



## 3 ŞUBAT 2002 SULTANDAĞI DEPREMİNİN YAPI MÜHENDİSLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

### (THE FEBRUARY 3, 2002 SULTANDAĞI EARTHQUAKE IN STRUCTURAL ENGINEERING POINT OF VIEW)

Hikmet Hüseyin ÇATAL\*

#### ÖZET/ABSTRACT

Afyon ve çevresinde 3 Şubat 2002 tarihinde, aletsel büyüklüğü  $M_d=6.0$  olan bir deprem meydana gelmiş, depremde 43 kişi hayatını kaybetmiş, 250 kişi yaralanmış, 9 Şubat 2002 tarihi itibarı ile yapılan değerlendirmelere göre 1401 adet bina tamamen yıkılmıştır. Deprem bölgesinde hasarlı pek çok yapı tuğla kagir, ahşap karkas veya kerpiç yapı türündedir. Çay belediyesi sınırları içerisinde bulunan henüz inşa halindeki toplam dokuz katlı bir betonarme yapı toptan göçmüştür, sanayi sitesindeki betonarme binalar büyük hasar görmüştür. Bu çalışmada, Sultandağı depremine ait Afyon Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü binasında bulunan SM-2 tipi sismogram ile kayıt edilmiş güçlü yer ivmelerinden elastik mukabele spektrumları elde edilmiş, yapısal hasarlar incelenmiştir.

*An earthquake with the magnitude of  $M_d=6.0$  occurred at Afyon and its vicinity on February 3<sup>rd</sup>, 2002 causing deaths of 43 people and injuring 250 people. Approximately 1401 buildings were destroyed. Most of the damaged structures in earthquake region are of brick masonry types. A nine storey reinforced concrete structure built in the boundaries of Çay municipality, also, totally collapsed. In this study, elastic response spectra are obtained from the strong ground accelerations of Sultandağı earthquake recorded by a SM-2 type seismogram located is present at Afyon Directorate of Works and Settlement building, and the structural damages are investigated.*

#### ANAHTAR KELİMELELER/KEY WORDS

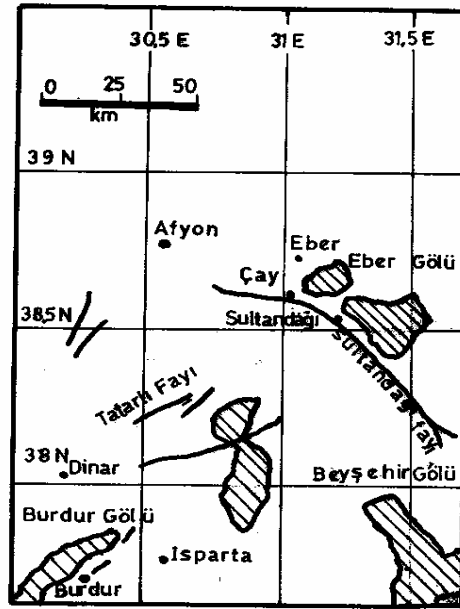
Sultandağı depremi, Afyon depremi, Mukabele spektrumları, Yapısal hasarlar  
*Sultandağı earthquake, Afyon earthquake, Response spectra, Structural damages*

## 1.GİRİŞ

Afyon ve çevresinde 3 şubat 2002 tarihinde yerel saate göre 9:11:28'de  $M_d=6.0$  büyüklüğünde odak derinliği 5 km olan bir deprem meydana gelmiştir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce, depremin merkez üssü koordinatları 38.5733 N-31.2715 E olarak açıklanmıştır (Bayındırlık). Meydana gelen deprem, Afyonun Çay, Sultandağı, Eber, Bolvadin, Çobanlar yerleşim merkezlerini etkilemiştir. Yazar, deprem bölgesinde yapısal hasarları incelemek amacı ile bölgeye gitmiş, hasarlı yapıların fotoğraflarını çekmiş, güçlü yer ivmelerinden hareketle büro çalışmaları yapmıştır.

## 2. BÖLGENİN DEPREM AKTİVİTESİ

Deprem bölgesinde, 3 Şubat 2002 tarihinde aktif hale geçen fay Sultandağı fayı olup bu fay, Eber ve Akşehir gölleri ile Sultan dağları arasında kalan bölgede, kuzeybatı-güneydoğu doğrultuludur. Şekil 1'de bölgenin tektonik durumu ve faylar gösterilmiştir (Şaroğlu vd., 1995). Çay ilçesinin Yaka Mahallesiinde Sultandağı depreminde oluşan ve kuzey-doğuya doğru Ali İhsan Paşa Mahallesiine doğru uzanan yüzeysel fay kırığı Şekil 2'de görülmektedir. Bölgede tarihsel dönemde, IX şiddetinde iki önemli deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden ilki 3 Mayıs 1875 tarihinde Dinar-Çivril yakınlarında; ikincisi 13 Mayıs 1876 tarihinde Afyonda meydana gelmiş ve ilk depremde yaklaşık 1300 kişi hayatını kaybetmiştir. Aletsel dönemde bölgede meydana gelmiş  $M_s=5.0$ 'den büyük depremler Çizelge 1'de sunulmuştur (<http://www.boun.koeri.edu.tr>).



Şekil 1. Bölgenin tektonik durumu



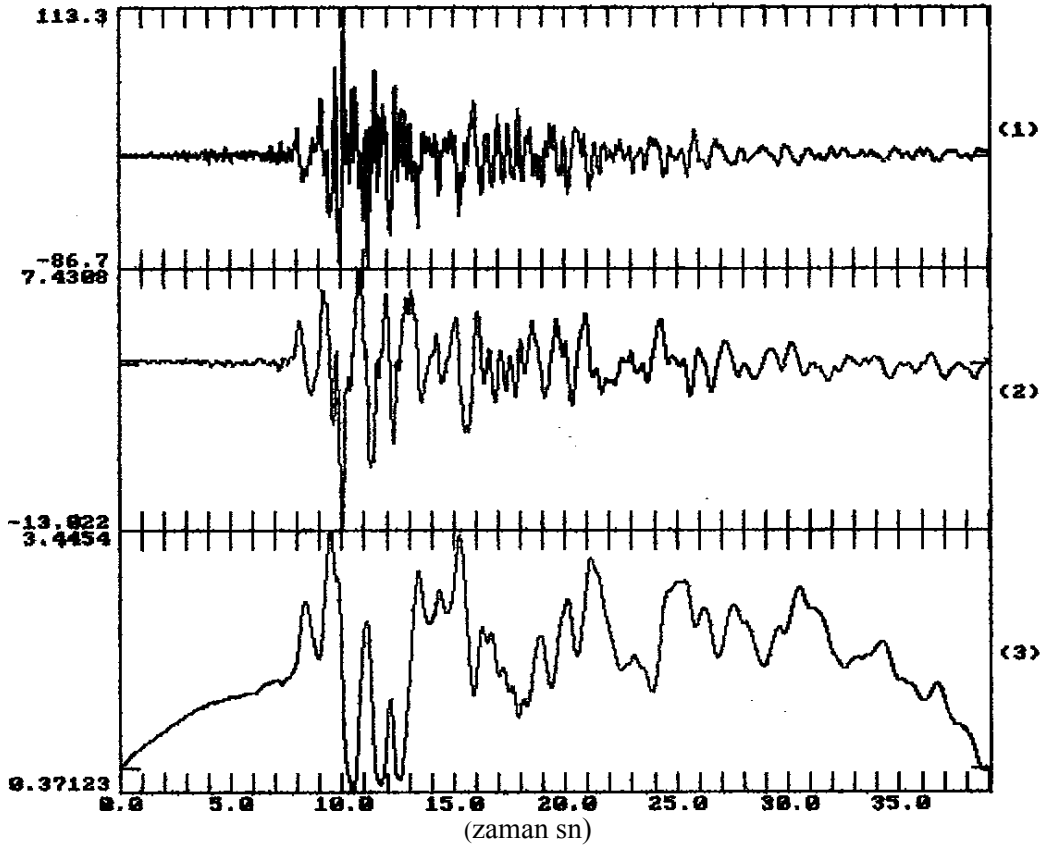
Şekil 2. Çay ilçesi Yaka mahallesindeki yüzeysel fay kırığı

Çizelge 1. Aletsel dönemde deprem bölgesinde meydana gelen  $M_s > 5.0$  büyüklüklü depremler

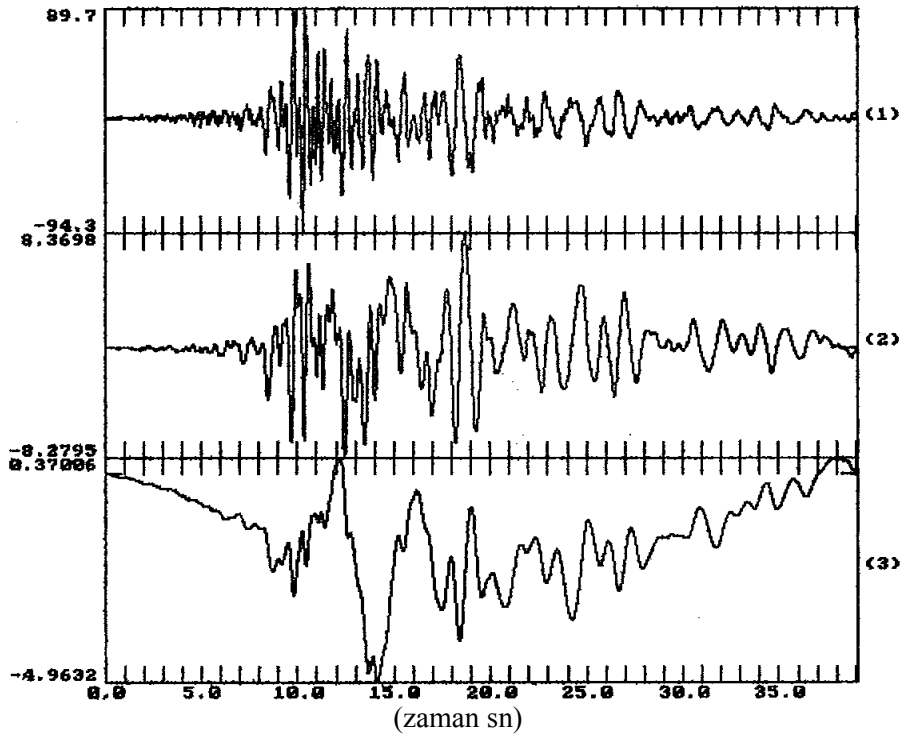
Tarihi	Saati (yerel)	Yer	Şiddet	Büyüklik $M_s$	Can Kaybı	Hasarlı Bina
7.8.1925	8:46	Dinar	VIII	5.9	3	2043
1.10.1995	17:57	Dinar	VIII	6.1	90	14156
15.12.2000	18:94	Sultandağı	VII	5.8	6	547

### 3. GÜÇLÜ YER İVMELERİ

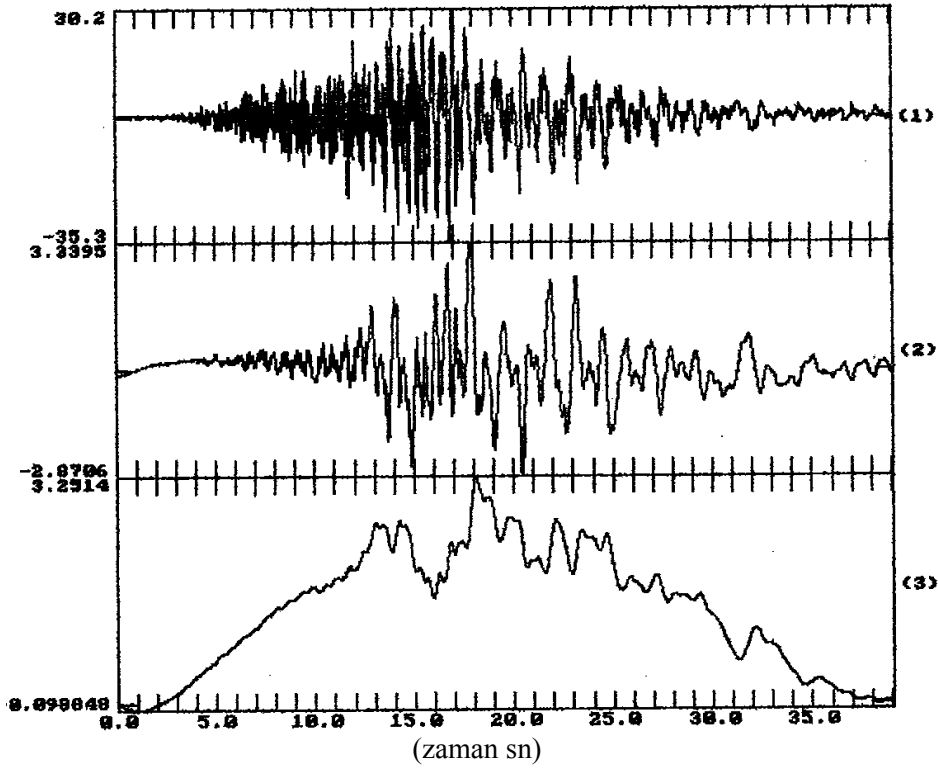
Sultandağı depreminin güçlü yer ivme kayıtları, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilen, Türkiye Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesine bağlı olan sismogramlar tarafından kaydedilmiştir. Bu şebekede bulunan ve depremin merkez üssüne en yakın olan kayıt cihazı SM-2 tipinde olup Afyon ili, Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğü binasında kuruludur. Afet İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre cihazın kurulu olduğu yerin koordinatları 38.581 N-31.248 E olup, depremin merkez üssüne yaklaşık 73 km uzaklıktadır (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı). Bu cihazdan yerel saate göre 9:11:28'de elde edilen düzeltilmemiş üç yönlü güçlü yer, ivme, hız ve deplasman değerleri hesaplanmıştır. Güçlü yer ivmeleri, hız, deplasman değerlerinin kuzey-güney, doğu-batı ve düşey bileşenlerinin zamana göre değişimleri sırası ile Şekil 2, 3, 4'de sunulmuştur. Şekil 2, 3 ve 4'de görüldüğü gibi, depremin kuzey-güney, doğu-batı ve düşey bileşenleri güçlü yer ivmelerinin en büyük değerleri sırası ile  $113.3 \text{ cm/sn}^2$ ,  $94.2 \text{ cm/sn}^2$  ve  $35.3 \text{ cm/sn}^2$ 'dir.



Şekil 2. Sultandağı depreminin kuzey-güney bileşeninin zamana göre değişimi  
(1) ivme, cm/sn<sup>2</sup>; (2) hız, cm/sn; (3) deplasman (cm)



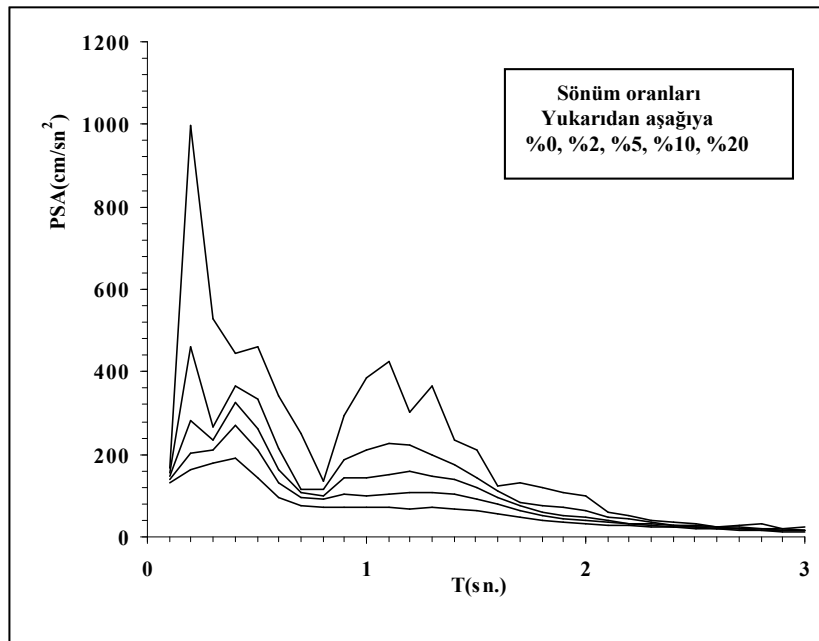
Şekil 3. Sultandağı depreminin doğu-batı bileşeninin zamana göre değişimi  
(1) ivme, cm/sn<sup>2</sup>; (2) hız, cm/sn; (3) deplasman (cm)



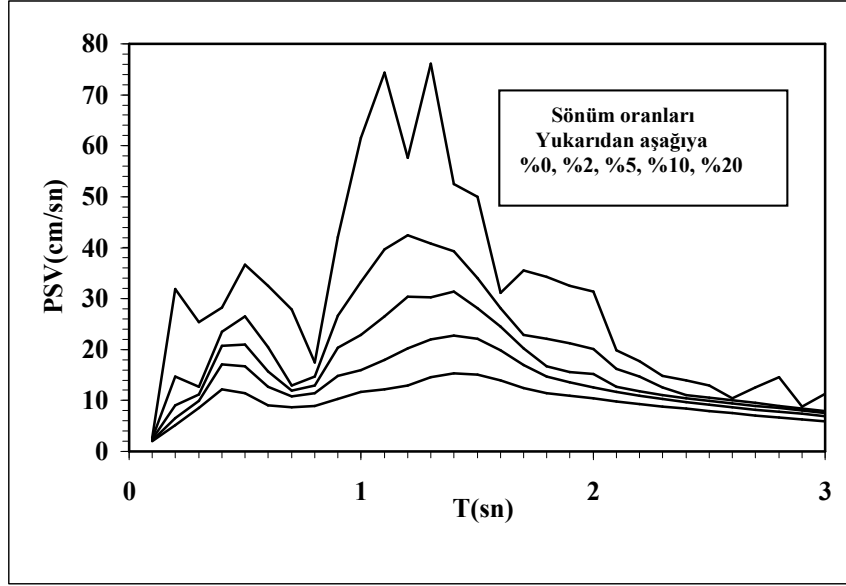
Şekil 4. Sultandağı depreminin düşey bileşeninin zamana göre değişimi (1) ivme, cm/sn<sup>2</sup>; (2) hız, cm/sn; (3) deplasman (cm)

#### 4. ELASTİK MUKABELE SPEKTRUMLARI

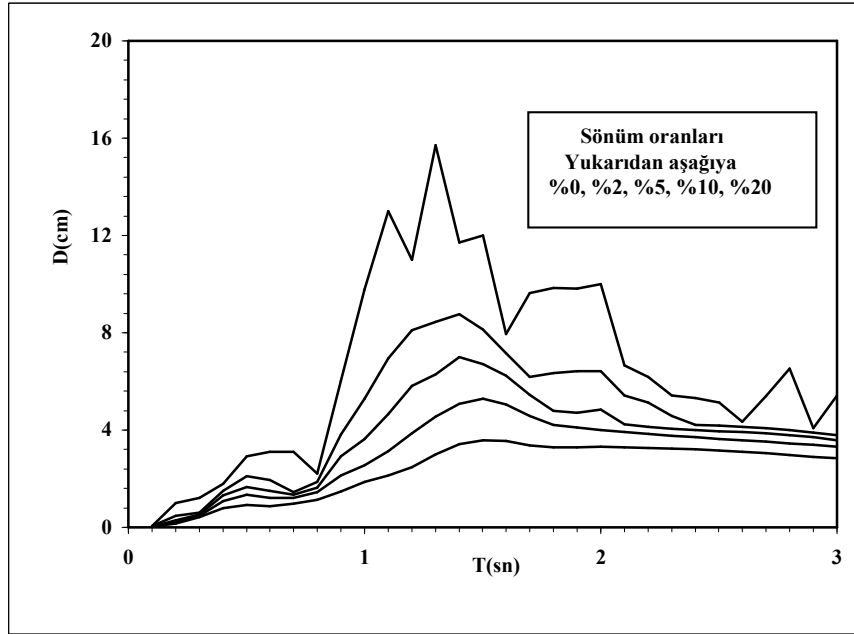
Sultandağı depreminin güçlü yer ivmelerinin kuzey-güney bileşeni sayısal değerleri kullanılarak, sönüm oranları %0,%2,%5,%10,%20 için elastik yalancı ivme, yalancı hız ve deplasman mukabele spektrumları hesaplanmış, bu spektrumlar sırası ile Şekil 5,6,7 de sunulmuştur.



Şekil 5. Kuzey-güney bileşeni elastik yalancı ivme mukabele spektrumu



Şekil 6. Kuzey-güney bileşeni elastik yalancı hız mukabele spektrumu



Şekil 7. Kuzey-güney bileşeni elastik deplasman mukabele spektrumu

Şekil 5'de görüldüğü gibi sönüm oranı %5 ve doğal periyodu  $T=0.4$  sn olan betonarme binalarda en büyük tepki ivmesi oluşmaktadır. En büyük tepki ivmesinin bu değeri  $325.4 \text{ cm/sn}^2$  olarak hesaplanmıştır.

## 5. YAPISAL HASARLAR

Sultandağı depreminde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğünden 9 Şubat 2002 tarihi itibarı ile alınan bilgilere göre, bölgede toplam 1401 adet bina ağır hasarlı veya tamamen yıkılmıştır. Bu binalardan 1174 adedi konut, 227 adedi ise işyeri olarak kullanılan binalardır. Bölgede orta hasarlı bina toplamı 468, az hasarlı bina adedi ise 2953 adettir. Hasarlı binaların yerleşim bölgelerine ve kullanım amacına göre dağılımı Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. 9 Şubat 2002 tarihi itibarı ile hasarlı binaların İlçelere göre dağılımı

İLÇE ADI	A Ğ I R H A S A R		O R T A H A S A R		A Z H A S A R	
	Konut	İşyeri	Konut	İşyeri	Konut	İşyeri
Sultandağı	488	6	184	5	801	72
Çay	563	221	77	40	721	20
Bolvadin	123	-	154	8	1291	48
T O P L A M	1174	227	415	53	2813	140

Bölgede konut türü, yaygın olarak kerpiç, tuğla kagir, ahşap karkas olup az sayıda betonarme karkas türünde bina bulunmaktadır. Tamamen yıkılmış yada ağır hasarlı binalar Çay ilçesinde Şirinevler, Bahçelievler mahallelerinde ve Eber beldesinde; Sultandağı ilçesinde Yenimahalle, Selçuk mahallelerinde ve Yakasenek beldesinde; Bolvadin İlçesinde ise Şihlar, Aliefendi, Bekirağa ve Hacıyusuf mahallelerinde yoğunlaşmaktadır.

Sultandağı İlçesinde alüvyonlu zemin üzerine inşa edilmiş yığma ve kerpiç yapılarda ağır hasarlar meydana gelmiştir. İlçede bulunan yığma bina türündeki iki katlı Ziraat Bankası binasında ağır hasar bulunmaktadır.

Çay ilçe merkezinin kuzeyinde alüvial zemin üzerine kurulu bulunan Küçük sanayi sitesinde, taşıyıcı sistemi betonarme karkas, kısa doğrultuda yaklaşık açıklıkları 8m+7m+7m+8m olan dört açıklıktan ibaret, toplam yapı yüksekliği ise yaklaşık 8m olan, ara katlı, kolon kesitleri 40/40 cm boyutlu, kısmen ağır hasarlı, kısmen tamamen yıkılmış site binaları bulunmaktadır. Bu binaların çatıları kirişli, eğimli betonarme plaklardan oluşmuştur. Binalarda kullanılan beton kalitesi düşük, ankraj boyları yetersizdir. Kolon-kiriş birleşim noktalarında etriye sıklaştırması yapılmamıştır. Küçük Sanayi Sitesinde bulunan, tamamen yıkılmış bir binanın kısa doğrultusundaki çerçevesi Şekil 8’de sunulmuştur. Sanayi sitesinde bulunan binalara ait kolonların yetersiz etriye nedeni ile mafsallaşmış alt ve üst uçları Şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 8. Çay İlçesi sanayi sitesinde bulunan tamamen göçmüş bir bina.



Şekil 9. Çay İlçesi sanayi sitesinde bulunan binalarda alt ve üst uçları mafsallaşmış kolonlar.

Çay ilçesi, Bahçelievler mahallesinde ve Çay-Bolvadin karayolunun solunda bodrum + zemin + 7 normal kattan ibaret toplam dokuz katlı, Yeşil Çay konut kooperatifine ait olan üç bloktan oluşan konut türü binalardan karayoluna yakın konumda olan iki blok ağır hasarlı, diğer blok ise tamamen yıkılmış vaziyettedir. Bloklar eski dere yatağı olan kalın alüvial zemin üzerine inşa edilmiştir. Yeşil Çay kooperatif binalarında beton kalitesi düşük olup kolon-kiriş birleşim noktalarında etriye sıklaştırması yapılmamıştır. Bloklardan tamamen yıkılmış olanı, 1. mod hareketini tamamlamadan arkaya doğru göçmüştür (Şekil 10).





Şekil 10. Yeşil Çay Konut Yapı Kooperatifine ait toptan göçmüş 9 katlı betonarme yapı.

Yeşil Çay yapı kooperatifine ait tamamen göçen binanın taşıyıcı elemanlarında donatı ve beton aderansı sağlanamamış, kolon-kiriş birleşim noktalarında, donatı beton içerisinden kolaylıkla sıyrılmıştır. Ayrıca kolon ve kiriş betonlarının farklı zamanlarda dökülmesi, birleşim noktalarında soğuk derz oluşmasına neden olmuştur. Şekil 11’de perde-kiriş bağlantı noktasında kolondan sıyrılan boyuna donatılar ve soğuk derz görülmektedir. Çay-Bolvadin karayoluna yakın konumdaki iki bloktan birinde bodrum ve zemin kat tamamen çökmüştür. Bu üç bloğun henüz yapım aşamasında olması, imalatların tamamlanmamış ve konutların iskana açılmamış olması depremde can ve mal kaybını azaltmıştır.



Şekil 11. Perde-kiriş düğüm noktasında perdeden sıyrılmış perde boyuna donatıları ve soğuk derz.

## 6. SONUÇLAR

Sultandağı depreminde hasar gören pek çok yapı , yığma yada kerpiç türünde yapılardır. Kerpiç yapıların çatı sistemi oldukça ağır, özellikle kar ve yağmurdan sonra ağırlıkları katlanarak artan toprak damlar şeklinde teşkil edilmiştir. Bu durum yapı ağırlığını , dolayısı ile yapıya etkiyecek yatay kuvvetleri arttırmaktadır. Yığma yapıların süneklik kapasiteleri oldukça düşüktür. Bu nedenle bu tür yapıların, deprem esnasında oluşacak enerjiyi, göçmeden deplasman yaparak tüketme kabiliyetleri zayıftır. Bu tür yapıların sünekliğini arttıracak hatıl ve duvarların özenle imal edilmesi, taşıyıcı duvarlar için deprem yönetmeliğinde belirtilen minimum duvar kalınlıklarına uyulması gerekmektedir (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik, 1998).

Sultandağı depreminde hasar gören betonarme karkas yapılar Çay ilçesindeki, küçük sanayi sitesindeki binalar ve toplam dokuz katlı Yeşil Çay konut kooperatifine ait üç bloktur. Betonarme binaların inşa edildiği zemin türü alivüal zemindir. Bu tür zeminler deprem etkisini büyütebileceği için binaların daha uygun zeminler üzerine inşa edilmesi uygun olacaktır. Bu depremde düşük beton kalitesi, kolon-kiriş sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılmaması, donatı ile beton arasındaki aderansın sağlanamamış olması, kolon-kiriş birleşim noktalarında soğuk derz oluşumuna izin verilmesi, betonarme yapılarda hasarların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sultandağı depremi, büyük bir bölümü aktif deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde her tür yapının depreme dayanıklı olarak tasarlanmasını ve imal edilmesinin önemini bir kez daha anımsatmıştır.

## KAYNAKLAR

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (1998), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet işleri Genel Müdürlüğü, Ankara, <http://www.boun.koeri.edu.tr>.

Şaroğlu F.,Emre Ö, Kuşcu İ., (1995): “Türkiye Aktif Fay Haritası”, Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü, MTA,Ankara.