmen- hızlı bir şekilde çalışması ve bölgede yaşayan Japon halkının afetler konusunda deneyimli ve eğitilmiş olması gibi sebeplerle hemen her mahallesi tsunami baskınına uğramış olan kıyı şehirlerinin (örnek olarak Taro, Miyako, Yamada, Kamaishi, Otsuchi, Onagawa, Rikuzentakata, Kesennuma, Arahama) nüfusunun %88'i kurtulmuştur [16, 17]. Fudai kentinde -tsunami önlemi olarak inşa edilen 15 m yüksekliğindeki kıyı duvarlarının da etkisiyle- can kaybı 8 olarak belirlenmiştir. Sonraki araştırmalarda belirlendiği üzere, fayların kırılma süresinin en az 150 saniye olması, depremin başlamasından yaklaşık iki dakika sonra ilk uyarıyı veren Japon Meteoroloji Ajansı'nın yanılmasının kabul edilebilir olduğuna işaret etmektedir [4]. Bu yanılma her ne kadar kabul edilebilir olsa da, verilen tsunami erken uyarısında depremin ve dolayısıyla tsunaminin

büyükliğünün yanlış tahmin edilmesi kıyı koruma yapıları yeterli olmayan kıyı şehirlerindeki can kaybı oranını ciddi şekilde arttırmıştır. Öte yandan, bazı araştırmacılar tarafından can kaybının ve hasarın büyüklüğünün sebepleri arasında, özellikle Fukushima Nükleer Santrali'nin tasarımında gözetilmesi gereken bazı mühendislik hesaplamalarında bölgede oluşabilecek muhtemel tsunaminin yanlış seçildiği gösterilmektedir [18]. Literatürde yer alan karşıt görüşler bir kenara bırakıldığında yaygın olarak ortaya çıkan görüşe göre, önlemlerin afetin yıkıcılığını engelleyememesinin başlıca sebebi, bu büyüklükte bir depremin bölgede öngörülmemesidir [19].

2011 Büyük Doğu Japonya Tsunamisi sonucunda birçok kıyı koruma yapısı (*dalgakıranlar, tahkimatlar ve kıyı duvarları*) hasar almış veya yıkılmıştır. Kıyı yapılarının tasarımı ile ilgili Japon şartnameleri [20], 2011 afetinin ardından olası tsunamilerin büyüklüklerinin aşamalı olarak değerlendirildiği (*bkz. Bölüm 2*) bir şekilde güncellenmiştir [15]. Kıyı yapılarının yanı sıra, tsunami baskını kıyı şeridinden içeriye doğru ilerledikçe, 128530 adet tek ya da az katlı binanın, 230332 adet çok katlı binanın ve 78 köprünün de yıkılmasına veya kısmen hasar almasına yol açmıştır [2]. Japon tasarım şartnamelerinde tsunami yüklerine yönelik yaklaşımların tekrar gözden geçirilerek güncellenmesi çalışmaları halen devam etmektedir [21]. 2011 afetinin ardından, Amerikan İnşaat Mühendisleri Odası da minimum tasarım yüklerinin verildiği ASCE 7 isimli şartnameye yeni bir bölüm ekleyerek, tsunami yüklerinin ve etkilerinin yapı tasarımında göz önünde bulundurulması gerekliliğini yasal kurallara bağlamışlardır [22].

Doğu Akdeniz'de tarihteki tsunami olayları incelendiğinde, tarih boyunca Türkiye kıyılarını etkilemiş olan çok sayıda tsunami olayının gerçekleştiği görülmektedir [23, 24, 25, 26]. Türkiye kıyılarını etkileyen tsunami afetleri sismik kaynaklı olabileceği gibi, su altı zemin kayması ya da volkanik olaylara bağlı olarak da oluşabilir [24, 27]. Tarihsel belgelere dayandırılarak yapılan çalışmalarda, son iki bin yılda sadece Marmara Denizi'nde 35 tsunami ve son 3500 yılda Doğu Akdeniz'de 120 tsunami olayı gerçekleştiği belirlenmiş [23, 26], Marmara Denizi'ndeki [27, 28] ve Doğu Akdeniz'deki [29] aktif fayların gelecekte zarar verici tsunami yaratma potansiyeli taşıdıkları sonucuna varılmıştır. Öte yandan, mevcut bilimsel verilerle yaklaşık olarak belirlenen deprem büyüklüklerinin 2011 Japonya Depremi örneğinde olduğu gibi, bölgede gerçekleşecek deprem büyüklüğünden daha az olarak tahmin edilmesi durumu bilimsel olarak da mümkün olup, kabul edilebilirdir [4]. Bütün bu veriler ışığında, Türkiye kıyıları için daha ileri tsunami araştırmalarının yapılması, muhtemel bir afet durumunda alınması gereken önlemlerin saptanarak ortaya konulması ve gelecekte yapılması planlanan kıyı yapıları ile mevcut kıyı yapılarının tsunami afeti sırasında nasıl etkileneceğinin belirlenmesi Türkiye kıyıları için büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, 2011 Büyük Doğu Japonya Tsunamisi'nin etkilediği Tohoku bölgesine afetten hemen sonra ve afetten beş yıl sonra, çalışmanın yazarları tarafından yapılan saha araştırmalarının sonuçları ayrıntılı bir şekilde ortaya konulmuş, afet sonrası geçen beş yıl içerisinde ortaya koyulan yapısal ve yapısal olmayan çözümler ile afetin hemen sonrası yapılan incelemeler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, afetin sosyal etkilerine dair yapılan gözlemlere değinilmiş ve Japonya'da 2011 Tsunamisi'nden sonra değişen afet yönetimi düşüncesi ile Türkiye'deki mevcut uygulamalar yapılan gözlemler ışığında karşılaştırılmıştır. Gözlemlere dayalı ve tsunamilerin etkilerine odaklanan bir değerlendirme olan bu çalışmanın; sadece tsunamiler özelinde değil, diğer afetler ile bağlantılı olarak daha geniş bir afet yönetimi algısının, Japonya örneğinde olduğu gibi Türkiye'de de hayata

geçirilmesine katkı sunması çalışmanın ana amaçlarından biridir. Bu çalışmayı atfı yapılan diğer benzeri çalışmalardan ayıran en önemli nokta ise, “afetler ile birlikte yaşamak ve toplumda afet farkındalığı yaratmak” olarak özetlenebilecek önlem stratejileri geliştirme ve afet yönetimi algısının, çeşitli örnekler kullanılarak tartışılmasıdır.

2. 2011 TSUNAMİSİ’NİN ETKİLERİ, AFETİN ARDINDAN ALINAN YENİ ÖNLEMLER VE AFETİN 5 YIL SONRASINDA MEVCUT DURUM

Tsunamilerin yıkıcı etkisinin geçtiğimiz yüzyılda en çarpıcı örneklerinden birisi 2004 Endonezya Sumatra Tsunamisi’dir. 26 Aralık 2004 tarihinde gerçekleşen moment magnitüd 9.1 büyüklüğündeki depremin oluşturduğu tsunaminin etkisiyle 283100 kişinin hayatını kaybettiği kayıtlara geçmiştir [30]. Yüzyılın en ölümcül depremi olarak bilinen afet sırasında 10 metreyi geçen tsunami yükseklikleri gözlemlenmiş, NOAA Tsunami Kataloğu’na göre kaydedilen en yüksek tırmanma yüksekliği 33 metreye kadar ulaşmıştır. 2004 Endonezya Tsunamisi’nin Dünya ölçeğinde yarattığı büyük travmanın ve korkunun ardından tsunami üzerine yapılan araştırmalar yoğunluk kazanmış, okyanus ve denizlere kıyısı olan ülkelerde ulusal düzeyde ve ayrıca uluslararası kuruluşlar tarafından desteklenen birçok araştırma projeleri gerçekleştirilmiş, tsunaminin yıkıcı etkilerinin azaltılması için başta Japonya, ABD ve Avrupa Birliği’nin kıyı ülkeleri olmak üzere pek çok bölgede yapısal, yapısal olmayan ve sosyal önlemler alınması için çalışmalar süregelmiştir.

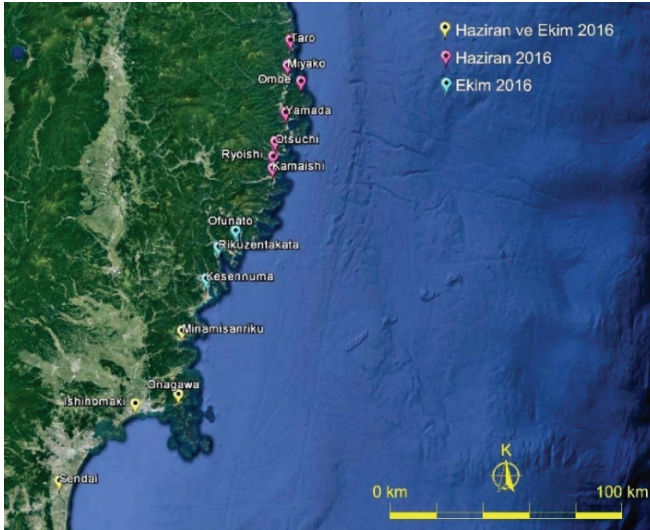
2011 Tsunamisi sonrası Japonya’da içerisinde teknik şartnamelerde yapılan güncellemelerin de yer aldığı birçok değişiklik, tsunami afetlerinden alınan derslere bağlı değişen yeni önlem anlayışına göre yapılmıştır. 2011 afeti öncesinde Japon araştırmacılar ve hükümetindeki yaygın kanı, tsunami afetinin çeşitli kıyı koruma yapıları ile önlenebileceği yönündeydi. 2011 afeti sonrasında ise bu anlayış, yapılan gözlemler ve alınan derslere bağlı olarak değiştirilmiştir. Bu değişimin en temel sebeplerinden biri, yakın kıyıda tsunami ile ilintili hidrodinamik parametrelerin (*tsunami genliği, akım derinliği, akım hızları, tsunami etkisi ile yapılarla etkileyen kuvvetler gibi*); diğer bir deyişle, kıyı yapıları ana tasarım parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan; temelde tsunaminin oluşumunu, denizde ve karada ilerlemesini hesaplayan sayısal modellerin ana girdisi olan fay kırılma parametrelerinin belirlenmesinde karşılaşılan belirsizliklerdir. Okal’a [4] göre birçok kırılma bölgesi, aletli dönemde yapılan ölçümlerden çok daha büyük depremler üretebilmektedir ve bu büyük depremlerin beklenenden daha büyük boyutlarda tsunamilere yol açması ihtimaller arasındadır. Bununla birlikte, bir yörede oluşabilecek en büyük depremin boyutları bilinebilse dahi, bu büyüklükteki depremlerin oluşturacağı tsunamilerin kara içerisinde ilerlemesini engelleyecek yükseklikteki kıyı duvarlarını uzun mesafeler boyunca inşa etmek hem ciddi ekonomik problemler hem de turizm ve balıkçılık gibi faaliyetlerin sürdürülebilmesi için çeşitli zorluklar ortaya çıkarmaktadır [16, 21]. Ayrıca, bu tip büyük kıyı yapıları, kıyı alanlarında yaşayan insanların denizle olan ilişkisinin arasına bir set çekmekte ve bu durum bazı bölgelerde yöre halkının tepkilerine yol açabilmektedir. Örneğin, Tohoku bölgesinde yer alan Kesennuma şehrinde liman şeridi boyunca yer alan kıyı duvarlarına yöre halkı olumsuz tepki vermektedir. Öte yandan, Taro ve Miyako gibi şehirlerde kıyı duvarlarının yapılması yöre halkı tarafından olumlu karşılanmaktadır. Kıyı duvarlarının yüksekliklerine ve yapımına dair Japon halkı genelde ortak bir görüş bulunmamaktadır. Yukarıda ifade edilen gözlemler sonucunda, Japonya’da bütünlük ve katmanlı bir afet yönetimi algısı ortaya konulmuştur [15, 16, 31]. Buna göre, yapısal ve yapısal olmayan çözümlerin birlikte

kullanılması esas alınmalıdır [15, 16, 21]. Kıyı koruma yapılarının boyutlarının “Birinci Seviye Tsunamiler”e göre; diğer bir deyişle, yinelenme periyodu 100 yıl olan tsunamilere göre belirlenmesi ve dalga aşmasına izin verilmeyecek biçimde tasarlanması önemlidir. “İkinci Seviye Tsunamiler”; diğer bir deyişle, yinelenme periyodu 100 yıldan fazla olan tsunamiler için ise kıyı koruma yapılarının üzerlerinden aşan sürekli akım (*tsunami overflow*) esnasında yıkılmamaları ve/veya yıkılmalarının gecikmesi için gerekli önlemler alınması önem kazanmıştır. Yapısal önlemler yıkımın önlenmesi ve/veya geciktirilmesi için çalışırken, yapısal olmayan etkin erken uyarı ve afet önleme mekanizmaları devreye sokularak, bölgede yaşayan insanların ve canlıların afetin etkileyebileceği bölgeden hızlıca tahliye edilmeleri planlanmaktadır. Böylelikle, yinelenme periyodu yüksek olan tsunamilerin oluşması durumunda dahi can kaybının minimum düzeye çekilebileceği düşünülmektedir.

2.1. Saha Araştırmalarının Özeti

2011 Büyük Doğu Japonya Tsunamisi'nin etkilerinin ve afetin beş yıl ardından afet bölgesindeki durumun değerlendirildiği bu çalışma, çalışmanın yazarları tarafından bölgede gerçekleştirilen üç saha incelemesindeki gözlemlerden oluşmaktadır.

Bu saha araştırmalarından ilki, çalışmanın yazarlarından Ahmet Cevdet Yalçiner ile Japonya, ABD ve Türkiye’de çalışan tsunami araştırmacıları Anawat Suppasri, Erick Mas, Nikos Kalligeris ve Öcal Necmioğlu’ndan oluşan ekip tarafından, afetin hemen ardından 29 Mayıs 2011 – 4 Haziran 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Yalçiner vd. [17] tarafından sunulan ve afetten hemen sonraki durumu yansıtan ilk saha araştırmasının sonuçları, bu makalede sunulan afetten 5 yıl sonrasındaki durum gözlemleriyle karşılaştırma yapmak için kullanılmıştır.



Şekil 1. 2016'da Gerçekleştirilen Saha Araştırmalarında Ziyaret Edilen Şehirler

Afet bölgesine yapılan diğer iki saha araştırması ise, afetten 5 yıl sonra 2016 yılında, Japon hükümeti ve Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) tarafından desteklenen, Japonya Deniz-Yer Bilimleri ve Teknoloji Ajansı (JAMSTEC) ile Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü işbirliğiyle gerçekleştirilmekte olan ve Japonya ile Türkiye'den çeşitli üniversitelerin yer aldığı "Marmara Bölgesi'nde Deprem ve Tsunami Zararlarının Azaltılması ve Türkiye'de Afet Eğitimi Projesi (MarDiM)" isimli Japon-Türkiye ortak araştırma projesi kapsamında yapılmıştır. Araştırmalardan ilki 5-8 Haziran 2016 tarihleri arasında çalışmanın yazarlarından Taro Arikawa ve Ceren Özer Sözdinler ile Chuo Üniversitesi lisans öğrencileri Hirano Hiroaki, Endo Masoto ve Kawai Koki tarafından, ikincisi ise 26 Ekim – 29 Ekim 2016 tarihleri arasında çalışmanın yazarlarından Taro Arikawa ve Hasan Gökhan Güler ile Chuo Üniversitesi lisans öğrencileri Suzuki Kohei ve Shota Takagawa tarafından gerçekleştirmiştir. 2016 içerisinde yapılan saha araştırmalarında ziyaret edilen kıyı şehirleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

2.2. Yapısal ve Yapısal Olmayan Etkiler ve Çözüm Yöntemleri Üzerine Gözlemler

2011 Tsunamisi'nin ardından, Japonya'daki tsunamiye karşı alınan önlemler tekrar gözden geçirilmiş, yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin performansları değerlendirilerek gerektiği yerlerde güncellemeler yapılmıştır. Yapısal önlemleri temel olarak yeniden inşa edilen kıyı yapıları ve kot yükseltme çalışmaları oluştururken; yapısal olmayan önlemleri sayısal modelleme çalışmaları ve uyarı sistemleri oluşturmaktadır. Afetin etkilerini azaltmak ve gelecek afetlere yönelik önlemler almak amacıyla üretilen çözüm yöntemleri ile ilgili tespitler arasında öncelikli olanı, yapısal ve yapısal olmayan çözümlerin 2000 km gibi uzun bir kıyı şeridi boyunca beş yıl gibi kısa sayılabilecek bir sürede ayrıntılarıyla tasarlanması, planlanması ve neredeyse tamamıyla hayata geçirilmesidir. Bu duruma tek istisna Fukushima'da bulunan ve afet esnasında soğutma sistemleri bozularak devre dışı kalan nükleer santraldir. Nükleer santraldeki son durumu takip eden Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından 1 Şubat 2017'de yayınlanan bildiriye göre [32], örneklenen suda bulunan radyasyon miktarı tehlike oluşturacak değerden düşük bulunmuştur. Nükleer santrallerin özellikleri sebebiyle, bu etkinin ortadan kaldırılması gelişmeler olumlu yönde olsa dahi uzun zaman alacaktır. Çalışmanın bu kısmında, afetin yapısal ve yapısal olmayan etkileri ve afetin beş yıl ardından saha araştırmalarında gözlemlenen çözüm yöntemleri tartışılmaktadır.

2.2.1. Yapısal Etkiler ve Çözüm Yöntemleri

2.2.1.1. Dalgakıranlar ve Kıyı Duvarları

Saha araştırmaları sırasında gezilen şehirlerden Kamaishi ve Ofunato'da bulunan limanları koruyan benzer yapısal özelliklere sahip keson tipi tsunami dalgakıranları 2011 Tsunamisi sırasında yıkılmışlardır. Arikawa vd. [33] tarafından Kamaishi dalgakıranının yıkılma mekanizması incelenmiş, dalgakıranın üzerinden aşan sürekli akımın yarattığı su seviyesi farkı sebebiyle oluşan basınç kuvveti farkı ve bununla birlikte dalgakıranın üzerinden aşan sürekli akım ile dalgakıran keson blokları arasındaki 50'şer cm'lik aralıktan geçen şiddetli akıntının dalgakıranın liman tarafındaki taş dolgu temelde yarattığı oyulma dalgakıranın kaymasına ve devrilmesine yol açmıştır. Kamaishi dalgakıranının tsunami etkisi ile yıkılmasının ardından, Kamaishi limanında ciddi oranda hasar oluşmuştur (Fotoğraf 1). Afetin ardından yeni dalgakıran inşasına başlanmış ve yeni dalgakıran 2016 yılında

tamamlanmıştır (Fotoğraf 2). Keson tip olarak inşa edilen yeni dalgakıran eskisi ile benzer yerde olacak şekilde 990 m ve 670 m uzunluklarında iki dalgakırandan oluşmaktadır. Dalgakıranlar arası boşluk 300 m'dir. Yıkılmış olan dalgakırandan farklı olarak yeni dalgakırandaki deniz tabanı üzerindeki dolgu malzemesi (yaklaşık 30 m kalınlığında taş ağırlığı 30-800 kg arası taş dolgu) üzerine keson bloklar yerleştirilmeden önce yaklaşık 10 m kalınlığında taş ağırlığı 800-1000 kg arası olan daha dayanımlı büyük dolgu malzemesi kullanılmıştır. Kamaishi dalgakıranı 63 metre su derinliğinde inşa edilmesi sebebiyle dünyanın en derin dalgakıranı olma özelliğine sahiptir. Kamaishi dalgakıranının koy girişinde yer alması tsunami dalgalarının kıyıya yaklaşık 6 dakika daha geç gelmesini sağlamakta ve böylece yöre halkına kıyıda uzaklaşmak ve tsunami kaçış tepelerine yönelmek için zaman kazandırmaktadır. Fakat öte yandan dalgakıranların varlığının köşe noktalarda enerji birikimleri sebebiyle karada bazı bölgelerde daha yüksek dalga hızlarına yol açtığı da sayısal modellemelerle ispatlanmıştır [34]. Dalgakıranın gerek tsunami gerekse fırtına dalgalarından koruduğu liman bölgesinde oldukça yüksek miktarlarda yük elleçlenmektedir. Aynı zamanda limanın güneyinde petrol depolama tesisi de bulunmaktadır. Limanda genel olarak çelik, kum taşı, kömür, petrol ürünleri, yem ve mısır ürünleri yüklenip boşaltılmaktadır ve sadece 2015 yılı içinde toplam 2.1 milyon ton civarında yük işleme alınmıştır.



Fotoğraf 1. Afetin Hemen Ardından Kamaishi Limanı (Tarih: Haziran, 2011)



Fotoğraf 2. Yeniden İnşa Edilen Kamaishi Dalgakıranı (Tarih: Haziran, 2016)

Kamaishi dalgakıranı ile benzeri yapıdaki Ofunato dalgakıranı da Kamaishi dalgakıranı ile aynı şekilde yıkılmıştır. Bölgedeki en önemli çimento üretim merkezi ve uğrak bir konteyner limanı olan Ofunato limanının yeniden düzenleme çalışmaları sırasında dalgakıranların tekrar inşa edilmesine karar verilmiştir. Ofunato limanına Ekim 2016'da yapılan saha araştırma gezisi sırasında, dalgakıranın büyük oranda yeniden inşa edildiği gözlemlenmiştir (Fotoğraf 3). Afet sonrasında güncellenen tasarımda, dalgakıranın yüksekliğinin 5.1 metreden 11.3 metreye çıkarılması ve dalgakıranın liman tarafındaki taş dolgu temelinin Fotoğraf 3'te gösterilen özel beton bloklar ile yükseltilmesi planlanmıştır. Kullanılacak beton bloklar ile dalgakıranın dalgalara karşı dayanımını artırması ve sürekli dalga aşması sırasında liman tarafında oluşabilecek oyulmaların önüne geçilmesi planlanmaktadır. Ayrıca, kuzey ve güneyde yer alan dalgakıranların arasındaki boşluğa, en büyük konteyner gemilerinin geçebileceği derinlik gözetilerek ters T-bloklar yerleştirilecek ve batık bir dalgakıran inşa edilecektir.



Fotoğraf 3. Yeniden İnşa Edilen Ofunato Dalgakıranı (Tarih: Ekim, 2016)

Ofunato limanının yavaşma yapıları boyunca kıyı duvarları yapımı Ekim 2016'da yapılan saha araştırmaları sırasında devam etmekteydi (Fotoğraf 4). Bu kıyı duvarları, liman içerisine dalgakıranlar arasında bulunan açıklıktan ve/veya dalgakıranın üzerinden aşarak girebilecek olan dalgaların karada ilerlemesinin azaltılması amacıyla yapılmaktadır. Kıyı duvarlarının, su seviyesi yükselmesine dayanıklı hale gelmesi ve aynı zamanda da ince olmalarını sağlamak amacıyla kazıklı temeller kullanılmıştır. Japonya'da yaygın olarak görülen kıyı duvarlarının bir diğer örneği de Kesennuma şehrinde yer almaktadır. Kesennuma limanı yavaşma yapıları boyunca uzanan bu duvarları benzerlerinden ayıran en önemli özellik, bunların üzerlerinde açılan pencerelerdir (Fotoğraf 5). Bu pencereler, yöre halkının kıyı duvarları ile ilgili deniz-insan ilişkisinin engellenmesinden ileri gelen şikâyetlerini önlemek amacıyla açılmıştır. Fakat, pencerelerin kıyı duvarlarının boyutlarına göre oldukça küçük olması, tahmin edilebileceği gibi bunların işlevsiz olmalarına yol açmıştır.



Fotoğraf 4. Ofunato Limanı Kıyı Duvarları Yapımı (Tarih: Ekim, 2016)



Fotoğraf 5. Kesennuma Limanı Kıyı Duvarları (Tarih: Ekim, 2016)

Yeniden inşa edilen kıyı duvarı örnekleri Haziran 2016'da gerçekleştirilen saha araştırma gezisinde Miyako ve Yamada şehirlerinde gözlenmiştir. Miyako şehrinde dik yüzeyli kıyı duvarı yaklaşık 8 metre yükseklikte ve tüm kıyı şeridini kapsayacak şekilde inşa edilmektedir (Fotoğraf 6). Burada deniz ile kıyı duvarı arasındaki bölgede sadece balıkçılık faaliyetlerine izin verilirken duvarın arka tarafından itibaren ise kötü yükseltilmiş yollar ve yerleşim yerleri planlanmıştır. Fotoğraf 7'de Miyako şehri kıyı duvarı inşaatının bittikten sonraki durumu illüstrasyon bir çizim ile gösterilmektedir.



Fotoğraf 6. Miyako Şehri Kıyı Duvarları (Tarih: Haziran, 2016)



Fotoğraf 7. Miyako Şehri Kıyı Duvarları İllüstrasyonu (Tarih: Haziran, 2016)

Bir benzer örnek de Yamada şehrinde gözlenmiştir. Yamada şehrinde de kıyı duvarı yaklaşık 7 metre yükseklikte inşa edilirken eski duvar gibi yatık yüzeyli değil, yeni teknolojiyle inşa edilen diğer örneklerde olduğu gibi dik yüzeyli olarak inşa edilmektedir (Fotoğraf 8).



Fotoğraf 8. Yamada Şehri Eski ve Yeni Kıyı Duvarları (Tarih: Haziran, 2016)

2.2.1.2. Kıyı Tahkimatları

2011 öncesinde yapılan kıyı tahkimatlarında yapıların sadece yükseklikleri göz önüne alınmıştır [21]. Tahkimatların üzerinden aşan sürekli akım, 2011 afetinde birçok tahkimatın yıkılmasına yol açmıştır. 2011 afeti sonrasında değişen afet yönetimi düşüncesinde göz önüne alınan iki seviyeli tsunami önlemlerine göre, İkinci Seviye Tsunamiler'in oluşması durumunda bu yapıların üzerinden aşmaya izin verilmektedir. Bu nedenlerle, 2011 sonrasında yapılan kıyı tahkimatları Türkçe'de "inatçı", "dirençli" anlamlarına gelen "nebaritsuyoi" kelimesiyle adlandırılmış ve 2011 öncesinde yapılan tasarımlara nazaran güçlendirilmişlerdir. Bu güçlendirme üç aşamada tarif edilmektedir: Kara tarafındaki topuğun güçlendirilmesi, kret ve kara tarafı boyunca koruma tabakasında daha ağır beton bloklar kullanılması ve beton bloklar arasındaki bağlantıların güçlendirilmesi. Böylelikle, kara tarafında dalga aşması ile oluşan sürekli akımın yarattığı oyulmanın önüne geçilerek kıyı tahkimatlarının tsunami etkisi altında performansları artacaktır.

Ekim 2016'da bölgede yapılan saha araştırmalarında iki farklı noktada yeniden inşa edilen kıyı tahkimatları görülmüştür. Bunlardan ilki, Fotoğraf 9'da verilen Kesenuma yakınlarındaki Koizumi bölgesinde yer alan ve Ekim 2016'da halen yapım aşamasında olan, tamamlandıklarında yüksekliği 14.7 metre olacak olan kıyı tahkimatlarıdır. İkinci kıyı tahkimatı ise Sendai bölgesinde, Sendai havalimanının hemen yakınında yapılan saha araştırmalarında incelenmiştir. Tahkimatın Ekim 2016'da tamamlanmış hali Fotoğraf 10'da sunulmuştur.



Fotoğraf 9. Koizumi Kıyı Tahkimatı İnşaattı (Tarih: Ekim, 2016)



Fotoğraf 10. Sendai Kıyı Tahkimatı (Tarih: Ekim, 2016)

2.2.1.3. Kot Yükseltme Çalışmaları ve Yeniden Şehir Planlaması

2011 Tsunamisi'nin etkisiyle birçok kıyı şehri tümünden veya büyük oranda yıkılmıştır. Bu şehirlerin yeniden yapılması esnasında, tsunami baskın alanları gözetilerek yeni şehir yerleşim planları oluşturulmuştur. Buna göre yer yer kot, yapay dolgu alanları kullanılarak yükseltilmiş, yer yer kıyıda kalan yerleşim birimleri, yüksek yerlere taşınmıştır. Dolgu alanlarla kot yükseltme çalışmaları örnekleri Haziran 2016 saha gezisinde Otsuchi ve Minamisanriku (Fotoğraf 11) şehirlerinde gözlenmiştir. Kademeli şekilde dolgu yapılarak yükselen bu tepelik bölgeler çeşitli ileri zemin etütleri uygulanarak sağlamlaştırılmaktadır. Kıyı tahkimatı art alanında yer alacak kıyı yerleşim yerleri kotu yükseltilmiş bu alanlarda inşa edilecektir. Bu sayede bölge halkının ve yerleşim yerlerinin "İkinci Seviye Tsunamiler" esnasında oluşacak yüksek seviyelerdeki tsunami baskınlarından korunması hedeflenmektedir. Ekim 2016'da bölgeye yapılan saha gezilerinde, yine Minamisanriku şehrinde kot yükseltme çalışmaları gözlemlenmiş (Fotoğraf 12), yeniden yerleşimin gerçekleştirildiği yüksekte yer alan mahalleler ziyaret edilmiştir.



Fotoğraf 11. Kot Yükseltme Çalışmaları, Minamisanriku (Tarih: Haziran, 2016)



Fotoğraf 12. Kot Yükseltme Çalışmaları, Minamisanriku (Tarih: Ekim, 2016)

2.2.1.4. Binalar

2011 afeti sırasında birçok bina yıkılmış veya hasar almıştır. Gokon ve Koshimura [7] tarafından Sendai, Kesenuma, Onagawa, Ishinomaki gibi afetin etkili olduğu şehirlerin de

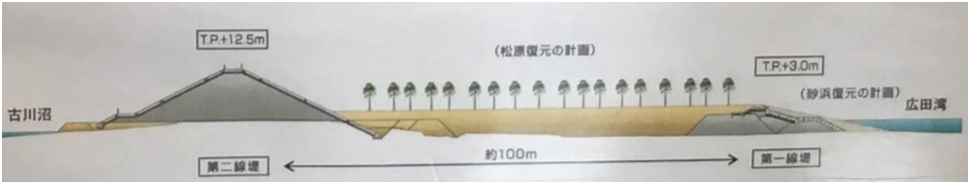
içinde yer aldığı Miyagi eyaletinde yapılan araştırmalar binaların %29.4'ünün yıkıldığı veya zarar gördüğünü ortaya koymuştur (Fotoğraf 13). Beklenildiği üzere betonarme yapıların ahşap yapılara göre daha az hasar aldığı gözlenmiştir. Öte yandan birçok betonarme yapının da devrildiği veya ağır hasar aldığı görülmüştür. Japon tasarım şartnamelerinde hali hazırda yer alan tsunami yükleri ile ilgili bölümlere ek olarak bina kırılma analiz eğrilerinin de şartnamelere eklenmesi konusunda araştırmalar halen devam etmektedir [35]. Böylelikle binaların kendi özelliklerine göre tasarımın şekillenmesi mümkün olabilecektir.



Fotoğraf 13. Hasar Almış Betonarme Yapı, Otsuchi (Tarih: Haziran, 2016)

2.2.1.5. Yapısal Çözümlerin Birlikte Kullanılması

2011 afeti sonrasında yeniden inşa edilen şehirlerden bazılarında, birden fazla yapısal çözümün birlikte kullanıldığı çözümler de gözlenmiştir. Bu tip çözümlerde, genellikle kıyı tahkimatları ile kıyı ormanları birlikte kullanılmaktadır. Örneğin, afetten en çok etkilenen şehirlerden biri olan Rikuzentakata'da kıyı tahkimatları ve kıyı ormanları Şekil 2'de verildiği gibi birlikte kullanılmaktadır. Böylelikle daha ekonomik yapıların üretilmesi hedeflenmektedir. Rikuzentakata'da, Ekim 2016'da yapılan saha araştırmalarında, Şekil 2'de gösterilen ve 3 metre yüksekliğinde kıyı tahkimatının yapımı tamamlanmış, 12.5 metre yüksekliğindeki tahkimatın (Fotoğraf 14) yapımı büyük ölçüde tamamlanmıştır.

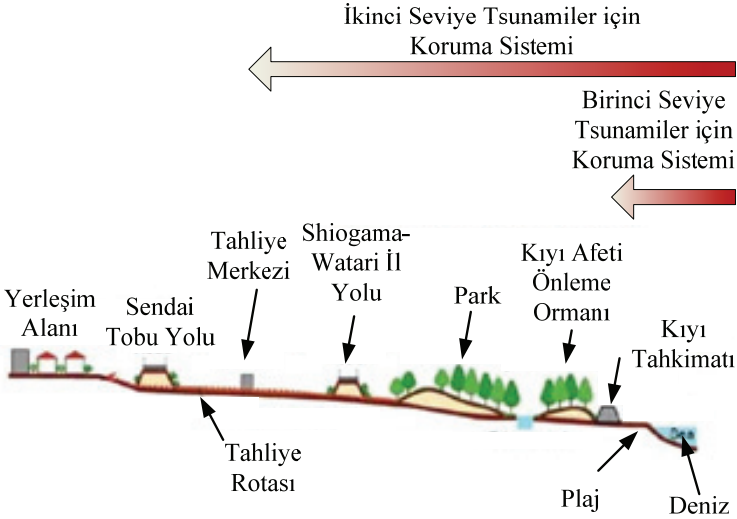


Şekil 2. Kıyı Tahkimatı ve Kıyı Ormanları, Rikuzentakata (Tarih: Ekim, 2016)

Yapısal çözümlerin birlikte kullanılması, Rikuzentakata'dan daha kapsamlı olarak Sendai kıyılarında gözlenmiştir. Sendai kıyılarında gerçekleştirilen çok katmanlı kıyı afetleri koruma sistemine göre kıydan başlayıp karada iç kesimlere doğru kademeli olarak planlanan kıyı afetleri koruma sistemleri uygulanmaktadır [36]. Bu aşamalar kıydan başlayarak karaya doğru konumlanacak şekilde yüksek kıyı duvarları inşa edilmesi, kıyı duvarlarının arkasına kıyı afetlerine karşı koruma ormanları yapılması, orman bölgesinin arkasında yer alan şehirlerarası otopanın bulunduğu kottan viyadükler ile yükseltilerek yeniden inşa edilmesi, sonrasında tsunami kaçış tepeleri ve kuleleri yapılması ve tüm bu yapılardan sonra karada en iç kesimlere de kıyı yerleşim bölgelerinin inşası olarak planlanmaktadır. Sendai bölgesinde, yapısal çözümlerin birlikte kullanılması ile ilgili çizimler Şekil 3'te verilmiştir.



Fotoğraf 14. Rikuzentakata Kıyı Tahkimatı (Tarih: Ekim, 2016)



Şekil 3. Yapısal Çözümlerin Birlikte Kullanılması, Sendai (Koshimura vd. [36]'dan alınarak Türkçeleştirilmiştir.)

2.2.2. Yapısal Olmayan Etkiler ve Çözüm Yöntemleri

2.2.2.1. Sayısal Modelleme Çalışmaları

Sayısal modeller tsunami oluşumunu, ilerlemesini, kıyıda yükselmesini ve kıyı içerisinde ilerlemesinin boyutlarını belirlemek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tsunami afeti ile ilgili önlemler, çalışılan bölgede gerçekleşen tarihi tsunamilerden elde edilmiş veriler ve sayısal modeller ile yapılan benzetimler yardımıyla belirlenen bu parametrelere dayandırılarak alınmaktadır. Tsunami benzetim çalışmalarını hassas bir şekilde gerçekleştirebilen sayısal modellerin başlıca örnekleri arasında TUNAMI N2 [37], MOST [38], COMCOT [39], NAMIDANCE [40], JAGURS [41], NEOWAVE [42] ve STOC-CADMAS/SURF [43] bulunmaktadır. 2011 afetinin ardından sayısal modellerin performanslarını arttırmak için, daha hassas verilerin elde edilmesine ve kullanılmasına başlanmıştır. LIDAR ve/veya uydu fotoğrafları kullanılarak verilerin elde edildiği çeşitli yöntemler ile yüksek çözünürlüklü topoğrafik ve bina verileri oluşturulmakta ve bu veriler benzetim çalışmalarında kullanılarak daha ayrıntılı çözümler ortaya konulmaktadır. Japonya'da 2011 afeti sonrasında yüksek hesaplama kapasitesine sahip sistemler kullanılarak, gerçek zamanlı tsunami benzetimi yapılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalar sonucunda 10 dakikadan az zamanda gerçek zamanlı uyarı verilmesi hedeflenmektedir [21]. Tsunami erken uyarı sistemi ile ilgili ülkemizdeki çalışmalar Bölüm 2.4'te ayrıca tartışılacaktır.

2.2.2.2. Diğer Çalışmalar

2011 Tsunami sırasında verilen uyarı depremin boyutlarını yukarıda ifade edilen teknik sebepler nedeniyle tam olarak ortaya koyamamıştır. 2011 afeti sırasında uyarıların yanlış veriler içermesi (*depremin büyüklüğü, tsunami yüksekliği gibi*), insanları yanlış yönlendirerek kayıpların sayısını arttırmıştır [14]. Yanlış tahminlerin yıkıcı etkisinin önüne geçmek için, Japon Meteoroloji Ajansı'nın 2011 afeti sonrasında planladığı gelişmeleri içeren çalışmada ilk üç dakika içerisinde verilmesi beklenen erken uyarının en kötü duruma göre verilmesi gerekliliği belirtilmiştir [44].

2011 afeti sırasında insanlar erken uyarının ardından yüksek yerlere doğru hareket etmeye çalışırken, karşılaşılan en önemli sorunlardan bir tanesi de, tsunaminin muhtemel yüksekliğinin bilinmemesi sebebiyle, çıkılan yüksek yerlerin yeterince yüksek olmamasıdır. Bu sebeple düz bir plato üzerine kurulu Sendai şehrinde çok sayıda insanın hayatını kaybettiği bilinmektedir. Erken uyarı sistemi ile ilgili yapılan güncelleme çalışmaları haricinde, 2011 afeti ile belirlenen tsunami baskın alanları, afetin ardından güncellenen uyarı levhaları ile hemen her yerde 2011 tsunamisinin baskın alanının ulaştığı yükseklikler belirtilerek insanların bilgisine sunulmuştur (Fotoğraf 15). Bu sayede afet durumunda insanların kaçmaları gereken yükseklikler belirtilmiştir.

2.3. Farkındalık Oluşturma Çalışmaları

Okal [4] tsunami araştırmacıları ve yerel otoriteler için en zorlu görevi, kıyı bölgelerinde yaşayan ve ciddi risk altında olan insanlara, kıyı afetlerine ve özellikle tsunamiye yönelik farkındalık kazandırmak olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte, Madran [45] yapıları

kentlerin yaşamındaki önemli olayların en somut belgeleri olarak tanımlamakta ve bir yapının geçirdiği değişikliklerin kent belleğinin sürekliliğini sağladığını belirtmektedir. Afetin beş yıl sonrasında yapılan saha araştırmaları süresince farkındalık oluşturma, afetle birlikte yaşama ile kent belleğinin yaratılması ve sürekliliğinin sağlanması konularında gözlemler yapılmıştır. Saha araştırmaları boyunca ziyaret edilen istisnasız bütün şehirlerde yukarıda ifade edilen amaçlara hizmet edecek şekilde bilinçli olarak yerinde bırakılmış hasarlı binalar ve/veya semboller; afet esnasında çekilen fotoğrafların kronolojik bir şekilde sunulduğu ve afet sonrasında enkazdan toplanan cisimlerin sunulduğu küçüklü/büyükü birçok müzeler veya sergiler; yeniden yapım süreçlerinin ayrıntılı olarak anlatıldığı alanlar yaratıldığı görülmüştür. Böylelikle bölgede yaşayan insanlar tarafından geçmişte kalan afetlerin unutulmaması, afetlerle birlikte yaşamının öğrenilmesi ve gelecek nesillere yaşanan bu afetin boyutlarının çarpıcı bir şekilde aktarılmasının sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Bunlara bir örnek tsunami afeti sırasında ağır hasar almış olan Otsuchi Belediye Başkanlığı binasıdır (Fotoğraf 13). Ağır hasar almış ve kullanılamaz halde olan betonarme bina yıkılmayarak müze haline getirilecek ve böylece yaşanan afetin gelecek nesiller tarafından da hatırlanması sağlanacaktır.



Fotoğraf 15. 2011 Tsunamisi Baskın Derinliği İşareti, Kamaishi (Tarih: Haziran, 2016)

Hasarlı yapıların ve bazı sembollerin yerinde bırakılarak farkındalık yaratılmaya çalışılmasının en çarpıcı örneklerinden biri Rikuzentakata'da yer almaktadır. 2011 tsunamisinde neredeyse tamamen yok olan şehrin kıyı şeridi boyunca yer alan çam ormanından geriye sadece bir ağaç kalabilmiştir. Bu çam ağacı deniz suyuna maruz kaldığı için ölmüş olsa da, çevresindeki betonarme binalar bile ağır hasar alarak yer değiştiren yerinde sabit kalması, ağacın bölge halkı için sembol haline gelmesini sağlamıştır. “Mucize Çam Ağacı” olarak isimlendirilen ağaç koruma altına alınarak bir anıt haline getirilmiştir. Fotoğraf 16a'da verilen Mucize Çam Ağacı'nın 500 metre kadar ilerisinde, afetten etkilenerek ağır hasar almış bir betonarme bina yine sembolik olarak yerinde bırakılmıştır (Fotoğraf 16b). Benzeri biçimde, afetin boyutlarının hatırlanabilmesi ve sürekli hazır olunabilmesinin sağlanması amacıyla Minamisanriku'da tamamen kullanılmaz hale gelen yerel yönetim binası (Fotoğraf 11) yerinde bırakılmıştır.



(a) Mucize Çam Ağacı



(b) Enkazı Yerde Bırakılan Betonarme Bina

Fotoğraf 16. Rikuzentakata (Tarih: Ekim, 2016)

Yaklaşık 20000 kişinin hayatını kaybettiği bu afet sırasında birçok trajedi de yaşanmıştır. Bu trajedilerden belki de en çarpıcı olanı Ishinomaki şehri yakınlarında yer alan Okawa İlköğretim Okulu'nda gerçekleşmiştir. Kitakami Nehri'ne yaklaşık 500 metre uzaklıkta olan bu okulda, nehrin de etkisiyle yükselen su seviyesi 74 öğrenci ile 10 öğretmen ve hizmetlinin ölümüne yol açmıştır. Japon Meteoroloji Ajansı tarafından verilen tsunami uyarısına rağmen, tahliye için yeterli süre varken boşaltılmayan bu okul Japonya'da ulusal düzeyde bir travma yaratmış, yerel yönetim bu olaydan dolayı ölen öğrencilerin aileleri tarafından sorumlu tutulup dava açılmış, Ekim 2016'da yapılan saha araştırması sırasında sonuçlanan davada yerel yönetim suçlu bulunmuştur. Japonya'da her birimdeki personele ayrıntılı acil durum ve afet eğitimi verilmesinin gerekliliğinin sembolü haline gelen Okawa İlköğretim Okulu da yerinde bırakılmış, okulun bahçesine de hayatını kaybeden öğrenciler anısına bir anıt inşa edilmiştir (Fotoğraf 17).

Afet bölgesinde bilinçli olarak bırakılan enkazın ve sembollerin dışında birçok müze, sergi ve anıt da ziyaret edilmiştir. Gidilen istinasız bütün şehirlerde değişik ölçeklerde yer alan bu müze ve sergilerde, o şehirde afet sırasında yaşanan olaylar fotoğraflar ve videolar ile gösterilmekte, enkazdan toplanan bazı eşyalar sergilenmektedir. Japon toplumunun afet farkındalığı yaratmak adına gösterdiği direncin belki de en çarpıcı örneklerine, su seviyesinin 18 metreye ulaştığı Onagawa şehrinde rastlanmıştır. Bu örneklerden ilki, çevresine göre yüksekte bulunan ve ilk katı su altında kalan hastanede gözlemlenmiştir. Bölgedeki birçok büyük ölçekli müze ve serginin yanı sıra, halen faaliyette olan şehir hastanesinin belli bir bölümü afet ile ilgili Onagawa şehrine dair kapsamlı bir sergiye çevrilmiştir. İkinci örnek ise Onagawa şehrinde bulunan bir kafede, kahve servis edilen bardakların üzerinde "11 Mart 2011'i Asla Unutma!" ifadesi ile şekil bulmuştur. Japon toplumunun afetlere karşı mücadelesinde yılmadığını gösteren bir başka örnek ise Rikuzentakata'da yer alan ve yeniden yapım çalışmalarının anlatıldığı sergide, afet sırasında yaşanan bazı olayların sunumunda yazılan "Asla Vazgeçmeyeceğiz!" mesajları ile somutlaştırabilir. Afetin en etkili olduğu

Sendai şehrinde yer alan “Büyük Doğu Depremi Anıtı” da yine benzeri bir algıyla tasarlanmıştır. Fotoğraf 18’de verilen bu anıtın siyah kısmı afeti yenmeyi vasiyet eden kayıpları bir çekirdek şeklinde tasvir ederken, beyaz kısmı ise bu çekirdekten filizlenen çiçeği sembolize etmektedir.



Fotoğraf 17. Okawa İlköğretim Okulu (Tarih: Ekim, 2016)



Fotoğraf 18. Büyük Doğu Depremi Anıtı, Sendai (Tarih: Ekim, 2016)

Yukarıda verilen örneklerden açıkça anlaşılabilceği gibi, Japon toplumunun afet farkındalığı yaratmak, afetlerle birlikte yaşamak ve afetlerle mücadele etmek konusunda bir bütün olarak çok duyarlı ve dirençli olduğu gözlemlenmiştir. Bu yönelim, Japonlara özgü bir el sanatı olan “kintsugi” sanatını akıllara getirmektedir. Bu el sanatında, parçalanmış “değerli” cisimler, erimiş altın yardımıyla birleştirilerek yeniden bir bütün haline getirilmektedir. Japon toplumunun algısı, bu sanatta olduğu gibi, yıkılan-hasar almış şehirleri tekrar baştan inşa ederken geçmiş afetlerden birçok kalıntıyı ortada bırakmak, birçok müze ve sergi ile afetleri hafızalarda canlı tutmak, bu sayede gelecekteki afetlere hazırlıklı olmak ve afetler ile birlikte yaşayabilmek olarak şekillenmiştir. Bununla birlikte, kent belleği de etkili bir şekilde oluşturulabilmiştir. Bu noktada, Japon toplumunun afet algısı ile kintsugi sanatı arasında bir analogi kurmak mümkün olmaktadır.

2.4. Türkiye’deki Durum

Türkiye’de afet yönetimi ile ilgili belirgin çalışmaların tarihi çok eskiye dayanmasa da, Osmanlı Dönemi’nden başlayarak çeşitli girişimler olmuştur. Kuzucu [46] tarafından ortaya koyulan çalışmaya göre, 1892 yılında Heyet-i Tahlisiye isimli bir arama-kurtarma örgütü kurulmuş, başta İstanbul olmak üzere yaşanan büyük yangınların ardından arama-kurtarma-ilk yardım çalışmalarını bu örgütün yürütmesi planlanmıştır. Fakat, o dönemdeki savaş koşulları sebebiyle, bu örgütün devletten destek alması sağlanamamış ve aktif bir faaliyette bulunamamıştır. Türkiye’deki afet yönetimi çalışmaları 1999 İzmit Depremi’nin ardından yoğunluk kazanmış, 2009 tarihinde ise afet yönetimi üzerine çalışan kurumlar birleştirilerek Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) altında toplanmıştır. Afet yönetiminin tek elde toplanması, alınacak önlemler ve önlemlerin hayata geçirilmesi açılarından büyük önem taşımaktadır.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), 2005 yılında UNESCO-Hükümetlerarası Oşinografik Komisyonu’nun bir alt organı olarak kurulan “Kuzey-Doğu Atlantik, Akdeniz ve Bağlantılı Denizler için Tsunami Erken Uyarı ve Zararları Hafifletme Sistemi Hükümetlerarası Eşgüdüm Grubu (ICG/NEAMTWS)” çalışmalarına en başından itibaren aktif olarak katılmıştır ve bu kapsamda hizmet vermek üzere kurulan Bölgesel Deprem ve Tsunami İzleme Merkezi çalışmalarına 2009 yılından itibaren diğer ulusal kurum ve kuruluşların da önemli katkıları ile devam etmektedir. 1 Temmuz 2012 tarihinde deklare ettiği Tsunami Aday Gözlem Sağlayıcı görevini başarı ile ifşa eden KRDAE, 26 Ekim 2016 tarihinde Bükreş’te gerçekleştirilen 13. ICG/NEAMTWS oturumunda akredite olarak Tsunami Gözlem Sağlayıcısı statüsüne ulaşmıştır. Gözlem alanı içerisinde yer alan depremlerden moment magnitüdü 5.5 ve üzeri olan depremlerin tsunami potansiyellerine göre değerlendiren KRDAE, değerlendirmeler sonucu gerekmesi durumunda üye ülkelere tsunami uyarı mesajları göndermekte ve su seviyesi gözlemleri yaparak tsunaminin gerçekleşip gerçekleşmediğini takip etmektedir.

Türkiye’de yapı tasarımında kullanılan şartnamelerin hiçbirinde tsunami ile ilgili yükler göz önüne alınmamaktadır. Türkiye kıyılarında gerçekleşebilecek tsunamilerin, kıyı içerisinde ilerlemelerinin çok etkin olamayacağını, birçok çalışmada görülmesi sebebiyle bina tasarım şartnamelerinde tsunami yüklerine yer verilmesine gerek olmadığı düşünülmektedir. Hâlbuki Türkiye kıyılarının hemen hepsi tarih boyunca tsunami etkisi altında kalmıştır. Bu sebeple, sanılanın aksine kıyı yapılarının tasarımında tsunami etkisinin göz önüne alınması oldukça gereklidir. Özellikle koruduğu alan itibarıyla, yıkılması veya hasar alması durumunda ciddi can ve mal kaybına yol açacak kıyı yapılarının da tsunami etkisi altındaki performanslarının incelenmesi, muhtemel bir afet durumu için önem taşımaktadır. Örneğin, tsunami etkisi altındaki performansı değerlendirilen Haydarpaşa Dalgakıranı’nın, muhtemel bir tsunami etkisi altında kronman duvarının kayması suretiyle yıkılacağı Japonya’da yapılan deneysel çalışmalar yardımıyla ortaya konmuştur [19].

Afet farkındalığı, afetler ile birlikte yaşamak ve kent belleğinin devamlılığının sağlanması konularında ise Türkiye ve Japonya arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen, ODTÜ ve Boğaziçi Üniversitesi’nin de içinde bulunduğu 16 ülkeden 26 katılımcı kurumun ortaklaşa gerçekleştirdiği “Avrupa için Tsunamilere Karşı Araştırma, Strateji, Saptama ve Risk Azaltma Projesi (ASTARTE)” (<http://www.astarte-project.eu>) kapsamında geçmiş tsunamilerin etkilediği Güllük Körfezi’ndeki çeşitli yerleşim alanlarında (Güllük, Güvercinlik, Yalıkavak) tsunami

farkındalık anketleri uygulanmıştır [47]. Bu anketin sonuçlarına göre, ender görülen doğal afetlerden olması nedeniyle tsunamiler ve kıyı alanlarına etkileri hakkında çok düşük bir farkındalık olduğu ortaya çıkmış, tsunami farkındalığının artırılabilmesi için eğitim verilmesi gerekliliği ortaya konmuştur. Bu amaç doğrultusunda 1999 İzmit Depremi'nden 1 yıl sonra hizmete başlamış olan KRDAE bünyesindeki Afete Hazırlık Eğitim Birimi (AHEP), özellikle ilk ve orta öğrenim seviyesindeki öğrenciler olmak üzere çeşitli bakanlıklar, sivil toplum örgütleri ve yerel yönetimler ile yapılan protokoller aracılığıyla çok çeşitli kesimlere afet eğitimi vermektedir. Dört ana eğitim programı uygulanan AHEP'te başlıca temel afet bilinci, yapısal olmayan tehlikelerin azaltılması, depreme karşı yapısal bilinç ve sivil savunma görevleri konularında eğitimler verilmektedir. MarDiM projesi kapsamında da AHEP tarafından tsunami bilgilendirme el kitabı ve ayrıca çocuklar için deprem ve tsunami videosu hazırlanmıştır (<https://www.youtube.com/watch?v=OJtmO737jFw>). Afet farkındalığı yaratmak ile ilgili olarak Japonya'da kullanılan diğer yöntemlerden olan müzeler ve sergiler, aynı yaygınlıkta olmasa da ülkemizde de bulunmaktadır. Deprem ile ilgili olarak Sakarya, Bolu, İzmir ve Kandilli'de müze veya sergiler özellikle 1999 İzmit Depremi sonrasında açılmıştır. Bu müzelerin ve sergilerin içeriklerinin geliştirilmesi, sayılarının artırılması, bilinirliklerinin özellikle medya yoluyla artırılması önem taşımaktadır. Depremlere ek olarak, tsunaminin de ülkemiz için önemli bir tehdit olduğu göz önüne alınmalı, 1999 İzmit Depremi'nin tetiklediği sualtı toprak kaymasının yol açtığı tsunaminin özellikle Gölcük'te yarattığı yıkım [48, 49] unutulmayarak tsunami farkındalığı yaratılması konusunda yapılan çalışmaların genişletilmesi gerekmektedir.

3. SONUÇLAR

Mevcut çalışmada, 2011 Büyük Doğu Japonya Tsunamisi'nin ardından bu afetin etkilediği Tohoku bölgesine, MarDiM projesi kapsamında Haziran 2016 ve Ekim 2016 tarihlerinde yapılan iki ayrı saha araştırma gezisinde afetin beş yıl sonrasında bölgedeki gelişmelere ilişkin gözlemler; afeti ve afet sonrasını inceleyen birçok yayının taranmasıyla elde edilen bilgiler ile harmanlanarak sunulmuştur. Yapılan gözlem ve incelemelere göre varılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde ifade edilmektedir:

1. 2011 Tsunamisi ile Japon araştırmacıların ve hükümetinin afet ile ilgili algısı değişmiş, “afetlerin etkilerinin tamamen ortadan kaldırılması” düşüncesinin yerini “afetlerle birlikte yaşamak için gerekli önemlerin alınması” algısı almıştır.
2. Değişen afet algısına göre, yapısal ve yapısal olmayan çözümler birlikte planlanmış, projelendirilmiş ve uygulamaya geçirilerek büyük oranda tamamlanmıştır.
3. 2011 Tsunamisi ile birlikte, afet eğitim çalışmalarına ağırlık verilmiş; tsunamiye karşı farkındalık yaratmak için afetten etkilenen birçok yapı ve simge yerinde bırakılmış, müzeler ve sergiler ile afetin etkilerinin gelecek kuşağa yansıtılması amaçlanmıştır. Afet farkındalığı yaratmak ile ilgili Japon halkının duyarlılığı ve direnci, oturduğu düşünsel zemin bakımından Japonlara özgü bir sanat olan “kintsugi” ile büyük benzerlikler içermektedir. Nesnenin parçalanmamış hali bir bütün olarak güzel/işlevsel olsa da, birleştirildikten sonra ortaya çıkan ürün de parçalanmanın izlerini de taşıyarak yeni bir bütünlük, güzellik/işlevsellik ortaya çıkarmaktadır. Japonya'da afetin beş yıl sonrasında yapılan gözlemler kintsugi sanatı ile bir analogi şeklinde düşünülebilir. Yeniden yapılan şehirler yeni bir

güzellik/işlevsellik oluştururken; müzeler, sergiler, sembol olarak kullanılan enkaz ve anıtlar da afet farkındalığı, afetle birlikte yaşamak ve kent belleğinin sürekliliğinin sağlanması noktasında bir bütünlük oluşturmuştur.

4. Türkiye ile yapılan karşılaştırmalarda, afet yönetimi ile ilgili bütünlük yaklaşımı, erken uyarı merkezi, afet eğitimi gibi bazı önemli çalışmaların yapılmasına rağmen yapısal çözümler noktasındaki yeterliliğin ve afet eğitiminin yaygınlığının sorgulanması gerektiği görülmüştür. Bununla birlikte, afetlere dair çalışmaların tasarım şartnamelerine de yansıtılması için çalışmalar yapılması gerekliliği belirtilmiştir.
5. Türkiye’de afet farkındalığı ve afetlerle ilgili kent belleğinin yaratılması adına bazı şehirlerdeki deprem müzelerine rağmen halen bu konuda ciddi bir eksiklik olduğu görülmektedir. Bu eksiklik, afetlere hazırlıklı bir toplum yaratmanın önündeki en büyük engeldir.
6. Dördüncü ve beşinci maddelerde ifade edilen eksiklikler ancak Japonya örneğinde olduğu gibi katmanlı, bütünlük bir afet yönetimi algısıyla giderilebilir. Özellikle afet farkındalığı yaratmak ve afet eğitimi planlamak konularında mevcut çalışmada ortaya konulan gözlemlerin sadece tsunami özelinde değil, diğer afet türleri için de değerlendirilerek hayata geçirilmesiyle “afetler ile birlikte yaşamak” için bir adım atılabilecektir. Aksi takdirde 1999 İzmit Depremi ve Tsunamisinde olduğu gibi ciddi can ve mal kaybının önüne geçmek mümkün olmayacaktır.
7. Bu çalışmayı oluşturan saha araştırmaları, geniş bilimsel yazın taraması, yapısal ve yapısal olmayan çözümler tsunami afetine odaklanarak yapılmıştır. Öte yandan sosyal etkiler ile ilgili özellikle saha araştırmalarında yapılan gözlemler, esasen diğer afetlere karşı alınacak önlemlerde sosyal etkilere verilmesi gereken önemi ortaya koymaktadır. Bu noktadan bakıldığında, sosyal etkiler ile ilgili çözümlerin sadece deprem ve tsunamiler için değil, diğer doğal afetler için de göz önüne alınması gerekmektedir.

Teşekkür

Yazarlar proje kapsamında gerçekleştirilen saha araştırma gezilerini destekleyen MarDiM projesi ve Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı’na (JICA); saha araştırma gezileri sırasında çeşitli müzelerin, limanların ve önemli noktaların ziyaret edilmesi için gerekli izinleri veren, ihtiyaç duyulan teknik desteği sağlayan Miyagi ve Iwate İl yetkililerine ve Japonya Şehircilik, Altyapı, Ulaşım ve Turizm Bakanlığı’nın Tohoku Bölge Ofisi’ne bağlı Kamaishi Liman Ofisi’ne; saha araştırmalarına katılan Chuo Üniversitesi lisans öğrencileri Hirano Hiroaki, Endo Masoto, Kawai Koki, Suzuki Kohei ve Shota Takagawa’ya gösterdikleri işbirliği için; son olarak çalışmanın değerlendirme aşamasında yazım ile ilgili önerilerinden dolayı ODTÜ İnşaat Mühendisliği yüksek lisans öğrencilerinden Gizem Ezgi Çınar’a teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Suppasri, A., Shuto, N., Imamura, F., Koshimura, S., Mas, E., Yalçiner, A. C., Lessons Learned From the 2011 GEJE: Perf. of Tsunami Countermeasures, Coast. Build. and Tsunami Evacuation in Japan. *Pure and App. Geophysics*, 170 (6-8), 993-1018, 2013.
- [2] Mori, N., Takahashi, T., Tohoku EQ Tsunami J. Survey Group, Nationwide Post Event Survey and Anal. of the 2011 Tohoku EQ Tsunami, *CEJ*, 52(1), 1250001, 2012.
- [3] Mori, N., Takahashi, T., Yasuda, T., Yanagisawa, H., Survey of 2011 Tohoku EQ Tsunami Inundation and Run-up. *Geo. Phy. Res. Let.*, Vol. 38, L00G14, 2011.
- [4] Okal, E. A., The Quest for Wisdom: Lessons from 17 Tsunamis, 2004-2014. *Phil. Trans. R. Soc. A.*, 373:20140370, 2015.
- [5] Suppasri, A., Koshimura, S., Imai, K., Mas, E., Gokon, H., Muhari, A., Imamura, F., Dam. Charac. and Field Sur. of the 2011 GEJE in Miyagi. *CEJ*, 52(1), 1250005, 2012a.
- [6] Suppasri, A., Mas, E., Koshimura, S., Imai, K., Harada, K., Imamura, F., Developing Tsunami Fragility Curves from the Surveyed Data of the 2011 Great East Japan Tsunami in Sendai and Ishinomaki Plains. *CEJ*, 52(1), 1250008, 2012b.
- [7] Gokon, H., Koshimura, S., Mapping of Building Damage of the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami in Miyagi Prefecture. *CEJ*, 54(1), 1250006, 2012.
- [8] Kakinuma, T., Tsujimoto, G., Yasuda, T., Tamada, T., Trace Survey Results of the 2011 Tohoku EQ Tsunami in the North of Miyagi Prefecture and Numerical Simulation of Bidirectional Tsunamis in Utatsusaki Peninsula. *CEJ*.54(1), 1250007, 2012.
- [9] Mikami, T., Shibayama, T., Esteban, M., Matsumaru, R., Field Survey of the 2011 Tohoku EQ and Tsunami in Miyagi and Fukushima Pref. *CEJ*.54(1), 1250011, 2012.
- [10] Ogasawara, T., Matsubayashi, Y., Sakai, S., Yasuda, T., Charac. of 2011 Tohoku EQ and Tsunami and its Impact on the Northern Iwate Coast. *CEJ*. 52(1), 1250003, 2012
- [11] Shimozono, T., Sato, S., Okayasu, A., Tajima, Y., Fritz, H. M., Liu, H., Takagawa, T., Propagation and Inundation Characteristics of the 2011 Tohoku Tsunami on the Central Sanriku Coast. *CEJ*. 52(1), 1250004, 2012.
- [12] Watanabe, Y., Mitobe, Y., Saruwatari, A., Yamada, T., Niida, Y., Evolution of the 2011 Tohoku EQ Tsunami of the Pacific Coast of Hokkaido. *CEJ*. 52(1), 1250002, 2012.
- [13] Sasaki, J., Ito, K., Suzuki, T., Wiyono, R. U. A., Oda, Y., Takayama, Y., Yokota, K., Furuta, A., Takagi, H., Behavior of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami and Resultant Damage in Tokyo Bay. *CEJ*.52(1), 1250012, 2012.
- [14] JMA (Japan Meteorological Agency), Lessons Learned from the Tsunami Disaster Caused by the 2011 Great East Japan Earthquake and Improvements in JMA's Tsunami Warning System. JMA, Tokyo, Japan, 2013.
- [15] Raby, A., Macabuag, J., Pomonis, A., Wilkinson, S., Rossetto, T., Implications of the 2011 GEJE on Sea Def. Design. *Int. J. Disaster Risk Reduction*. Vol. 14, 332-346, 2015.

- [16] Takahashi, S., Three Level Disaster Management for Resilient Coastal Communities. Int. Conf. Coast. Eng., Türkiye, 2016.
- [17] Yalçiner, A. C., Özer, C., Zaytsev, A., Suppasri, A., Mas, E., Kalligeris, N., Necmioğlu, Ö., Imamura, F., Özel, N. M., Synolakis, C., Field Survey on the Coastal Impacts of March, 11, 2011 GEJE. AGU Fall Meeting, San Francisco USA, 2011.
- [18] Synolakis, C., Kanoğlu, U., The Fukushima Accident Was Preventable. Phil. Trans. R. Soc. A. 373: 20140379, 2015.
- [19] Guler, H. G., Arikawa, T., Oei, T., Yalciner, A. C., Performance of Rubble Mound Breakwaters under Tsunami Attack, A Case Study: Haydarpaşa Port, Istanbul, Turkey. Coastal Engineering, Vol. 104, 43-53, 2015.
- [20] JSCE (Japan Society of Civil Engineers), Standard Specifications for Concrete Structures, Technical Standards, Japan, 2002.
- [21] Suppasri, A., Latcharote, P., Bricker, J. D., Leelawat, N., Hayashi, A., Yamashita, K., Makinoshima, F., Roeber, V., Imamura, F., Improvement of Tsunami Countermeasures Based on Lessons from The 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami – Situation After Five Years. CEJ. (58), 4, 2016.
- [22] Chock, G., Yu, G., Thio, H. K., Lynett, P. J., Target Structural Reliability Analysis for Tsunami Hydrodynamic Loads of the ASCE 7 Standard. ASCE Journal of Structural Engineering. 142(11):04016092, 2016.
- [23] Yalciner, A.C., Alpar, B., Altinok, Y., Ozbay, I., Imamura, F., Tsunamis in the Sea of Marmara – Historical Documents for the Past, Models for the Future. Marine Geology, 190 (1-2), 445-463, 2002.
- [24] Yalçiner, A. C., Kuran, U., Minoura, K., Imamura, F., Takahashi, T., Papadopoulos, G., Ersoy, Ş., Türkiye Kıyılarında Depreşim Dalgası (Tsunami) İzleri. Türkiye Mühendislik Haberleri (430), 50/2005-4, 2005a.
- [25] Yalçiner, A. C., Özer, C., Karakuş, H., Zaytsev, A., Güler, I., Evaluation of Coastal Risk at Selected Sites against Eastern Mediterranean Tsunamis. Int. Conf. On Coast. Eng. Proceed., China, 2010.
- [26] Altinok, Y., Alpar, B., Ozer, N., Aykurt, H., Rev. of the Tsunami Catalogue Affecting Turkish Coasts and Surrounding Regions, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 11, 273–291, 2011.
- [27] Hebert, H., Schindele, F., Altinok, Y., Alpar, B., Gazioğlu, C., Tsunami Hazard in the Marmara Sea (Turkey): A Numerical Approach to Discuss Active Faulting and Impact on the Istanbul Coastal Areas. Marine Geology 2015, 23-43, 2005.
- [28] Latcharote, P., Suppasri, A., Imamura, F., Aytöre, B., Yalçiner, A. C., Possible Worst-Case Tsunami Scenarios around the Marmara Sea from Combined Earthquake and Landslide Sources. Pure and Applied Geophysics, 173: 3823, 2016.
- [29] Yalçiner, A. C., Pelinovsky, E., Zaitsev, A., Kurkin, A., Özer, C., Karakuş, H., Özyurt, G., Modeling and Visualization of Tsunamis: Mediterranean Examples. Tsunami and Nonlinear Waves, Ed.: Anjan Kundu, Springer, 2007.

- [30] Yalçiner, A. C., Özyurt, G., Özer, C., Karakuş, H., Şafak, I., 26 Aralık 2004 Hint Okyanusu Depreşim Dalgasının Benzetimi. *Türkiye Müh. Haberleri* (430), 2005b.
- [31] Synolakis, C., *The History of Real-Time Tsunami Warnings*, Int. Conf. Coast. Eng., Türkiye, 2016.
- [32] IAEA (International Atomic Energy Agency), Fukushima Daiichi Status Updates Website, <https://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/status-update>, 2017.
- [33] Arikawa, T., Sato, M., Shimosako, K., Hasegawa, I., Yeom, G.S., Tomita, T., Failure Mechanism of Kamaishi Breakwaters due to the Great East Japan Earthquake Tsunami. *Int. Conf. on Coast. Eng. Proceed.*, Spain, 2012.
- [34] Özer Sözdinler, C., Yalçiner, A. C., Zaytsev, A., Suppasri, A., Imamura, F., Investigation of Hydrodynamic Parameters and the Effects of Breakwaters during the 2011. *Pure and Applied Geophysics*, 172.12:3473-3491, 2015.
- [35] Suppasri, A., Charvet, I., Macabuag, J., Rossetto, T., Leelawat, N., Latcharote, P., Imamura, F., Building Damage Assessment and Implications for Future Tsunami Fragility Estimations. *Handbook of Coast. Dis. Mit. Eng. and Planners*, ed.: Esteban, M., Takagi, H., Shibayama, T., Elsevier, USA, 2015.
- [36] Koshimura, S., Hayashi, S., Gokon, H., The Impact of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Disaster and Impl. to the Reconst. *Soils and Foundations*. 54-4, 560-572, 2014.
- [37] Imamura, F., Yalçiner, A. C., Özyurt, G., TUNAMI Manual. Tohoku Uni., Japan, 2006.
- [38] Titov, V., Kânoğlu, U., Synolakis, C., Development of MOST for Real-Time Tsunami Forecasting. *ASCE J. Water., Port, Coast., and Ocean Eng.* 142(6):03116004, 2016.
- [39] Liu, P. L. F., Cho, Y. S., Yoon, S. B., Seo, S. N., Numerical Simulations of the 1960 Chilean Tsunami Propagation and Inundation at Hilo, Hawaii. *Recent Dev. in Tsunami Res.*, ed.: M. I. El-Sabh, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1994.
- [40] Yalciner, A. C., Pelinovsky, E., Zaytsev, A., Kurkin, A., Özer, C., Karakuş, H., NAMIDANCE Manual. METU Ocean Eng. Research Center, Ankara, Turkey, 2006.
- [41] Baba, T., Takahashi, N., Kaneda, Y., Inazawa, Y., Kikkajin, M., Tsunami Inundation Modeling of the 2011 Tohoku Earthquake using Three-Dimensional Building data for Sendai, Miyagi Prefecture, Japan. *Tsunami Events and Lessons Learned: Ecological and Social Sig.*, ed.: Kontar, Y. A., Fandino, V. S., Takahashi, T., Springer, 2014.
- [42] Yamazaki, Y., Kowalik, Z., Cheung, K. F., Depth-Integrated, Non-Hydrostatic Model for Wave Breaking and Runup. *Int. J. Numer. Meth. Fluids* 61(5), 473–497, 2009.
- [43] Arikawa, T., Tomita, T. Development of High Precision Tsunami Runup Calculation Method Based on a Hierarchical Simulation, *J. Dis. Research*. Vol 11, 639-646, 2016
- [44] Ozaki, T., JMA's Tsunami Warning for the 2011 Great Tohoku Earthquake and Tsunami Warning Improvement Plan. *J. Disaster Res.*7(sp), 439–445, 2012.
- [45] Madran, E., Kent Belleğinin Oluşumunda Mimarlık Yapıtları. *Mimarlık*, 298, 2001.

- [46] Kuzucu, K., Osmanlı Döneminde Afet Yönetimine Dönük Bir Girişim: 1892 Tarihli Arama Kurtarma Örgütü: Heyet-i Tahlisiye. Uluslararası Türk Dünyası Eğitim Bil. Ve Sos. Bil. Kong. Bild., Ankara, 2016.
- [47] ASTARTE Ekibi, Report on Preparedness Skills, Resources and Attitudes within the Communities – Deliverable 9.7, ASTARTE Project Deliverables, 2017.
- [48] Altınok, Y., Tinti, S., Alpar, B., Yalciner, A. C., Ersoy, Ş., Bortolucci, Armigliato, A., The Tsunami of August 17, 1999 in Izmit Bay. Nat. Hazards, Vol. 24, 133-146, 2001.
- [49] Yalçiner, A.C., Synolakis, C.E., Alpar, B., Borrero, J., Altınok, Y., Imamura, F., Tinti, S., Ersoy, Ş., Kuran, U., Pamukçu, S., Kanoğlu, U., Field Surveys and Modeling of the 1999 İzmit Tsunami. ITS 2011 Proceed., Seattle, USA, 2001.

