



## Sanayi Yapılarındaki Yapısal Olmayan Elemanların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı

Alper BÜYÜKKARAGÖZ<sup>1,\*</sup>, Rıza CANTÜRK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06500, Yenimahalle/ANKARA

### Öz

Ülkemizdeki mevcut sanayi yapılarının bulunduğu ve nüfusun yoğun olduğu, gelişmişlik seviyesi yüksek olan bölgelerde deprem gerçekleşme riski oldukça fazladır. Depremler sırasında yapısal olmayan elemanlar (YOE), sanayi tesislerinde üretimin durması, işgücü kaybı, stok kaybı, makine ve teçhizatların işlevini kaybetmesi, tehlikeli maddelerin sızıntısı sonucu yangın ve patlamalar meydana gelmesi, yaralanma ve can kayıplarının oluşması gibi riskler meydana getirebilir. Deprem öncesinde alınabilecek önlemler sayesinde oluşabilecek tehlikeler büyük oranda azaltılabilir. Meydana gelen depremlerden elde edinilen deneyimler sonucunda oluşabilecek yapısal hasarlarla ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna rağmen yapısal olmayan elemanlarla ilgili araştırmaların sayısı oldukça azdır. Bu çalışmada yapısal olmayan elemanlar ele alınarak, deprem etkisinde oluşabilecek riskler ve alınabilecek tedbirlerden bahsedilmiştir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 20/01/2018  
Düzeltilme: 06/03/2018  
Kabul: 13/03/2018

### Anahtar Kelimeler

Sanayi yapıları  
Yapısal olmayan  
elemanlar  
Riskler  
Tedbirler

### Keywords

Industrial buildings  
Non-structural elements  
Risks  
Precautions

## The Behaviour of Non-Structural Elements Under Earthquake Effect in Industrial Buildings

### Abstract

In our country, the earthquake risk of is considerably high in intensively populated and industrialized regions with ongoing high industrial development levels. During earthquakes, non-structural elements (NSE) can cause various risks in industrial facilities such as cessation of production, loss of work force, loss of stock, loss of function of machinery and equipments, fire and explosion due to leaking of dangerous materials, occurrence of injuries and even deaths. Precautions that can be taken before an earthquake can greatly reduce those risks. Numerous studies analyzing the probable structural damages have been carried out with the experiences obtained from the previous earthquakes. However, the number of researches on non-structural elements are quite scarce. In this study, non-structural elements are evaluated, and the risks under an earthquake effect as well as the precautions to be taken are mentioned.

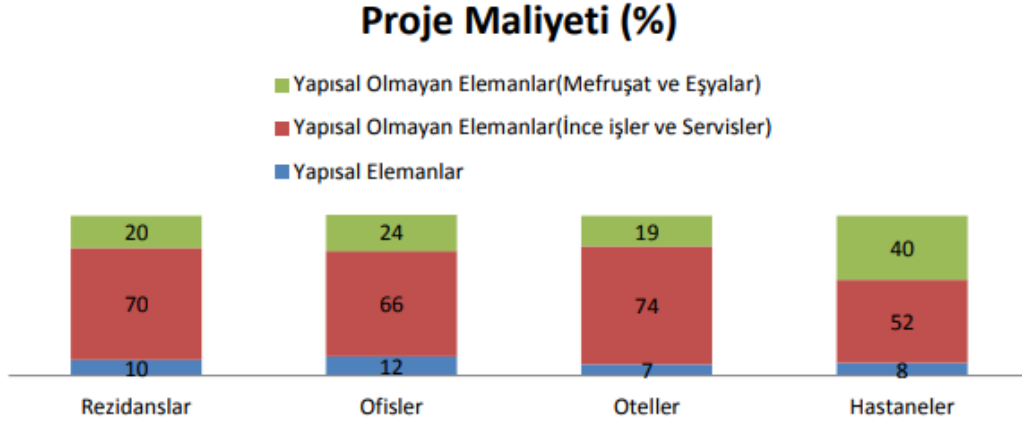
## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmı önemli deprem fayları üzerinde yer alır. Meydana gelmiş olan depremlerde büyük maddi hasarlar ve can kayıpları gerçekleşmiştir. Yapıların sadece yapısal olarak depreme dayanıklı olması oluşacak riskleri önleme konusunda yeterli değildir. Deprem esnasında yapılar depreme karşı ne kadar dayanıklı olursa olsun, yapısal olmayan elemanlardan dolayı gerçekleşebilecek riskler her zaman mevcuttur. 1999 Marmara Depremi'nde yapıların sadece %5'i tamamen yıkılırken çoğu orta ve büyük miktarda hasarlı olan yapılarda yapısal olmayan elemanlar ciddi yaralanma ve maddi kayıplara sebep olmuştur. 1999 Depremi'nde gerçekleşen maddi kayıpların %30'u yapısal olmayan elemanlardan dolayı oluşmuştur. Ayrıca yapısal olmayan hasarlar sanayi tesislerinin uzun süre kapalı kalmasına ve üretimin yapılamamasına neden olmuştur [1]. Yapısal olmayan hasarlar çok sayıda önlenemez yaralanma ve can kayıplarına yol açabilir. Üstelik deprem esnasında kaçış yollarının kapanmasına ve kurtarma operasyonlarının önlenmesine sebep olabilir. Depremler, sanayi tesislerinde makine-teçhizat, stok, üretim ve işgücü kayıplarına neden olarak büyük maddi hasarlara neden olabilir. Özellikle ülkemiz ekonomisinde önemli yerleri olan sanayi yapılarının deprem riski fazla olan bölgelerde konumlanması bu konuyu çok daha önemli hale getirmiştir.

\*Alper BÜYÜKKARAGÖZ, e-mail: karagoz@gazi.edu.tr

Yapısal olmayan elemanlarla ilgi daha önce sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır [2-6], ancak bu çalışmalarda sanayi yapıları üzerine yoğunlaşılınmamış ancak genel bir bakış açısı ile değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapısal olmayan elemanların, yapılardaki toplam maliyeti çeşitlilik göstermesine rağmen, sanayi tesislerinde bu oran oldukça yüksektir. Şekil 1’de yapısal olmayan sistemlerin yapı projesindeki toplam maliyetindeki payı yapı türlerine göre verilmiştir. [7]

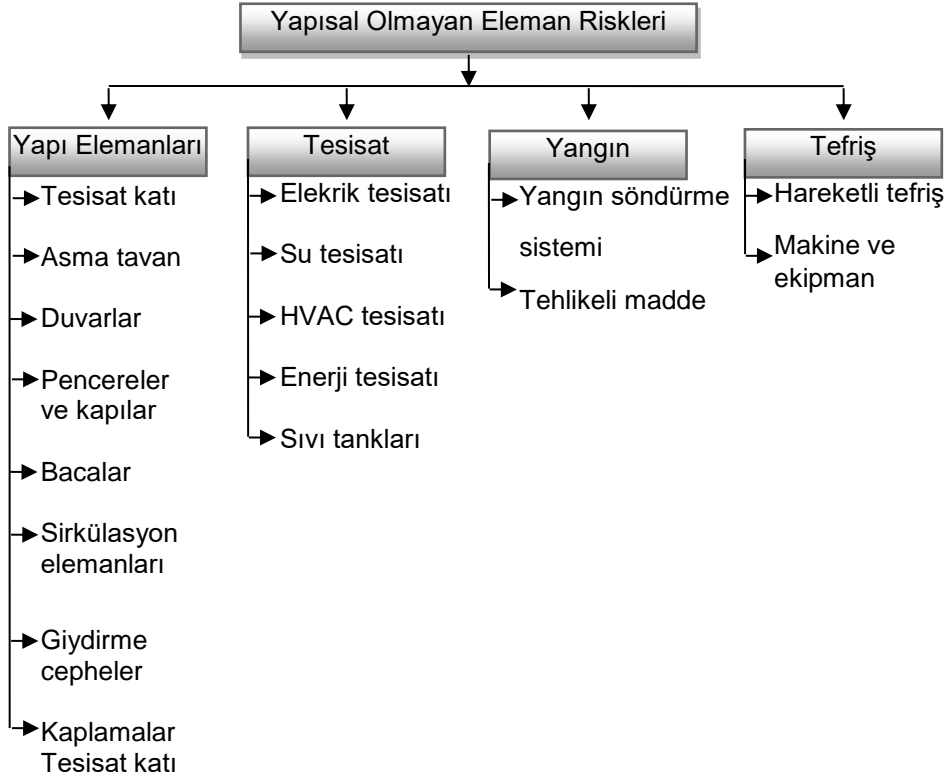


**Şekil 1.** Farklı türdeki binaların yapısal ve yapısal olmayan maliyet değerlendirilmesi

Depremlerde yapılar dinamik etkiler altında kalır, bu nedenle YOE’lar yer değiştirebilir, devrilebilir, yaralanmalar ve can kayıpları oluşabilir. YOE’ların neden olabileceği riskleri önlemede en etkili yöntem hareket edecekleri bölgelerden uygun yöntemler ve malzemeler kullanarak sabitlemektir. Bu önlemler elemanların konumlandırılmasını uygun olarak yapmak gibi basit tekniklerden birçok detay uygulaması olan yöntemlere kadar farklılık gösterir. Ülkemizde deprem nedeniyle oluşabilecek yapısal hasarların azaltılması ve uygulamaları ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Fakat yapısal olmayan riskler ve alınabilecek tedbirlerle ilgili yönetmelik, teknik şartname olmamasının yanında bunlarla ilgili yapılan çalışmalarda çok sınırlıdır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte sanayi yapılarında kullanılan YOE’ların sayısı artmaktadır. Bununla birlikte meydana gelen depremler YOE’ların tasarım ve uygulamalarındaki eksiklikleri ortaya çıkarmaktadır. Sanayi tesislerinde kullanılan bütün YOE’lar deprem etkisine karşı dayanıklı hale getirilmeli, uygun önlemler alınmalı, çeşitli yöntemler geliştirilmeli ve meydana gelebilecek kayıplar en aza indirilmelidir. YOE’lara karşı tedbirleri alınmış bir sanayi yapısı deprem sırasında çok daha kısa zamanda tahliye edilebilir, oluşabilecek can kayıpları azaltılabilir, hasarların onarım süresi daha kısa olacağından faaliyetine çok daha erken başlayabilir, üretim ve stok kaybı gerçekleşmez, meydana gelebilecek maddi kayıpların miktarı da aynı oranda azalır.

## 2. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN OLUŞTURDUĞU RİSKLER (RISKS CAUSED BY NON-STRUCTURAL ELEMENTS)

Binalarda kolon, kiriş, döşeme, temel gibi taşıyıcılık özellikleri olan elemanlar yapısal elemanlar olarak adlandırılır. Bunların dışında kalan, taşıyıcılık özellikleri bulunmayan asma tavan, makine-teçhizat, tefriş elemanı, tesisatlar gibi bileşenler yapısal olmayan elemanlardır. Teknolojik ve bilimsel gelişmelerle birlikte sayıları hızla artan ve birçok kullanım kolaylığı sağlayan YOE’lar deprem nedeniyle çeşitli riskler oluşturabilir. Sanayi yapılarında YOE’lar sismik etki ile yer değiştirebilir, yaralanma ve can kayıpları meydana getirebilir, kaçış yolları kapanabilir, tesislerin üretime hazır hale getirilmesi uzun süre alabilir, makine-teçhizatlar fonksiyonlarını yerine getiremeyebilir ve bir süre üretim gerçekleştirilemeyebilir, stok kayıpları oluşabilir ve bahsedilen sebeplerden dolayı büyük miktarlarda maddi kayıplar meydana gelebilir. YOE’ların neden olabileceği bu hasarlar ve kayıplar yapısal olmayan riskler olarak adlandırılır.



**Şekil 2.** Yapısal olmayan eleman risklerinin şematik olarak sınıflandırılması

Yapısal olmayan eleman riskleri Şekil 2’de şematik olarak sınıflandırılmıştır [9].

Bütün yapılar gerekli olan tesisat katı diğer katlara ulaşan su hatları, vana sistemleri, elektrik güç istasyonu vb. sistemlerden meydana gelir. Deprem etkisi nedeniyle tesisat katının herhangi bir bileşeninde oluşabilecek hasar bütün sistemin işlevini yerine getirememesine sebep olabilir. Sanayi tesislerinde meydana gelebilecek bu türden bir aksaklık üretim durmasına ve maddi kayıpların oluşmasına neden olur.

Duvarlar yapılarda taşıyıcılık özellikleri olmadan mimari yönden genelde kullanım alanlarını ayırmada kullanılan yapı elemanlarıdır. Deprem yükü etkisiyle duvarlarda parçasal veya bütünsel göçmeler meydana gelebilir. Hasar oluşan duvar yıkıntıları kaçış yollarını kapatarak deprem esnasında tahliyeyi önleyebilir (Şekil 3)



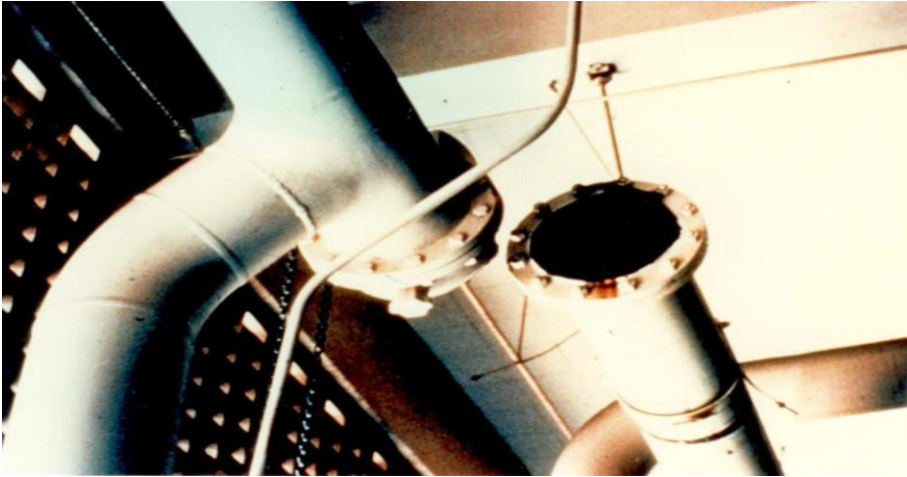
**Şekil 3.** Deprem sonrası devrilmiş bölme duvar

Teknolojik gelişmelerle birlikte sanayi yapılarında oldukça yaygın olarak kullanılan giydirme cephe uygulamaları, camlı bölümlerin deformasyonlara karşı oldukça hassas olmasından dolayı çeşitli tehlikeler barındırmaktadır. Ayrıca ofis iç mekanlarının daha aydınlık ve ferah olması amacı ile ofis bölümleri ve koridorlarda da bölme cam panel elemanları kullanılabilir. Tercih edilen camlar deprem etkisiyle kırılabilir, etrafındaki çalışanların yaralanmasına ve can kayıplarına sebep olabilir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Deprem esnasında yerinden çıkarak veya kırılarak düşmüş cam parçaları

Deprem esnasında tahliye valfleri, elektrik hatları, borular ve kanallarda çeşitli hasarlar oluşabilir. Bu sistemlerin herhangi bir parçasında meydana gelebilecek kopukluk bütün sistemin işlevini yerine getirememesine neden olabilir. Sanayi tesislerinde sürekli üretimin gerçekleştirildiği dikkate alınırca oluşabilecek üretim kaybı büyük miktarlarda maddi kayıplara neden olabilir (Şekil 5).



**Şekil 5.** Kelepçesiz ve zayıf bağlantı elemanları kullanılmış borular

Sanayi tesislerinde oldukça yaygın bir kullanım alanı olan sıvı, gaz tankları, boru hatları, kanallar ve çeşitli enerji hatları deprem esnasında çevreleri için çeşitli riskler meydana getirebilir. Yeterli ve uygun şekilde ankrajı yapılmayan tanklar sismik etki ile hareket edebilir, devrilebilir ve işlevini yerine getiremeyebilir. Yanıcı ve tehlikeli maddeler bulunduran tanklar ve boru hatlarında oluşan hasarlar sebebiyle sızıntılar gerçekleşmesi durumunda yangın tehlikesi meydana gelebilir. Büyük sanayi tesislerinde oluşabilecek bu türden bir yangın büyük miktarda can ve mal kayıplarına neden olabilir (Şekil 6).





**Şekil 6.** Yetersiz bağlantı elemanları sonucu devrilmiş tank

1999 Marmara Depremi sonrasında bazı tesislerde enerji hatlarında oluşan hasarlar ve yetersiz işgücü nedeniyle üretime bir süre ara verilmiştir. TÜPRAŞ'ta 115 milyon dolar, TÜVASAŞ'ta 80 milyon dolar ve PETKİM'de 6,5 milyon dolar tutarında hasar kayıt edilmiştir [8].

Sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılan ve depolama açısından son derece önemli olan yapısal elemanlardan biri de endüstriyel raf sistemleridir. Deprem esnasında bu elemanların ortamda serbest şekilde bulunması çeşitli tehlikeleri beraberinde getirebilir. Ahşap ve metal raflar buldukları yerlere uygun koşullarda sabitlenmezse sismik etkiler altında devrilebilir, raflardaki ürünler önemli ölçüde hasar görebilirler ve o esnada ortamda bulunan çalışanların kaçış yollarının kapanmasına sebep olabilir (Şekil 7).



**Şekil 7.** 1994 yılındaki Northridge Depremi'nde devrilmiş raflar ve kaçış yollarının kapanması

### 3. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARDA ALINABİLECEK ÖNLEMLER (PRECAUTIONS THAT CAN BE TAKEN AT NON-STRUCTURAL ELEMENTS)

Deprem esnasında sanayi tesisleri yerinde incelenerek, YOE'ların meydana getirebileceği riskler önceden belirlenerek tespit edilebilir. Deprem öncesinde gerçekleştirilecek böyle bir çalışma ve alınabilecek önlemler sayesinde, deprem sonrasında oluşabilecek kayıp ve hasarlar en aza indirilebilir. Gelişmiş ülkelerde deprem öncesinde yapılan bazı iyileştirmeler sayesinde, YOE'ların neden olacağı zararların büyük oranda azaltıldığı belirlenmiştir. YOE risklerinin azaltılmasında kullanılacak yöntemler elemanların türüne ve bulunulan yerin konumuna göre farklılık gösterir. Alınabilecek en basit önlem, elemanları konumlandırırken deprem etkisi ile devrildiğinde olası kaçış yollarını kapatmayacak, çevresindekilere zarar oluşturmayacak şekilde uygun bir yer belirlemesi yapmaktır. YOE'ların oluşturabileceği tehlikeleri azaltmada en yaygın kullanılan yöntem; elemanları en çok hareket ettikleri bölgelerinden sabitleyerek deprem esnasında bağımsız değil yapıyla bütün olarak çalışmasını sağlamak ve oluşturacakları yaralanma, can kaybı, maddi kayıp vb. risklerin en aza indirilmesini sağlamak olmalıdır.

Tesisat katında kullanılan bütün elemanların bağlantılarında esnek detaylar kullanılmalıdır. Özellikle dilatasyon derzi ve boru hatlarının bina ayrımlarında olan bölgelerde esnek bağlantı elemanları tercih edilmelidir. Uygulanacak olan bağlantı detayları gelebilecek sismik yükün büyüklüğüne, boru çapına, türüne ve buldukları çevre koşullarına göre farklılık gösterir ve bu kriterlere göre belirlenir. Ayrıca ağır, yüksek ve devrilme riski olan tesisatlarda üretici tarafından ürün katalogunda yer alan montaj detaylarına uyulmalıdır (Şekil 8).



**Şekil 8.** Dilatasyon derzinde uygulanmış örnek bir detay

Duvarda meydana gelebilecek göçmeleri önlemek amacıyla her iki yönden simetrik olacak şekilde kaplama malzemesi uygulanmalıdır. Duvarların üzerine çok ağır reklam, tanıtım tabelaları, makine vb. donanımlar yerleştirilerek oluşabilecek risklerin boyutunun artmasına neden olunmamalıdır. Duvarların konumlarına göre belirlenecek detaylara uygun taşıyıcı metal destekler oluşturulmalı ve sismik etkilere karşı güçlendirilmesi sağlanmalıdır (Şekil 9).



**Şekil 9.** Çeşitli profiller kullanılarak desteklenmiş duvar elemanı

Cam elemanların oluşturacakları yaralanma, can kaybı gibi riskleri ortadan kaldırmak amacıyla laminasyonlu, temperli veya güvenlik filmli camlar tercih edilmelidir. Bu sayede sismik etki nedeniyle camların kırılması önlenerek dağılmadan bir arada bulunması sağlanır. Ayrıca çıkış ve yürüyüş yolları üzerinde cam elemanların düşebileceği olası bölgeler işaretlenerek, oluşabilecek yaralanma ve can kayıplarını önlemek amacıyla bir peyzaj şeridi uygulanmalıdır. Cephe kaplamaları uygulanırken yüzeyde yeterli aderans sağlanmalı ve deprem etkisine karşı yeterli dayanımda olmaları sağlanmalıdır. Cam elemanlar tercih edilirken büyük boyutlar yerine daha küçük boyutlu parçaların kullanılması gerekli rijitliği ve dayanımı sağlayacağından, tercih edilmelidir (Şekil 10).



**Şekil 10.** Cam birleşim yerlerinde uygulanmış bağlantı elemanları

Sanayi tesislerinde bulunan enerji hatları, boru birleşimleri, tank bağlantı noktaları ve bütün tesisat elemanlarında esnek bağlantılar uygulanmalıdır. Kullanılan detaylar sismik etki nedeniyle oluşabilecek ötelenmeleri karşılayabilecek esneklikte olmalıdır. Bütün bu elemanların birleşimlerinde korozyona ve zamana bağlı oluşabilecek deformasyonlara karşı ilave tedbirler alınmalıdır (Şekil 11).





**Şekil 11.** Korozyona dayanıklı, esnek borular ve bağlantı elemanları

Sanayi tesislerinde kullanılan makine ve ekipmanlar titreşim izolatörü veya yerine göre belirlenecek bağlantı detayları kullanılarak ankrajlanmalıdır. Kullanılan tefriş elemanları ise genişlik, yükseklik ve ağırlıklarına göre belirlenecek bağlantı detaylarına uygun olarak sabitlenmelidir. Raflarda bulunan mamüllerin düşmesini önlemek amacıyla sanayi tesislerinde güvenlik ağıları kullanılmalıdır. Endüstriyel rafların taban, duvar ve tavan ankrajlarında sismik etkiyi karşılayabilecek yeterlikle bağlantı elemanları tercih edilmelidir. Dosya dolapları belirlenecek metal L profiller kullanılarak ankrajlanmalıdır. Yan yana bulunan dolaplar ise çelik levhalar kullanılarak birbirlerine sabitlenmeli ve bu sayede daha geniş bir taban alanı oluşturularak deprem etkisine karşı çok daha dayanıklı hale getirilmelidir (Şekil 12).

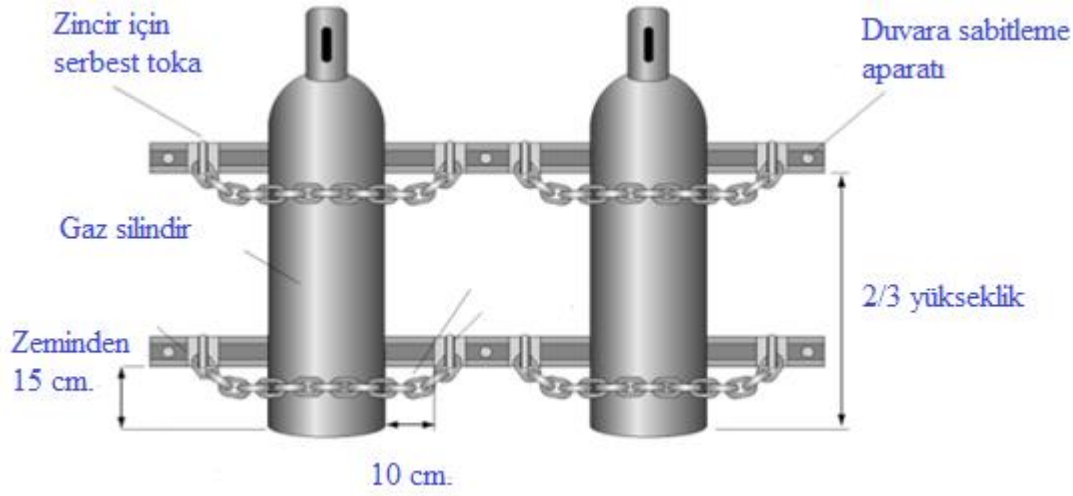


**Şekil 12.** Rafların, yanal ötelenmesi kısıtlanarak çelik çapraz levhalarla bağlanması

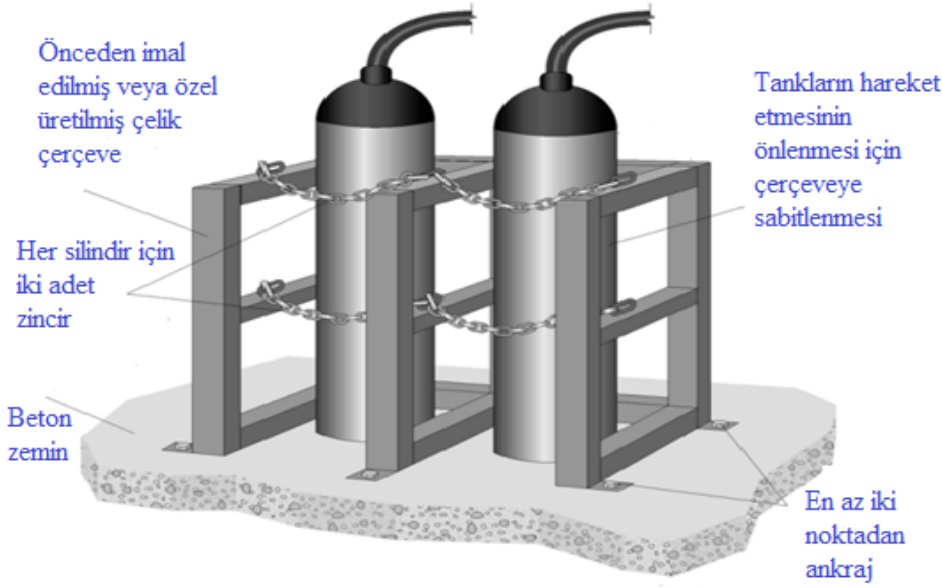
Ayrıca sanayi tesislerinde deprem sırasında enerji bağlantısını kesecek otomatik sigorta sistemleri kullanılmalıdır. Kaçış yolları ve yangın tüplerinin buldukları yerler aydınlatılmalıdır. Sıvı, gaz tankları ve tüpler ortamda serbest olarak bulundurulmamalıdır. Buldukları yerlere göre belirlenecek uygun



bağlantı elemanları, çelik destekler, metal kayışlar, kelepçe ve zincirler yardımıyla sabitlenmelidir. Yangın söndürme sistemleri deprem esnasında kolay ulaşılabilir konumda ve işlevini yerine getirir vaziyette olmalıdır (Şekil 13).



(a)



(b)

Şekil 13. Gaz tankları için örnek bağlantı detay önerisi

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Ülkemizde sanayi tesislerinde kullanılan YOE'ların sayısı gelişen teknolojik ve bilimsel gelişmelerle birlikte sürekli olarak artmaktadır. Fakat YOE'ların deprem esnasında oluşturdukları riskler ve bunların azaltılmasına ve gerekli tedbirlerin alınmasına yönelik çalışmaların sayısı aynı paralellikte değildir. Alınabilecek önlemlerin maliyetleri toplamı proje maliyetine göre kıyaslandığında çok az bir miktar tutmaktadır. YOE'lar ile ilgili ülkemizde belirli bir teknik şartname ve standart mevcut değildir. Konu ile ilgili Uluslararası literatürde bulunan çalışmalar incelenerek ülkemizde de YOE ile ilgili bir standart, teknik şartname oluşturulmalı, uygulanması zorunlu hale getirilmeli ve denetim mekanizması olması sağlanmalıdır. YOE'ların oluşturduğu risklerin önemine yönelik seminerler düzenlenerek toplumda farkındalık oluşturulmalıdır. Sanayi tesisleri bu konuda bilinçlendirilmeli, olası bir deprem politikası oluşturulmalı ve ilgili yerel yönetimlerden gerekli destekler alınmalıdır. Sanayi tesislerindeki bütün

makine ve ekipmanların üretici firma tarafından deprem etkisine karşı dayanıklı olacak şekilde ürün kataloğuna bağlantı detayları eklenmeli, bu detaylara uyulması zorunlu hale getirilmelidir. Bu çalışma, YOE konusunda bundan sonra yapılacak çalışmalara yol gösterebilmek ve özellikle büyük kamu yatırımları harcanarak oluşturulan sanayi tesislerinin milli bir servet olduğu göz önünde bulundurulduğunda, deprem açısından olası kayıp ve risklerin ekonomik olarak Ülkemiz açısından önemini vurgulamak amacı ile yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalar daha detaylı ve deneysel olarak yürütülmeli ve elde edilen sonuçlar faydalı model ve patente yönelik ürünlere dönüştürülmelidir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Afete Hazırlık Eğitim Birimi, YOTA, “Yapısal olmayan tehlikelerin azaltılması el kitabı”, İstanbul, 2005.
- [2] İ. Aktürk., M. Albeni, “Doğal afetlerin ekonomik performans üzerine etkisi: 1999 yılında Türkiye’ de meydana gelen depremler ve etkileri”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 7, No 1, 1-18, 2002.
- [3] İSMEP, “İstanbul sismik riskin azaltılması ve acil durum hazırlık projesi, sanayi ve işyerleri için afet acil yardım planlama rehberi”, İstanbul, 2009.
- [4] E. Kotil, F. Konur, H. Özgür, “The economic impact of gulf earthquake”, Uluslararası Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2007.
- [5] FEMA 460, “Seismic considerations for steel storage racks located in areas accessible to the public”, 2005.
- [6] Y. Gümüş, “Geçmişten geleceğe Türkiye’nin sanayileşmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, İzmir, 2016, 113-118.
- [7] C. İpek, A.H. Kuzucuoğlu, M.R. Kıstır, “Yapısal Olmayan Sistemlerin Deprem Etkileri Açısından Değerlendirilmesi”, IBEEES2015, Burdur, 7-9 Mayıs 2015, 197 -206.
- [8] O. Elibol, “17 Ağustos Depremi’nin Ekonomik Boyutları İle Orta Hasarlı Binaların Onarım – Güçlendirme Maliyet Analizleri ve Uygulamaları”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2001.
- [9] Ö. Can, Y. Koprman, A. Büyükkaragöz, “Depreme Dayanıklı Bina Kapsamında Yapısal Olmayan Riskler ve Önlemler”, 8.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı İTÜ, İstanbul, 2015.