

## SİSMİK DURUMLARA TABİ ASANSÖRLER VE DEPREMDEN ALINAN DERSLER: JAPONYA ÖRNEĞİ

Umut Şahin<sup>1</sup>, Eren Kalay<sup>2</sup>, Serpil Kurt<sup>3</sup>

Asansör Teknolojileri Laboratuvarı, Makina Fakültesi,  
İstanbul Teknik Üniversitesi<sup>1,2,3</sup>

[sahinum@itu.edu.tr](mailto:sahinum@itu.edu.tr)<sup>1</sup>, [kalaye@itu.edu.tr](mailto:kalaye@itu.edu.tr)<sup>2</sup>, [kurtserp@itu.edu.tr](mailto:kurtserp@itu.edu.tr)<sup>3</sup>

### ÖZET

Topraklarının büyük kısmı deprem kuşağında bulunan Türkiye ve Japonya, sıklıkla yıkıcı depremlerden etkilenmektedir. Japonya'da depreme dayanıklı binalar ve sismik duruma tabi asansörler konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada 2011 Tohoku, 2016 Kumamoto ve 2018 Kuzey Osaka'da meydana gelen yıkıcı depremler sonrasında asansörlerde oluşan sismik hasarlar ve Japonya sismik tasarım esaslarında yapılan değişiklikler incelenmiştir. Söz konusu geliştirmelerin asansör hasarlarına etkileri incelenmiş ve 2011 Van ve 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası sınırlı bir bölgede yapılan inceleme sonuçları ve Türkiye'deki asansörlerde dikkat edilmesi gereken noktalar incelenmiştir.

### 1. GİRİŞ

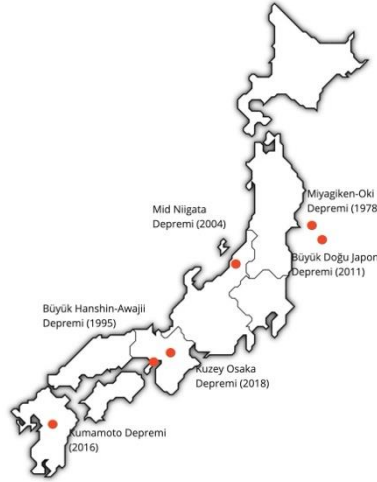
Dünya yüzölçümünün % 0,28' ini oluşturmasına rağmen, 6 ve üzeri büyüklükteki tüm depremlerin yaklaşık %18,5'ini Japonya'da meydana gelmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, Japonya'nın birden fazla tektonik plakanın birleştiği ve bu nedenle sismik aktivitenin arttığı bir bölgede yer almasıdır [1]. Japonya'da yaşanan depremler nedeniyle, halkı ve altyapıyı korumak için sismik alanda geniş çalışmalar yapılmaktadır. Tokyo'da bir binada, ülkenin ilk elektrikli yolcu asansörü 1890 yılında inşa edilmiştir [2]. Ancak bu bina, 1923 yılında büyük depremle yıkılmıştır.

Deprem kuşağında bulunan ülkemizde de 2011 Van depremi ve 2023 Kahramanmaraş depremlerindeki asansör hasarları incelenmiştir. Ülkemizde, sismik durumlara tabi asansörler hakkında Avrupa'da kullanılan EN 81-77 standardıyla uyumlu olarak TS EN 81-77 standardı kullanılmaktadır. Bu standartlar Japonya'nın Sismik Tasarım Yönetmelikleri ile benzerlik taşımaktadır. Temelde ayrıldıkları nokta ise zemine bağlı belirlenen tasarım ivmesidir. Japonya Sismik Tasarım Yönetmeliklerinin önemli önlemlerden biri, yüksek binalardaki uzun halatlar için bir titreşim algılama sistemine sahip olmasıdır. Bu sistem uygulanarak halatların birbirine dolanması ve insanların asansör kabinlerinde mahsur kalması önlenmektedir.

Japonya'daki asansörler, çeşitli büyük depremlere maruz kalmıştır. Bu depremlerden sonra, Japonya'da Sismik Tasarım Yönetmeliği yayımlanmış ve deprem hasarlarına göre revize edilmiştir. 2011'deki Büyük Doğu Japonya Depremi ve 2016'da Kyushu Bölgesi'ndeki Kumamoto Depremi gibi büyük depremler yaşanmıştır. Büyük Doğu Japonya Depremi, yüksek enerji ve uzun süreli artçı sarsıntılarla karakterize edilirken, Kumamoto Depremi JMA (Japonya Meteoroloji Ajansı) ölçeğinde en yüksek seviye olan 7 şiddetine sahiptir. Sismik Tasarım Yönetmeliğindeki değişiklikler ve depremlerdeki asansör hasarlarının incelendiği yayınlar bulunmaktadır [3].

Asansörlerdeki hasarlar, JMA sismik şiddeti yaklaşık 6'dan fazla olduğunda belirgin bir şekilde artmaktadır. Sismik Tasarım Yönetmeliği, asansörlerin orta şiddetteki depremlerden sonra çalışması gerektiğini ve asansörlerin yüksek şiddetli depremlerden sonra ekipman hasar görse bile kabinleri askıya alarak güvenli konumda kalması beklenmektedir. Örneğin, önümüzdeki 30 yıl içinde Tokyo'da JMA sismik şiddeti 6+ veya daha fazla olan bir depremin meydana gelme olasılığı %7,8 olacağı tahmin edilmektedir. Sismik Tasarım Yönetmeliklerinin bu gereksinimi karşılayacağı öngörülmektedir.

Şekil 1'de Japonya'daki büyük depremlerin merkez üslerini göstermektedir [3].



Şekil 1. Japonya'daki büyük depremlerin merkez üsleri

## 2. JAPONYA SİSMİK TASARIM YÖNETMELİĞİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLER

Japonya'daki sismik tasarım yönetmeliğinde asansörlerin, orta ölçekli depremlerden sonra sorunsuz çalışması ve büyük ölçekli depremlerde diğer ekipmanlar hasar görse bile korunmaları amaçlanmaktadır. Bu amaçla, Japon binaları için belirlenen sismik standartlar geliştirilmiştir. Belirtilen hedeflere ulaşmak için, asansörler ve yürüyen merdivenler için sismik tasarım yönetmeliği, çeşitli depremlerin neden olduğu gerçek hasarlar temel alınarak revize edilmektedir.

1971'den önce Japonya'da resmi sismik tasarım yönetmeliklerinin olmadığı, bu nedenle şirketlerin kendi geliştirdiği yöntemleri kullandıkları bilinmektedir. 1972'de, Japonya Asansör Birliği, 1971 San Fernando Depremi'nin asansörlere verdiği hasara dayanarak Afet Önleme Standardı oluşturduğu görülmüştür. 1981'de, Japonya Yapı Merkezi, 1978 Miyagi Depremi'nin hasarlarını inceleyerek bir Sismik Tasarım Yönetmeliği yayımlamıştır. 1998'de, Kobe Depremi'ne dayanarak yeni bir yönetmelik geliştirilmiştir. 2009, 2004 yıllarında Orta Niigata ve 2005 Kuzeybatı Chiba depremlerinin hasarları incelenerek yönetmelik yeniden revize edilmiştir, uzun halat rezonansı ve deprem acil durum konularında yenilikler yapılmıştır.

## 3. 2011 BÜYÜK DOĞU JAPONYA DEPREMİNİN HASARLARI

### 3.1. Büyük Doğu Japonya Depremi

Büyük Doğu Japonya Depremi, 11 Mart 2011'de Tohoku açıklarında meydana gelmiş ve merkez üssü Oshika Yarımadası'nın 130 km doğu-güneydoğusu olarak tespit edilmiştir. Deprem büyüklüğü Mw 9.0 olup, Japonya'da kaydedilen en büyük deprem olduğu bilinmektedir. Deprem ve ardından gelen tsunami yaklaşık 16.000 kişinin ölümüne, 2500 kişinin kaybolmasına ve 120.000'den fazla binanın tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Ana deprem yaklaşık 6 dakika sürmüş ve maksimum tsunami dalga yüksekliği 20 metreyi geçtiği ölçülmüştür. 30 Nisan 2012 itibarıyla, büyüklüğü 5'in üzerinde 779 artçı sarsıntı kaydedilmiştir [4].

### 3.2. Araştırma yöntemi

Deprem asansör ve yürüyen merdivenlere verdiği hasarlarla ilgili bir araştırma Japonya Asansör Birliği tarafından yapılmıştır [5]. Araştırmaya, artçı şokların azaldığı Temmuz ayından itibaren başlanıldığı, asansörlerin ve yürüyen merdivenlerin restorasyonuna hasar tespitinden sonra öncelik verildiği görülmüştür.

### 3.3. Asansör hasarları

Anket yöntemi yapılan inceleme sonucunda 367.912 vakadan 8.921'inde hasar tespit edilmiştir, hasar oranı %2,43'tür. Şekil 2'de JMA sismik yoğunluk ölçeğine göre hasar oranı gösterilmektedir. JMA sismik şiddeti

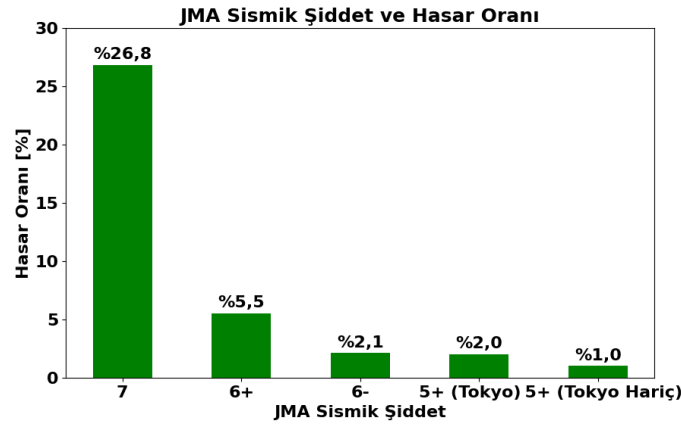
## XI. Asansör Sempozyumu // 17-19 Ekim 2024 // İzmir

Japonya Meteoroloji Ajansı tarafından tanımlanmıştır ve frekans bileşenleri dikkate alınarak yer ivmesinden hesaplanmaktadır. Minimum seviye 0 ve maksimum seviye 7 olarak belirlenmiştir.

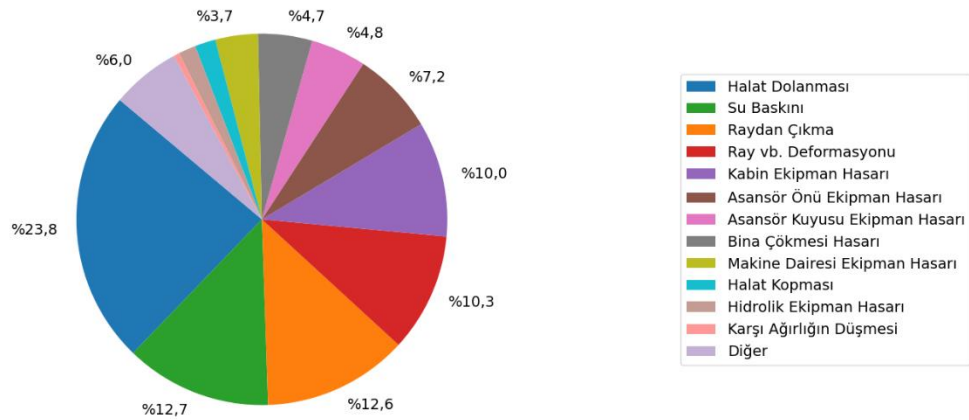
Şekil 2'de JMA tarafından sismik şiddeti 7 olan bölgedeki asansörlerin 1/4'ünden fazlasının hasar gördüğü belirlenmiştir. Ayrıca yüksek şiddetli depremlerin Japonya'da nispeten yaygın olduğunu görülmektedir.

Şekil 3'te asansörlerin hasar dağılımı görülmektedir, halat dolanmaları toplam hasarın 1/4'ünü oluşturmaktadır. Bunun nedeni, Tokyo da dahil olmak üzere Japonya'da birçok binanın bulunduğu geniş bölgelerin depremden etkilenmiş olmasıdır. Halatların titreşimi binanın yüksekliği, halatın uzunluğu ve zemin durumundan etkilenmektedir. Örneğin, Tokyo tortul bir tabaka üzerinde yer almaktadır ve uzun periyotlu sismik dalgalar bu tabaka tarafından yaratılmaktadır. Bu durum, halat dolanması gibi sorunların meydana gelme olasılığını artırır. Genel olarak, yüksek binalar ve uzun çelik tel halatlar uzun doğal periyoda sahiptir, bu nedenle rezonans riskleri yüksektir. Daha sonra sel nedeniyle birçok hasar da meydana gelmiştir ve mekanik yapılar da tsunamilerden zarar görmüştür [6]. Buna ek olarak, rayların deformasyonu ve asansör rayı ekipmanlarının hasar görmesi gibi binalarla etkileşimden kaynaklanan birçok hasar da meydana gelmiştir. Geçmişteki yıkıcı depremlerde olduğu gibi karşı ağırlık bloklarının düşmesi ile karşılaşmıştır. Ancak 2009 yılında yayınlanan Sismik Tasarım Yönetmeliği uygulanarak tasarlanan asansörlerde karşı ağırlık bloklarında düşmesi engellenmiştir. Bu nedenle yönetmelik etkin bir şekilde revize edilmektedir.

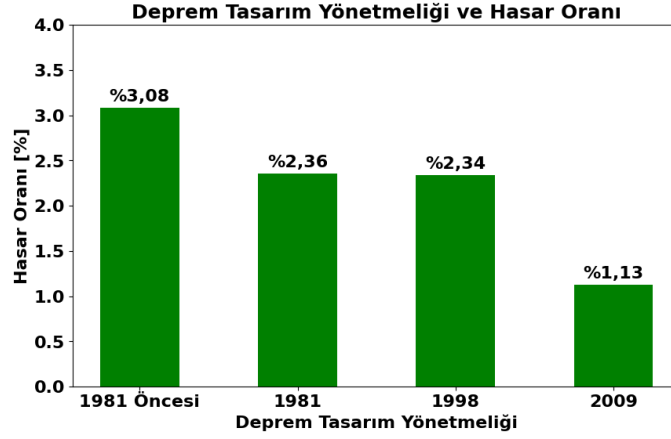
Şekil 4'te Sismik Tasarım Yönetmeliği ile hasar oranı arasındaki ilişki gösterilmektedir. Yönetmelikle birlikte hasar oranı azaldığından, revizyonun etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Japon Meteoroloji Ajansı sismik şiddet ölçeğine göre asansör hasar oranı (2011 Büyük Doğu Japonya Depremi)



Şekil 3. Sebeplerine göre asansör hasarları (2011 Büyük Doğu Japonya Depremi)



Şekil 4. Deprem Tasarım Yönetmeliği ile asansör hasar oranı arasındaki ilişki (2011 Büyük Doğu Japonya Depremi)

#### 4. 2016 KUMAMOTO DEPREMİNİN HASARLARI

##### 4.1. Kumamoto Depremi

14 Nisan 2016'da Japonya'nın güneybatısındaki Kyushu adasında yer alan Kumamoto'nun kuzeyinde meydana gelen Mw 6.2 büyüklüğündeki deprem, sığ derinlikteki doğrultu atımlı hareketlenmenin bir sonucu olarak meydana gelmiştir. Depremden sonraki ilk üç saat içinde, en büyüğü 6.0 olmak üzere 7 artçı şok daha tespit edilmiştir. Deprem nedeniyle 228 kişi hayatını kaybetmiştir. 9.000'den fazla bina tamamen çökmüş ve 45.000'den fazla bina kısmi hasar görmüştür [7]. Depremi özelliği güçlü yer hareketi ve toprak kaymalarıdır. Kumamoto Eyaletindeki sanayi tesisleri depremden zarar görmüş ve sarsıntılar mekanik yapıların hasar görmesine neden olmuştur [8].

##### 4.2. Araştırma yöntemi

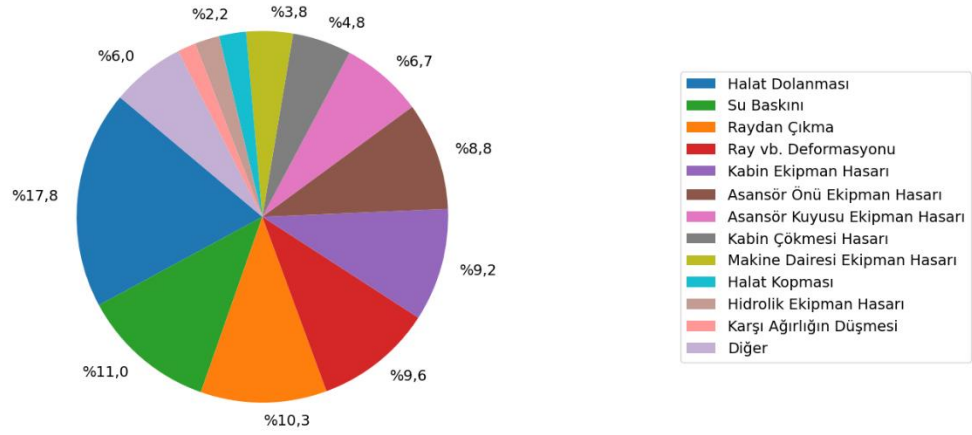
Büyük Doğu Japonya Depremi ile aynı araştırma yöntemi olan anket yöntemiyle yapılmıştır, 2016 yılında Haziran-Temmuz ayları arasında Japonya Asansör Birliği tarafından gerçekleştirilmiştir [9]. Araştırma için incelenen depremler Nisan ayında meydana gelen öncül deprem, ana deprem ve JMA sismik şiddeti 5+'dan fazla olan 3 artçı depremdir. İnceleme bölgesi, maksimum JMA sismik şiddeti 4'ten fazla olan 13 ildir.

##### 4.3. Asansör hasarları

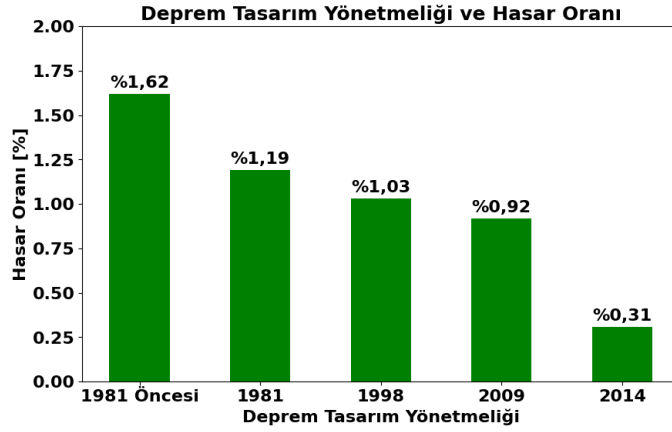
Anket kullanılarak yapılan inceleme sonucunda 95.424 vakadan 1.027'sinde hasar tespit edilmiştir, hasar oranı %1,08'dir. Şekil 5, asansörlerde depremin oluşturduğu hasarlar görülmektedir. Halatların dolanması, rayların ve kabinlerin hasar görmesi, asansör önü ekipmanlarının zarar görmesi gibi hasarlar tespit edilmiştir.

Bu depremin süresi uzundur ve yer değiştirme spektrumu yüksektir, bu nedenle önemli oranda halatların dolanmasına neden olmuştur, karşı ağırlık bloklarının düştüğü beş durum da meydana gelmiştir. Ancak, bu olaylar 1981 yılında veya daha önce yayınlanan Sismik Tasarım Yönetmeliği uygulanarak tasarlanan asansörlerde görülmüştür. Bu durum, daha eski tasarım yönetmeliklerin yetersizliğini ve güncellenmiş yönetmeliklerin önemini vurgulamaktadır.

Şekil 6, Sismik Tasarım Yönetmeliği ile hasar oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Büyük Doğu Japonya Depremi'nin yanı sıra yönetmelikle birlikte hasar oranı azaldığından, revizyonun etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Sebeplerine göre asansör hasarları (2016 Kumamoto Depremi)



Şekil 6. Deprem Tasarım Yönetmeliği ile asansör hasar oranı arasındaki ilişki (2016 Kumamoto Depremi)

## 5. 2018 KUZHEY OSAKA DEPREMİNİN HASARLARI

### 5.1. Kuzey Osaka Depremi

18 Haziran 2018'de, Japonya'nın Osaka ilinin kuzeyinde, Mw 5,5 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem merkez üssü Takatsuki yakınlarında ve yaklaşık 13 kilometre derinlikte meydana gelmiştir. Depremde 6 kişi hayatını kaybetmiştir. 20'den fazla bina tamamen çökmüş ve 61.000'den fazla bina kısmen hasar görmüştür [10]. Osaka, Japonya'nın çok sayıda nüfusa sahip büyük şehirlerinden biridir ve asansörlü birçok bina vardır, bu nedenle depremden kaynaklanan asansör hasarları gözlemlenmiştir.

### 5.2. Araştırma yöntemi

Büyük Doğu Japonya Depremi ve Kumamoto Depremi ile aynı araştırma yöntemi uygulanmıştır, yani 2018 yılında Temmuz-Eylül ayları arasında Japonya Asansör Birliği tarafından anket kullanılarak bir araştırma yapılmıştır [11]. Araştırma, ana deprem ve araştırma bölgesi olarak da maksimum JMA sismik şiddeti 4.6'dan fazla olan 10 il ile sınırlandırılmıştır.

### 5.3. Asansör hasarları

Anket kullanılarak yapılan araştırma sonucunda, 216.835 vakadan 729'unda hasar tespit edilmiştir, bu nedenle hasar oranı %0,34'tür. Bu hasar oranı Büyük Doğu Japonya Depremi ve Kumamoto depreminden daha küçüktür, çünkü depremin şiddeti Şekil 7'de görüldüğü gibi daha küçüktür. Deprem nedeniyle yaklaşık 63.000 asansörün

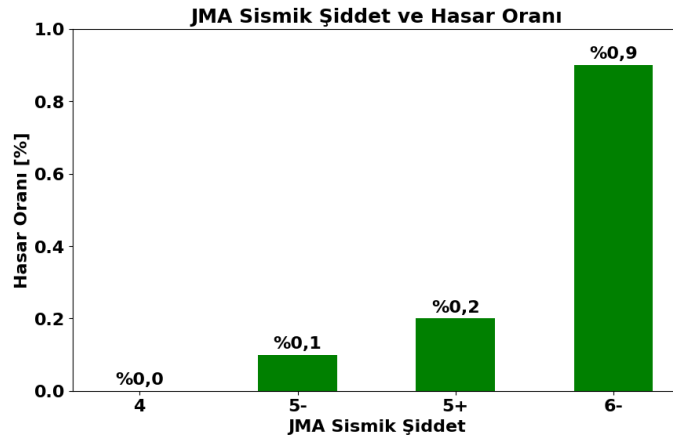
## XI. Asansör Sempozyumu // 17-19 Ekim 2024 // İzmir

çalışması durdurulmuş ve yolcular 346 asansörde mahsur kalmıştır [12]. Bu durdurulma ve mahsur kalma sayısı, Büyük Doğu Japonya Depremi ve Kumamoto Depremi'nden daha fazladır. Operasyonun durması esas olarak Sismik Tasarım Yönetmeliğine dayalı acil durum operasyonlarından kaynaklanmış olup, neredeyse tüm asansörler sonraki 2 gün içinde hizmete alınmıştır. Sıkışma, esas olarak yüksek ivme veya kapıların anlık açılması nedeniyle meydana gelmiş ve asansörlerde kalan yolcuların neredeyse tamamı 3 saat içinde kurtarılmıştır.

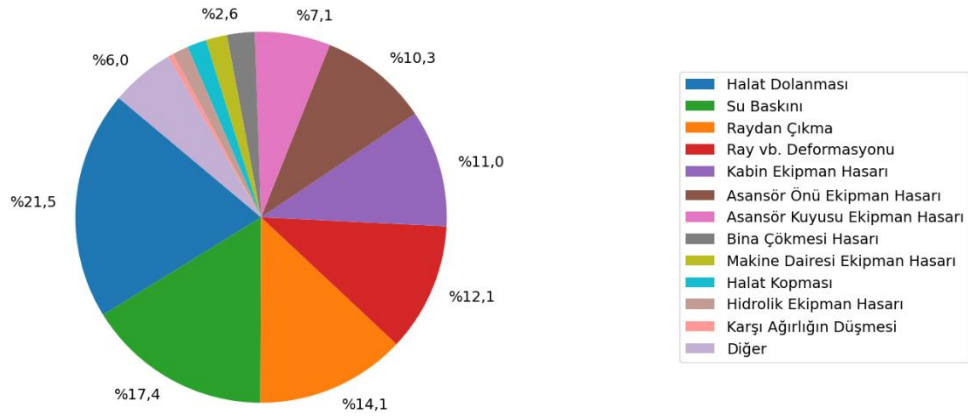
Şekil 7, JMA sismik şiddete göre asansörlerdeki hasar oranını göstermektedir. JMA sismik şiddeti 4 olduğunda asansörlerde herhangi bir hasar meydana gelmemiştir. Ancak, JMA sismik şiddeti 6 olduğunda hasar oranı büyük olmuştur. Bu veri, daha yüksek sismik şiddetlerin asansör sistemlerinde önemli hasarlara yol açabileceğini göstermektedir.

Şekil 8'de gösterildiği gibi, deprem sırasında asansörlerdeki durdurma ve yolcu mahsur kalma olaylarının nedenleri incelenmiştir. En büyük hasar %21,5 ile asansör kuyusu ekipmanında görülmüştür. Raydan çıkma (%17,4) ve ray deformasyonu (%14,1) önemli sorunlar arasında yer almıştır. Kabin ekipman hasarı %12,1 oranında gerçekleşmiş, makine dairesi ekipman hasarı ise %11 ile dikkat çekmiştir. Depremin yakın alan depremi olması ve tsunami meydana gelmemesi nedeniyle su baskını hasarı az olmuştur ve depremin şiddeti küçük olduğu için çelik halatlardaki dolanma diğer depremlerden daha az sayıda olmuştur. Bu sonuçlar, asansör sistemlerinin sismik olaylara karşı daha dayanıklı hale getirilmesi gerektiğini göstermektedir.

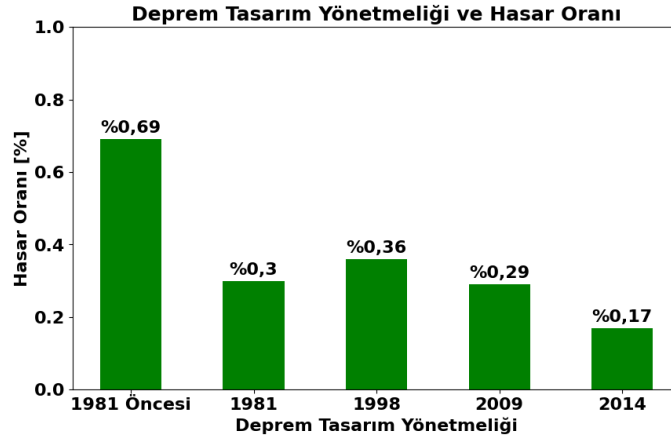
Şekil 9'da Sismik Tasarım Yönetmeliği ile hasar oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Büyük Doğu Japonya Depremi ve Kumamoto Depremi'nin yanı sıra, Sismik Tasarım Yönetmeliğinin her yeni revizyonu ile birlikte hasar oranının azaldığı görülmektedir. Bu durum, yönetmelikteki revizyonların etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Japon Meteoroloji Ajansı sismik şiddeti ile asansör hasar oranı arasındaki ilişki (2018 Kuzey Osaka Depremi)



Şekil 8. Sebeplerine göre asansör hasarları (2018 Kuzey Osaka Depremi)



Şekil 9. Deprem Tasarım Yönetmeliği ile asansör hasar oranı arasındaki ilişki (2018 Kuzey Osaka Depremi)

## 6. TÜRKİYE'DEKİ DEPREM HASARLARI

Türkiye'de 1900'den günümüze 269 deprem ve Mw 7.0 üzerinde 20 deprem meydana gelmiş olup, 2023 Kahramanmaraş, 1939 Erzincan ve 1999 Gölcük depremleri can kaybı ve ağır hasar yönünden bakıldığında en büyük depremler olarak kaydedilmiştir [13]. Kaydedilen 20 deprem sonrasında binalardaki ve asansörlerdeki hasar kayıtları mevcut olmayıp, 2011 Van depremi ve 2023 Kahramanmaraş depremlerinden sonra saha çalışması ile tespitler yapılabilmektedir.

### 6.1. Van Depremi

23 Ekim 2011'de, Türkiye'nin doğusundaki Van'da 7.2 büyüklüğünde, 20 kilometre derinlikte yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Merkez üssü Tabanlı köyü olan bu depremde 220 kişi hayatını kaybetmiş, 1090 kişi yaralanmıştır. İkinci deprem, 9 Kasım 2011'de yine Van yakınlarında meydana gelmiştir. Bu deprem, 5.6 büyüklüğünde ve 9.4 kilometre derinliğinde olup, 40 kişinin hayatını kaybetmesine ve yüzlerce kişinin yaralanmasına neden olmuştur ve Bayram Oteli de dahil olmak üzere 25 bina yıkılmıştır [14].

### 6.2. Kahramanmaraş Depremleri

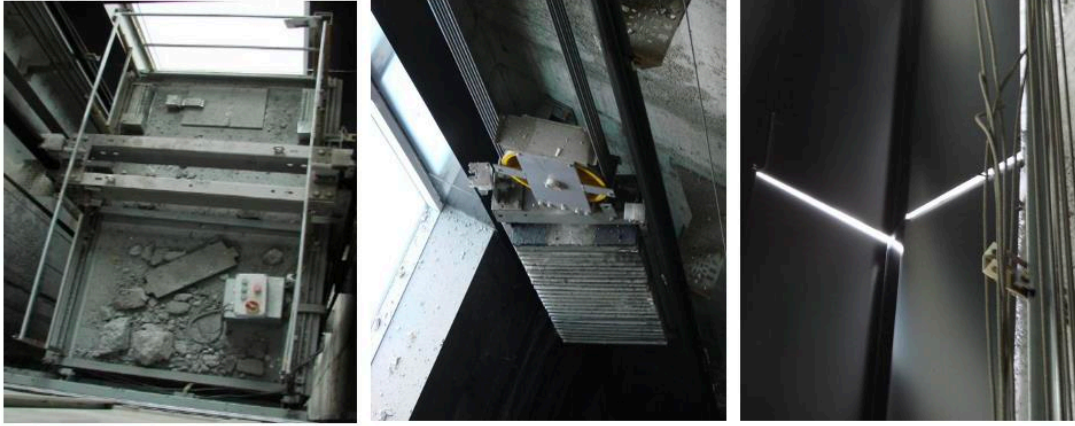
6 Şubat 2023 günü Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan ilçelerinden Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüklerinde iki deprem meydana gelmiş ve 14 milyon nüfusun yaşadığı toplam 11 ilde büyük hasara neden olmuştur. Türkiye'nin toplam konut stokunun %14 karşılık gelen deprem etkisi altında kalan 5.6 milyon konuttan 2.6 milyon konut etkilenmiştir. Bu binaların 35.355 adedi yıkılmış, 14.491 adedinin acil yıkılması gerektiği, 179.786 adedi ağır hasarlı, 40.288 adedi orta hasarlı ve 431.421 adedi az hasarlı olarak tespit edilmiştir [13].

### 6.3. Deprem sonrası tespit edilen asansör hasarları

2011 Van ve 2023 Kahramanmaraş depremleri sonucunda bölgedeki asansörlerde oluşan hasarların tespitleri yapılmıştır. Bu depremde asansör tesisatlarının zarar görmüş bileşenleri şu şekilde sıralanmıştır [14, 15]:

- Karşı ağırlıklar raylarından çıkması ve bazılarının kabinle çarpışması
- Halatlar hasar görmesi ve birbirine dolanması
- Ray mesnetleri yerinden çıkması veya hasar görmesi
- Regülatör halatının dolanması
- Karşı ağırlık patenlerinin kırılması veya gevşemesi

Van depremi sonrasında saha araştırması sonucunda incelenen asansörlerde görülen temel hasarlar Şekil 10'da gösterilmiştir.



a) Karşı ağırlık düşmesi      b) Karşı ağırlığın raydan çıkması      c) Halat dolanması

**Şekil 10.** Van Depremi sonrası tespit edilen temel hasarlar

Kahramanmaraş depremleri sonrasında Malatya ilinde yapılan saha çalışmasında incelenen asansörlerde sık rastlanılan hasarlar Şekil 11’de görülmektedir.



a) Ray mesnet hasarları      b) Karşı ağırlık hasarları

**Şekil 11.** Kahramanmaraş Depremleri sonrası tespit edilen temel hasarlar

## 7. SONUÇ

Ülkemizin önemli bir kısmı depremden etkilenmekte ve 2018 yılında yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği bulunmaktadır. Yönetmelikte sadece asansör ve yürüyen merdivenler için büyütme katsayısına yer verilmiştir. Oysaki depremlerde ülkemizden daha fazla etkilenen Japonya’nın Sismik Tasarım Yönetmeliğinin büyük depremler sonrasında karşılaşılan hasarlarla güncellenmesiyle birlikte, Büyük Doğu Japonya Depremi, Kumamoto Depremi ve Kuzey Osaka Depremi olmak üzere üç büyük depremin sonuçları gözden geçirilmiş ve asansörlerin sismik güvenilirliğinin artırıldığı tespit edilmiştir.

Asansörler genellikle binalara monte edilir ve depremlerde asansörler ile binalar arasındaki ortak ekipmanlarda oluşan hasarlar dikkat çekicidir. Bu nedenle, asansörlerdeki hasarları azaltmak için binaların yapım aşamasında inşaat mühendisleri ile yakın işbirliği yapılması gereklidir.

Yukarıda Japonya örneklerinde görüldüğü üzere deprem kuşağında yer alan ülkemizdeki binalarda ve asansörlerde oluşan hasarları önlemek için yönetmeliklerin uygulanması ve standartlara uygun asansör imalatına önem verilmelidir.



**KAYNAKLAR**

- [1] **Y. Nishikawa, Y. Kaneko, S. Matsumoto, T. Taira, and S. Ide**, “A review on slow earthquakes in the Japan Trench,” *Progress in Earth and Planetary Science*, vol. 8, no. 1, Article 13, 2021, doi: 10.1186/s40645-019-0309-x.
- [2] **N. Mitsui**, “Historical Development of Rope Type Elevator Technology”. *Survey Reports on the Systemization of Technologies*, No. 9, 65, (2009).
- [3] **Minagawa, Keisuke**. "Report on seismic damage of lifts and escalators by large earthquakes in Japan." *Transportation Systems in Buildings 3.1* (2021).
- [4] National Police Agency of Japan, Situation of damage and police activities for Great East Japan Earthquake in 2011. [[http://www.jma.go.jp/jma/en/2011\\_Earthquake/Information\\_on\\_2011\\_Earthquake.html](http://www.jma.go.jp/jma/en/2011_Earthquake/Information_on_2011_Earthquake.html)]
- [5] **S. Fujita, M. Shimoaki, T. Miyata**, “Report on Seismic Damages of Elevators and Escalators by the Great East Japan and Recovery Situations and Lessons for Future Mitigation,” \*Proceedings of Dynamics and Design conference 2012\*, 653.pdf, 2012
- [6] Japan Society of Mechanical Engineers, “Lessons Learned from the Great East Japan Earthquake Disaster.” [<https://www.jsme.or.jp/jsme/uploads/2016/08/Great-East-Japan-Earthquake-Disaster-Full-Text.pdf>], pp. 14-23, 2014
- [7] Japan. Earthquake Hazards Program. U.S. Geological Survey. [<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20005hzn/executive>]
- [8] **I. Nakamura, O. Furuya, K. Minagawa, S. Fujita**, “Seismic Damage and Influence to Industrial Facilities in the 2016 Kumamoto Earthquake,” \*Proceedings of Dynamics and Design conference 2017\*, 225.pdf, 2017, (in Japanese).
- [9] Japan Elevator Association, “Report of Damage investigation of elevator and escalator by earthquake with epicenter of Kumamoto district, Kumamoto prefecture [[http://www.n-elekyo.or.jp/about/elevatorjournal/pdf/Journal13\\_10.pdf](http://www.n-elekyo.or.jp/about/elevatorjournal/pdf/Journal13_10.pdf)], 2017
- [10] Fire and Disaster Management Agency of Japan, “Damage of the earthquake with epicenter of the northern part of Osaka prefecture and response status of fire agency etc.”, [<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/190820oosakafuhokubujisinn32.pdf>], 2018
- [11] Japan Elevator Association, “Report of Damage investigation of elevator and escalator by earthquake with epicenter of the northern part of Osaka prefecture.” [[http://www.n-elekyo.or.jp/about/elevatorjournal/pdf/Journal24\\_11.pdf](http://www.n-elekyo.or.jp/about/elevatorjournal/pdf/Journal24_11.pdf)], 2019
- [12] 2018 Osaka earthquake. Wikipedia, The Free Encyclopedia, [[https://en.wikipedia.org/wiki/2018\\_Osaka\\_earthquake](https://en.wikipedia.org/wiki/2018_Osaka_earthquake)]
- [13] 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Mart 2023.
- [14] **İmrak, C. E.** "A survey for the effect of 2011 Van earthquakes on elevators." [[https://www.aysad.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Van\\_Survey\\_Appendixes.Pdf](https://www.aysad.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Van_Survey_Appendixes.Pdf), 2012]
- [15] **Çelik,F., İmrak,C.E., Targıt,S.** “A field study on the damage of elevators after the twin earthquake”. Proceeding of ELEVCON 2023, Prag, 2023.