



KOCAELİ
ÜNİVERSİTESİ

“23 EKİM 2011 TARİHLİ VAN DEPREMİ”NDE GÖZLENEN YAPI HASARLARI” “RECONNAISSANCE REPORT - VAN EARTHQUAKE of OCTOBER 2011”

Şevket ÖZDEN*, Erkan AKPINAR, Hilal M. ATALAY

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Aralık/December 2011

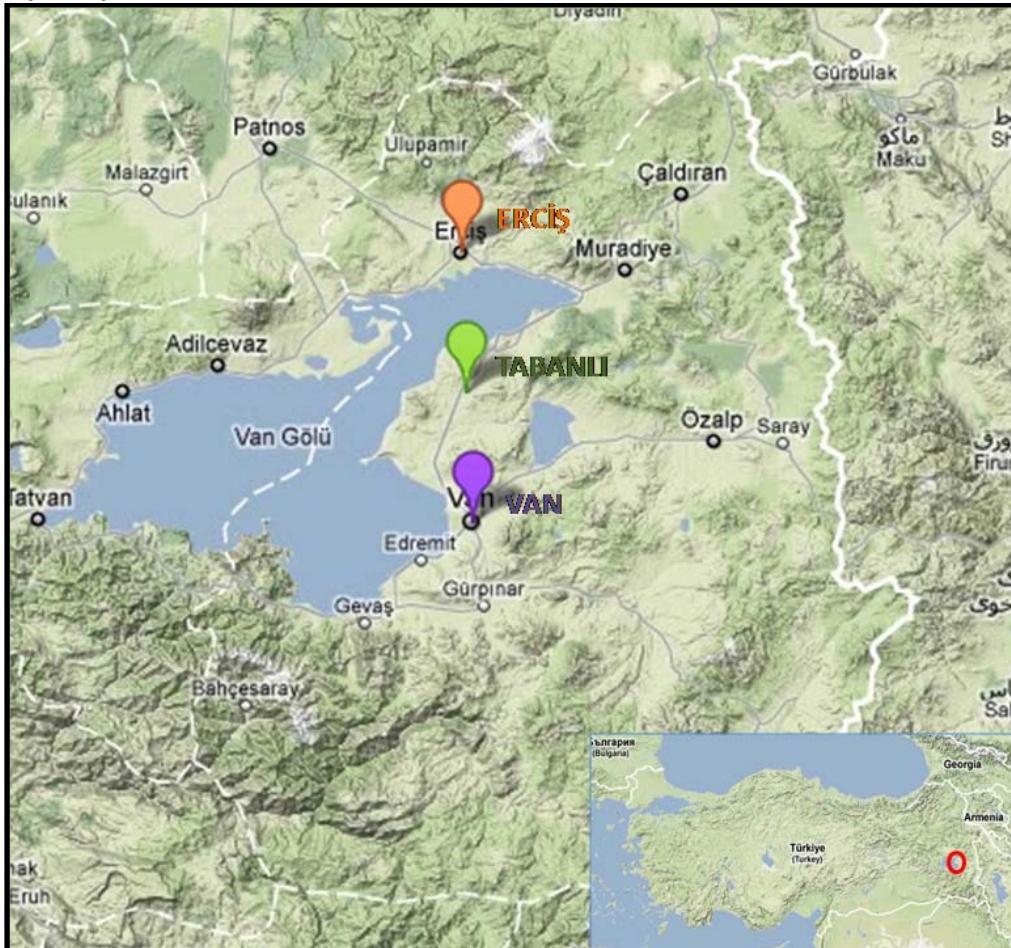
* correspondence: sevketozen@yahoo.com

Giriş

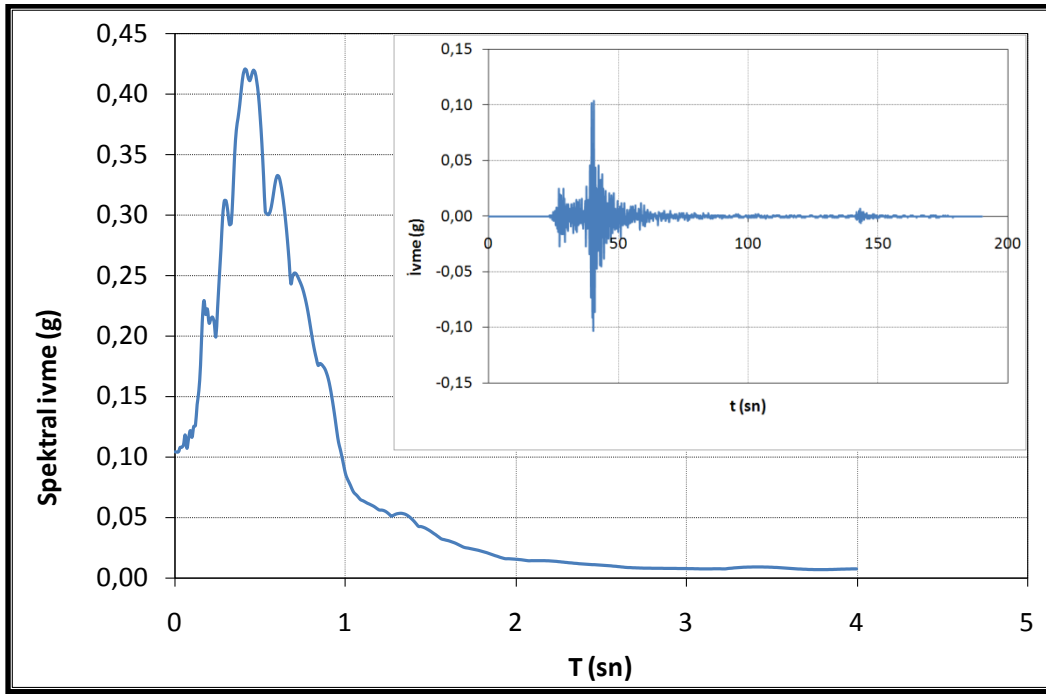
Türkiye’nin Doğusunda 23.Ekim.2011 tarihinde saat 13:41 de Van il merkezi (43:20E, 38:28N) ile Erciş ilçe merkezini (43:30E, 38:49N) etkileyen Van-Tabanlı köyü merkezli 6.7 Richter büyüklüğünde [1], (Mw=7.2 [2]) şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Van il merkezinde kısmi hasara sebep olan deprem, Erciş ilçesindeki yapılarda daha yaygın bir hasara sebep olmuştur. Deprem dış merkezine 116 km uzaklıktaki Bitlis-Merkez’de en yüksek ivme değeri D-B yönünde 102 gal olarak ölçülmüştür [1].

Introduction

A damaging earthquake (6.7 Richter scale [1], Mw=7.2 [2]) hit the city Van (43:20E, 38:28N) on October 23, 2011, 13:41 hrs-local. The epicenter of the earthquake was declared as the Tabanlı village of Van [1, 2]. Earthquake caused damage on individual buildings in the city center of Van, while the damage was more spread on the main street of the town Erciş. The peak ground acceleration measured at the city center of Bitlis, 116km from the epicenter, reached 102 gals in East-West direction [1].



Harita 1 – Deprem Bölgesi **Map 1 – Earthquake Region**



Şekil 1 – Bitlis Merkezde Kaydedilen D-B Yönlü Deprem İvme Kaydı [1] ve İvme Spektrumu (%5 sönüm)

Figure 1 – Recorded E-W Acceleration [1] (Bitlis city center) ,and the Acceleration Spectrum (5% damping)

Bölgenin Jeolojik-Jeofizik ve Tektonik Karakteri

Van ili yerleşim alanı göl, akarsu ve karasal çökellerin tekrarlanmasıyla oluşan gevşek özellikteki kum, çakıl, mil ve kil ardalanmasından oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesi yüzeye yakındır ve Van ovasını oluşturan zemin gevşek özelliktedir. Bölgede Nemrut, Süphan, Tendürek gibi bilinen volkanlar bulunmaktadır.

Geologic, Geophysical and Techtronic Background

The surrounding area of the city Van is composed of lake, rive and land sediments and has layers of loose sand, gravel and clay. Ground water table is high, especially for the areas close the Lake Van. There are well known volcanoes like Nemrut, Suphan and Tendurek in the hinterland of Van.

Önceki Önemli Depremler / Previous Significant Seismic Activities

Çatak	1945	M=5.8
Van	1972	M=5.2
Çaldıran	1976	M=7.2
Erciş	1977	M=5.1

Yapısal Hasar

Bölgedeki yapıların deprem performansları ve hasar yayılımları üç yapı tipi başlığı altında incelenmiştir. Bu başlıklar sırasıyla “Kültür Mirası Yapılar”, “Yerinde Dökme Betonarme Yapılar”, ve “Betonarme Prefabrik Yapılar”dır.

Structural Damage

The earthquake performance of the structures in the region is investigated for three group of buildings, namely “Cultural Heritage Buildings”, “Cast in Place Reinforced Concrete Buildings”, and the “Pre-Cast Reinforced Concrete Buildings”

Kültür Mirası Yapılar

1. Şeyh Abdurrahman Gazi Camii ve Türbesi

Tek kubbeli ve kare planlı bir camidir. Son cemaat yeri üç kemerli olan caminin dış cephesi kesme taştan yapılmıştır. Son cemaat yerindeki bir tarafı

Cultural Heritage Structures

1. Sheikh Abdurrahman Mosque and Tomb

The mosque has a square plan with single dome. The late prayers’ porch, which has 3 parallel arches supported by the mosque exterior walls on one side and marble columns on the other side, has

sütunlara, diğer tarafı beden duvarına basan kemerlerin en dışta olanlarında minimal seviyede kılcal çatlaklar gözlenmiştir. Beden duvarlarında herhangi bir hasar bulunmamaktadır. Cami genel olarak hasarsızdır. Van kalesinin Kuzey-Doğu ucundadır.

minimal cracks, specially on the outer ones. The exterior walls of the Sheikh Abdurrahman Mosque is free of any EQ damage, as well as the tomb. The Tomb and the Mosque is located on the Eastern outskirts of the Castle Van



Fotoğraf/Picture 1- Şeyh Abdurrahman Gazi Camii ve Türbesi, Son Cemaat Yeri Kemer ve Sütunları / *Sheikh Abdurrahman Mosque and the Late Prayers' Porch*



Fotoğraf/Picture 2- Şeyh Abdurrahman Gazi Camii ve Türbesi, Beden Duvarları ve Kurşun Kubbesi / *Sheikh Abdurrahman Mosque Side Walls*

2. Hüsrev Paşa Camii

Van Kalesi'nin Güney ucunda ve Orta Kapı Mahallesinde bulunan Hüsrev Paşa Camii 1567 yılında Van Beylerbeyi Koca Hüsrev Paşa tarafından yaptırılmıştır. Mimarının Mimar Sinan olduğu söylenmektedir. Kare planlı olup tek kubbelidir. Duvar kalınlıkları yaklaşık 180cm dir. Beş kemerli son cemaat yeri ve kare kaideli bir minaresi bulunmaktadır.

Son cemaat yerindeki beden duvarlarına dik kemerlerin açılması ile bu kemerlerin tepe noktalarında çatlama olmuştur, bu açılmalar küçük kubbelere de sirayet etmiş durumdadır. Son cemaat yerinde beden duvarı ile sütun arasındaki gergi demirlerinin kısmen aderans kaybı ile yerlerinden çıktığı gözlenmektedir. Kare kesitli minare kaidesinin beden duvarına çarpması ile tek yönlü ve yaklaşık 45 derece doğrultusunda kaide de kesme çatlakları oluşmuştur (Kuzey ve Güney cepheleri). Minarenin Doğu-Batı yönündeki hareketinden dolayı Batı yüzündeki taşlarda ezilme hasarı mevcuttur. Giriş kapısı üstünde bulunan yazıtta taşların birbirlerinin üzerinde kaydığını gösterir çatlaklar takip edilmektedir. Caminin içine giriş imkanı olmamıştır. Bu yüzden duvarlarında ve kubbesinde içten hasar takibi yapılamamıştır.

2. Husrev Pasha Mosque

Husrev Pasha Mosque, which is located in Orta Kapı locale, the Southern skirts of the Castle Van, was made constructed by Husrev Pasha in 1567, the Grand Seigneur of Van. Sinan, the great architect, is believed the architect of the mosque. The mosque has a square plan with a single dome. Peripheral walls (external walls, body-walls) has a thickness reaching approximately 180cm. The late prayers' porch has a five arch plan layout, having four small domes in between the arches. The minaret, constructed by the mosque with a continuous stone wall façade, has a square pedestal.

Due to the support movement of the arches of the late prayers' porch (mainly due to the outward movement of the columns relative to the peripheral walls) The arch crests has tensile cracking. Moreover these cracks spread to the small domes above. It is believed that such cracking of both the arches and the covering domes were mainly caused by the insufficient performance of the tension ties. In fact, the pull-out failure of the tension ties was observed. Due to the differences in natural frequencies of the minaret and the mosque body, a heavy damage was accumulated on the square pedestal of the minaret, with outward cracks of 45 degrees (North and South faces of pedestal). Crushing of pedestal walls was observed on the West façade. The cut-stones just above the entrance door have cracking and sliding on their bed joints. No damage investigation was allowed inside.



Fotoğraf/Picture 3- Hüsrev Paşa Camii Genel Görünüşü / *General View of Husrev Pasha Mosque*



Fotoğraf/Picture 4 – Son Cemaat Kemerlerindeki Çekme Çatlakları / *Tensile Cracks on the Arch Crests of the Late Preyers' Porch*



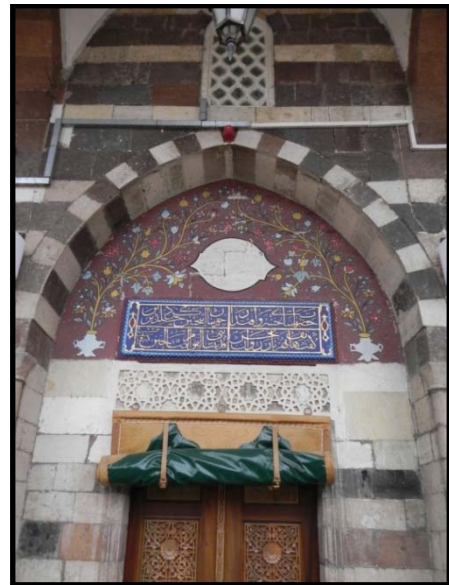
Fotoğraf/Picture 5 – Yerinden Çıkan Kemer Gergileri / *Pull-out Failure of the Arch Tension Ties*



Fotoğraf/Picture 6 – Kare Minare Kaidesinin Batı Yüzündeki Taş Ezilmeleri / *Compressive Crushing on the Western Minaret Pedestal Walls*



Fotoğraf/Picture 7 – Kaidede Gözlenen kesme Çatlakları / *Shear Sliding Cracks on Minaret Pedestal*



Fotoğraf/Picture 8 – Giriş Kapısı Üstünde Gözlenen Derz Oynamaları / *Sliding Shear in Stone Bed Joints*

3. Kaya Çelebi Camii

Van kalesinin Güney ucundaki tarihi camilerden bir diğeri de Kaya Çelebi Camiidir. 17. yüzyılda yapılmıştır ve Hüsrev Paşa Camisinden örnek alındığı düşünülmektedir. İki renkli taştan yapılan caminin kubbesinde kırmızı ve siyah renkli Ahlat taşı kullanılmıştır. Hafifletme kemerleri ile desteklenmiş bir kubbeye sahip olan Kaya Çelebi Camii 1660 yılında Kaya Çelebizade Koçi Bey tarafından yapılmaya başlanmıştır.

Van depreminde minare, şerefe seviyesinden sonrası yıkılarak cami kubbesinin üzerine Güney-Doğu doğrultusunda düşmüştür. Bu düşme esnasında kubbeye çeşitli seviyede çatlak ve ezilmeler oluşmuştur. Ayrıca düşme sebebiyle kubbenin etrafına yerleştirilmiş hafifletme kemerlerinde ve son cemaat yerindeki minareye en yakın kubbe üzerinde hasar oluşmuştur. Son cemaat yerindeki beden duvarına dik olan kemerlerin tepelerinde ise açılmalar mevcuttur. Beden duvarı ile sütunların birbirlerinden uzaklaşmasıyla gergi demirlerinin yerlerinden çıktığı gözlenmektedir. Kare minare kaidesinin beden duvarına çarpmasından dolayı Hüsrev Paşa Camisindeki benzer şekilde kesme hasarı mevcuttur. Minarenin Güney-Doğu yüzünde taşların birbirlerinin üzerinde kaydığı ve derzlerin açıldığı gözlenebilmektedir. Pencere üstlerindeki taş işlemlerde yer yer çatlaklar gözlenmektedir. Caminin içine giriş imkanı olmamıştır. Bu yüzden duvarlarında ve kubbesinde içten hasar takibi yapılamamıştır.



Fotoğraf/Picture 9 – Kaya Çelebi Camisinin Genel Görünüşü ve Minarenin Şerefe Üzerinden Yıkılmış Hali / Overall view of Kaya Çelebi Mosque and the Failure of Minaret above Sherefe

3. Kaya Çelebi Mosque

Kaya Çelebi Mosque is the second mosque located in Orta Kapı locale, the Southern skirts of the castle. It is claimed that the Husrev Pasha Mosque was very much inspired during the construction of the Kaya Celebi Mosque in the 17th century. Main dome of the mosque, which has semi-arches all around, is covered with black and red color Ahlat Stones. The mosque was made constructed by Kaya Çelebizade Koçi Bey around 1660.

The upper part of the two colour minaret, above the sherefe (place where the Islamic call to prayer is called 5 times a day) is toppled (movement was in the East-West direction) and dropped on top of the big dome causing crushing and various level of cracking. Besides the main dome, the stones that dropped from the minaret also damaged the semi-arches around the big dome as well as the nearest small dome covering the late prayers' porch. There observed tensile cracks on the crest of arches, penetrating to the small domes in the late prayers' porch. Tension ties for the arches were experienced pull-out type of failure, same as Husrev Pasha Mosque. A very similar shear failure (similar to that of Husrev Pasha M.) was observed at the pedestal of the minaret. However, the stones of the round part of the minaret also experienced bed joint sliding in this mosque. Tension cracks are observed on the arches of the windows. No damage investigation was allowed inside.



Fotoğraf/Picture 10 –Yıkılan Minarenin Ana Kubbeye ve Hafifletme Kemerlerine Verdiği Hasar / The Damage on the Main Dome and the Surrounding Semi-Arches



Fotoğraf/Picture 11 – Son Cemaat Yerinde Kemerlerin Beden Duvarına Oturduğu noktalarda gözlenen Çekme ve Ezilme Hasarları / *Tensile and Crushing Type of Failures on the Arches at the Connection to the Peripheral walls*



Fotoğraf/Picture 12 – Gergilerde Bağlantı Noktası Hasarları / *Pull-out Type of Failures – Tension Ties*



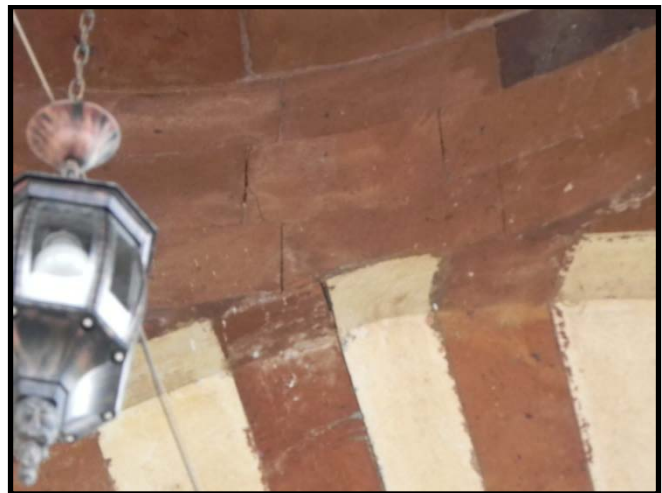
Fotoğraf/Picture 13 – Minare Kaidesinde Kesme Çatlakları / *Shear Failure of the Minaret Pedestal*



Fotoğraf/Picture 14 – Minarede Derz Oynamaları / *Bed-Joint Failures on the Minaret*



Fotoğraf/Picture 15 – Pencere Üstlerindeki Çatlaklar / *Cracks Above the Windows*



Fotoğraf/Picture 16 – Küçük Kubbelere Sirayet Eden Çatlaklar / *Cracks propagating to Domes from Arches*

4. Kızıl Minareli Camii

Sinaniye Camii veya Tebriz Kapısı Camii olarak da bilinen Kızıl Minareli Camii, Van Kalesi güney kısmında kalan “Eski Van Şehri” bölgesindeki tescilli tarihi yapılardan bir diğeridir. Hangi tarihte yapıldığı kesin olarak bilinmemektedir. Silindirik gövdeli olarak imal edilmiş olan minarenin, Selçuklu döneminden kaldığı bilinmektedir. Üst kısmı yıkık olan minarenin kaide kısmı kesme taş, gövde kısmı ise tuğladan örülmüştür. Osmanlı devrinde yenilenmiş olan caminin sadece minaresi ve duvar kalıntıları günümüze ulaşmış bulunmaktadır.

Yapıda izlenen hasarların hangilerinin son depremlerle oluştuğu ayırt edilememekle birlikte yeni olduğu düşünülen bir yıkıntıya rastlanmamıştır.



Fotoğraf/Picture 17 – Kızıl Minareli Cami Genel Görünüşü / Overall view of Mosque with Scarlet-Colour Minaret

5. Ulu Camii

Van Kalesi güneyindeki Eski Van Şehrinde yer alan ve kısmen ayakta olan bir başka tarihi eser yapı da Ulu Camii'dir. Selçuklu eserlerinden günümüze ulaşan yapıtlarından biri olarak kabul edilen yapının, beden duvarlarının bir kısmı ve minaresinin şerefe altı bölümleri ayakta.

Yapıda izlenen hasarların hangilerinin son depremlerle oluştuğu ayırt edilememekle birlikte yeni olduğu düşünülen bir yıkıntıya rastlanmamıştır.



Fotoğraf/Picture 18 – Ulu Cami Kalıntılarından Genel Görünüş / General view of the Grand Mosque Leftovers

4. Mosque with Scarlet-Color Minaret

The Mosque with Scarlet-Color Minaret is also known as Sinaniye Mosque or Tebriz Kapı Mosque. It is located on the Southern skirts of the Castle Van. Although the construction date is not clearly known, the mosque is believed to be constructed in the Seldjoukides era of Anatolia. The main body of the mosque has already demolished. The remains of Minaret and the ruins of the minaret's pedestal are the only leftovers. The minaret was constructed with clay bricks, while the pedestal was out of stone.

No damage that can surely be attributed to the latest earthquake could be traced. There was no trace of recent collapses.

5. Grand Mosque

Grand Mosque is one of the Heritage Structures from the Seldjoukides era. Only part of the peripheral walls of the mosque and that part of the minaret below the Sherefe are the remains.

No damage that can surely be attributed to the latest earthquake could be traced. There was no trace of recent collapses.

6. Van Endüstri Meslek Lisesi

Cumhuriyet Dönemi yapılarının en niteliklilerinden olan ve 1951 yılında eğitime başlayan yapı iki katlı ve yığma binadır. Kapı ve pencere çerçevesi taş söveden oluşmaktadır. Dikdörtgen olan ana binaya planda dik koridorlar halinde yerleştirilmiş atölye binaları 1966 yılında imal edilmiştir. Kampüsdeki ek derslik binaları 1978 yılında hizmete açılmıştır.

Ana bina dış duvarları ve iç duvarları hasarsızdır; kısa açıklığı doğrultusunda bulunan ve koridoru kesen kirişlerde kemer formunda çatlaklar meydana gelmiştir. Kapı üstü duvarlarda oluşan çatlaklar da kemer formundadır. Ana binaya dik yerleştirilmiş olan tek katlı atölyenin pencere boşlukları aralarındaki duvarlarda diyagonal kesme çatlakları gözlenmiş olup bu durum kapasitede önemli kayıplara sebep olmuştur.

Birbirlerinden farklı mahya kotları ile biten betonarme plak çatı döşemesine sahip olan elektronik binasındaki kısa kolonlar ağır hasar görmüştür.

6. Van Vocational High School

The building is serving since 1951, as one of the best known buildings of its age. Two story Vocational High School building was a masonry structure with a rectangular plan geometry. Stone masonry works around the windows are very much attractive. The machine-shop buildings which were constructed around 1966 and rectangular in plan, are located on the backyard of the main campus, and directly connected to the main building. The additional buildings in the campus are dating back to 1978.

The façade walls and partition walls were free of damage, while arch type of cracks were observed on each beam spanning in the short direction of the beam and passing over the main corridor. Besides, the façade walls of the machine-shop buildings in the long direction of the building yielded shear cracking. The short columns of the additional buildings experienced shear failure, as expected.



Fotoğraf/Picture 19 – Van Endüstri Meslek Lisesi Ana Bina / Main Building of Van Technical High School



Fotoğraf/Picture 20 – Ana Bina ve Atölye Binası / Main Building and the Work Shops



Fotoğraf/Picture 21 – Koridor Kirişlerindeki Hasarlar / Damage on Corridor Beams



Fotoğraf/Picture 22 – Atölye Cephesi Kesme Çatlakları / Shear Cracks on the Workshop Build. Facade



Fotoğraf/Picture 23- Elektronik Binası Genel Görünüş / *General View of Electronic Education Building*



Fotoğraf/Picture 24 – Kısa Kolon Hasarı / *Damage due to Short Column*

7. TEKEL Binası

Cumhuriyet Caddesi üzerinde bulunan TEKEL Binası, Cumhuriyet Dönemi yapılarından. İki katlı yığma yapıdır ve dış cephesi taş kaplamadır. Halihazırda kullanılmamaktadır.

Yapının cephe duvarları hasarsızdır. Bina içine girilemediği için iç duvarlarda hasar takibi yapılamamıştır. Diğer taraftan Tekel Binasının arka cephesine imal edilen yapı parçasındaki duvar süreksizliği (Tekel Binasının arka duvarına dik birleşen parça) ana binada hasara yol açmıştır. Burada binanın zayıf eksenindeki duvar parçası ile birleşen ve güçlü ekseninde olan duvarın arasındaki deplasman uyumsuzluğu ön plana çıkmıştır.

7. TEKEL Building

TEKEL building is located in the city center on Cumhuriyet Street. The building is a two storey masonry structure with a cut-stone façade.

The building façade and the peripheral walls (except the back side wall) were without damage. Damage investigation on the inner walls could not be possible since the building was not in use at the time of investigation. The back side of the building has a set-back, resulting a strong-to-weak axis wall connection. Due to the displacement incompatibility a vertical crack was observed on the wall.



Fotoğraf/Picture 25 - Tekel Binası Genel Görünüş / *General View of Tekel Building*



Fotoğraf/Picture 26 - Duvar hasarı (düşey çatlak) / *Damage on Wall (vertical cracks)*

8. Van Eski Gümrük Binası

Van Gümrük Binası Cumhuriyet Caddesi üzerinde olup 2 katlı betonarme karkas bir Cumhuriyet dönemi yapısıdır. Gümrük binasını şehirdeki diğer yapılardan ayıran en önemli özellikler dolgu duvarlarının beton blok tuğlalarla oluşturulmuş olması ve örgü şeklinin donatılı duvar olmasıdır. Yapı Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından henüz tescilli değildir.

Yapı genelinde az hasarlıdır. Kolon ve kirişlerde herhangi bir hasar bulunmamaktadır. Duvarlarda herhangi bir kesme çatlağı bulunmamaktadır. İkinci kat duvarlarının bir kısmında düzlem dışı hareketin izleri gözlenmiştir. Bu durum ağır beton blokların duvar elemanı olarak kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Hasarın sadece duvarların çerçevelerden ayrılma seviyesinde kalması ve duvarların yıkılmamasının en önemli sebebi ise duvarın örülmesi esnasında kullanılan ve kolonlara bağlanmış olan yatay demir donatılardır ve bunların derzleri takip etmesidir.



Fotoğraf/Picture 27 – Van Gümrük Binası Genel Görünüş / General View of Van Custom Building

8. Old Custom Building of Van

The Old Custom Building of the city of Van is a 2 storey reinforced concrete building on the Cumhuriyet Street. The most striking characteristic of the building is the concrete masonry blocks used for the infill walls and the construction practice which is reinforced masonry. The building is not registered yet by the Directory of Cultural Heritage.

The building experienced minor damage. The frame system was practically without damage, and no shear cracks were observed on the partition walls. Out of plane deformations are visible on the second storey external infill walls, and this may be attributed to the inertia force developed by the heavy concrete masonry. None of the outer walls fall out of their frames, due to the positive effect of the horizontal reinforcement laid in the brick beds and spanning from consecutive columns.



Fotoğraf/Picture 28 – Bina Yan Cephesi / Side View of the Building



Fotoğraf/Picture 29 – Bina Yan Cephesi / Side View of the Building



Fotoğraf/Picture 30 – Duvar Hasarları / Damage on Confined Masonry Walls



Fotoğraf/Picture 31 – Duvar Malzemesi ve Örgü Tekniği (Beton Blok ve Donatılı Duvar Örgüsü) / *Wall Material and the Construction Method (Concrete Blocks and Reinforced Masonry Technique)*



Fotoğraf/Picture 32 – Binanın Yan Görünüşü / *Side View of the Building*



Fotoğraf/Picture 33 – Binanın yan Duvarları / *Side Walls of the Building*

8. Ahşap Çatıklı Eski Kerpiç Ev ve Hamam - Erciş

Erciş ilçesinde en büyük bina yıkımların olduğu Van Yolu Caddesi üzerinde bulunan taş yığma hamam ve kerpiç yığma evde diğer binalara nazaran hasar bulunmamaktadır. 1939 Erzincan depreminden önce yapıldığını öğrendiğimiz iki katlı kerpiç yapıda yaklaşık 1m aralıkla yatay ahşap hatılların kullanılmış olmasının yanında bu hatılların bina köşelerinde de sürekliliklerinin sağlanacağı şekilde birleştirilmiş olması binanın üstün deprem performansının en önemli sebebi olarak göze çarpmaktadır. Binada döşemeler ahşap

8. Mud-brick Masonry House w. Timber Ties and Hammam in the Same Yard - Ercis

The mud-brick masonry building and the hammam located on the Van Yolu Street, where many building collapses took place, experienced no damage at all. It was learned that the building was constructed before the devastating Erzincan Earthquake of 1939. The superior performance of such a structure may well be attributed to the horizontal timber beams located approximately at every other meters in elevation, if not their continuity at the wall corners. The floors were with logs

kalaslardan oluşturulmuş olup tek yönde (ön ve arka cephe) yük aktarımı yapmaktadır.

Hamam yapısı için ise ne zaman yapıldığı ile ilgili bir bilgi (sözlü tarihten) edinilememiştir. Hamam yapısında da kubbe ve duvarlarda herhangi bir hasar gözlenmemiştir.

spanning between the front and back façade wall, resulting one-way load distribution.

Not a definite date was learned for the construction time of the hammam. The walls and the single dome of the hammam was without earthquake damage



Fotoğraf/Picture 34 – Kerpiç Yapının Ön Cephesi 1 /
Front View of the Mud-Brick Masonry Building 1



Fotoğraf/Picture 35 – Kerpiç Yapının Ön Cephesi 2 /
Front View of the Mud-Brick Masonry Building 2



Fotoğraf/Picture 36 – Kerpiç Yapının Yan Cephesi ve
Ahşap Kirişlemeler / Side View of the Mud-Brick
Masonry Building and the Timber Ties in the Walls



Fotoğraf/Picture 37 – Hammam Genel Görünüş /
General View of Hammam

9. Kadempaşa Hatun Kümbeti

Erciş'in Van yönünden girişinde bulunan Kadempaşa Hatun Kümbeti kesme taştan yapılmış bir yığma yapıdır. Temel kotunda herhangi bir deprem hasarı gözlenmemiştir. Diğer taraftan cephede gözlenen nişlerin üst seviyelerinden itibaren ince yonu taşların derzleri üzerinden kaydığı gözlenmiştir. Gelecek depremlerde bu kaymaların artmasıyla beraber bölgesel göçmeler imkan dahilindedir. İvedilikle güçlendirilmesi uygun olacaktır.

9. Tomb of Kadempaşa Hatun

The tomb of Kadempaşa hatun, which was located on the Van Yolu street at the entrance of Erciş, was constructed out of fine cut stones. No earthquake damage was observed on the tomb's foundation level. On the other hand the fine-cut stones were experienced bed-sliding above the niche level. It is believed that the successive earthquakes will increase the bed joint sliding between the façade stones, resulting local collapses. The tomb must be retrofitted against future earthquakes.



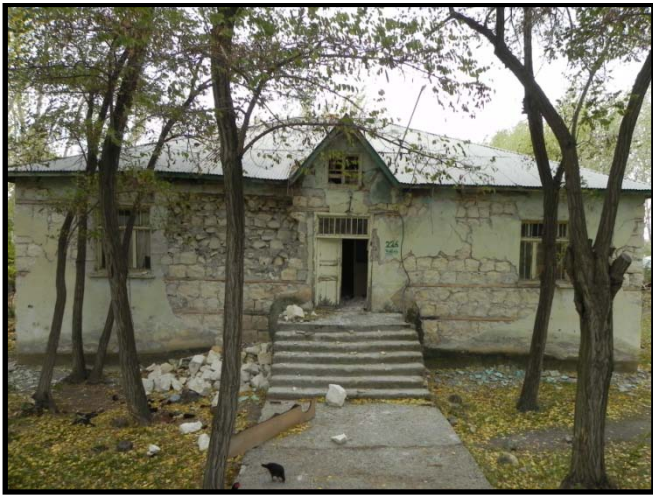
Fotoğraf/Picture 38 – Kadempaşa Hatun Kümbeti Genel Görünüş / General View of Tomb of Kadempaşa Hatun

10. Taş Yığma Ev - Erciş

Erciş'in Van tarafından girişinde, Van Yolu Caddesi üzerinde bulunan tek katlı, taş yığma evde deprem hasarı tesbit edilmiştir. Tüm duvarlarında yatay yönde ahşap kirişler bulunan evin duvarlarında harç olarak çamur kullanılmıştır. Duvarlarında neredeyse hiç bir düzlem içi kesme hasarı olmayan evin ön cephesindeki duvarlarda yer yer dökülmeler gözlenmektedir. İç ve dış katman, arası moloz şeklinde örülen duvarların dış katmanında düzlem dışı hareket oluşmuştur. Bu düzlem dışı hareketin hem kullanılan yatay ahşap kirişlemeleri duvarın her iki yüzünde birbirine bağlayan kasnakların olmayışı (duvarı düzlemine dik kesen ve ön yüzdeki ahşap kirişleme ile arka yüzdekini birleştiren ahşap parça) hem de düşey yükün kapasiteye oranla daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

10. Stone Masonry House - Erciş

The stone masonry house was located on the Van Yolu Street, on the Van bound outskirts of Erciş. The house experienced earthquake damage in the form of wall collapses. All walls were constructed with horizontal timber ties, resulting earthquake resistant walls. No in-plane earthquake cracking was observed on either walls of the building. On the other hand, the front façade experienced out-of-plane collapse of the outer wall layer. This may well be attributed either to the lack of timber ties perpendicular to the wall plane (connecting the horizontal timber ties located on both faces of the individual walls) or the low quality mud-mortar resulting low normal force capacity.



Fotoğraf/Picture 39 – Taş Yığma Bina Ön Cephe Genel Görünüş / General View of The Stone Masonry Building, front Face



Fotoğraf/Picture 40 – Taş Yığma Bina Yan Cephe Genel Görünüş / General View of The Stone Masonry Building, Side Face



Fotoğraf/Picture 41 – Taş Yığma Binada Yatay Ahşap Kirişlemeler / The Horizontal Timber Ties within the Stone Masonry Walls



Fotoğraf/Picture 42 – Ön Cephe Gözlenen Taş Duvar Dış Katman Göçmesi / The Failure of the Outer Wythe of the Stone Masonry at Front Face

Betonarme Yapılar

Van depreminden Van şehir merkezi orta seviyede, Erciş ilçe merkezi ise ileri seviyede etkilenmiş olup hasar gören betonarme binalar ağırlıklı olarak bu iki merkezde toplanmıştır.

Van il merkezinde yıkılan bina sayısı Erciş ilçe merkezine oranla çok daha azdır. Bina yıkılmaları Van'da veya Erciş'de zemine bağlı olarak belirli bir bölgede yoğunlaşmıştır. Yıkılan veya ağır hasar gören binalar genellikle 4-7 kat arasındadır. Ağır yıkımların fotoğraflandığı binaların hemen yanı başında hasarsız veya minimum hasarlı yapıları görmek mümkündür. Bu durum yıkılan binalarda sistematik olarak tekrarlanan bir hatanın veya hatalar grubunun varlığını işaret etmektedir. Van ve Erciş merkezlerde betonarme binalardaki hasar sebepleri (bundan önceki hemen hemen bütün depremlerde de benzer şekildedir) aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

a.) Yıkılan hiçbir binada kolon-kiriş düğüm bölgelerinde etriye görülmemiştir: Bina göçmelerinin bir çoğu düğüm bölgesinin güç tükenmesine ulaşması ile meydana gelmiştir. Bu tür göçmelerde düğüme bağlı olan elemanlarda hasar gözlenememektedir. Bu hasarsızlık kolon ve kirişlerin hesap kapasitelerine ulaşmadan önce zincirin en zayıf halkası olan düğüm bölgesinin güç tükenmesiyle yapının göçtüğünün önemli bir göstergesidir. Normal olarak kolon etriyesine paralel etriyelerin düğüm bölgesinde kullanılmasıyla oluşturulan düğüm sargılama donatısı, Erciş'deki bir binada aşağıda fotoğraflarda verildiği gibi yanlışlıkla kiriş etriyesinin düğüm bölgesinde de devam ettirilmesiyle yapılmaya çalışılmıştır.

b.) Filiz, bindirme ve ankraj boyları yıkılan bütün binalarda yetersizdir: Bu donatıların yerlerinden sıyrılıp çıkacağı yük veya deplasman (veya düğüm dönme açısı)

Reinforced Concrete Structures

The reinforced concrete structures in two city centers namely Van city center and Ercis town center experienced considerable damage. The buildings in Ercis experienced relatively heavy damage.

The number of total collapses and casualties in Van was relatively less in comparison to Ercis. There was not a clear evidence of sub foundation soil effect on collapses and heavy damages observed either in Van or Ercis. The damaged or collapsed reinforced concrete structures were mainly 4 to 7 storey buildings. It was possible to see minimum damage buildings just beside the totally collapsed ones, indicating the existence of a systematically repeated error in the building construction in the region. The observed reasons of damage / collapse of the reinforced concrete buildings are discussed below. The reasons of damage, unfortunately, were similar to that of previous ones.

a.) No hoop reinforcement was observed at the beam column connections in the collapsed buildings: Most of the collapses in Van and Ercis were caused by the failure of beam-column connections. The connecting members, namely beams and columns were mostly not yielded due either to the failure of connections or due to shear failures encountered. The hoop reinforcement that should be a continuation of the column confining reinforcement was misinterpreted by the local craftsmen and beam shear reinforcement was made continuous in one of the heavily damaged buildings in Ercis, as shown in pictures below.

b.) Anchorage and lap-splice lengths of flexural reinforcement was inadequate in all collapsed buildings: The building behavior may be elasto-plastic until the load or drift level (even a joint rotation level)

noktasına kadar betonarme olarak davranan binalar bu seviyenin aşılması ile son derece gevrek göçmekte ve hatta bu tür zafiyetler toptan göçmelere sebep olmaktadır. Ankraj boyu probleminin toptan göçmeye sebep olmasının en çarpıcı örneği Erciş-Gedikbulak köyü ilköğretim okulunda gözlenmiştir. Perdelere zayıf yönlerinde saplanan 6-7m açıklıklı kirişlerin donatıları perde içerisinde yaklaşık 8-10cm kadar bir uzunlukta ankre olmuş, neticesinde sıyrılarak yapının toptan göçmesine sebep olmuşlardır. Diğer taraftan, yine aynı yapının perde duvar-çatı döşemesi birleşimine bakıldığında (aşağıda fotoğraflarda verilmiştir) perde donatılarının yalnızca döşeme kalınlığında ankre edildiği ve sürekliliğin sağlanmasında bu ankraj boyunun yetersizliğinden kaynaklı gevrek göçmelerin olduğu görülmektedir. Yıkılan binaların neredeyse tamamında düz yüzeyli donatı kullanılmıştır. Buna karşın uygulamada kolonlarda karşılaşılan filiz boyları, nervürlü donatı kullanılmış olması durumu için gereken filiz boyu ile hemen hemen aynıdır.

c.) Kolon ve kirişlerde etriye aralıklarının eleman boyutundan bağımsız ve yaklaşık 30-35 cm civarında olduğu gözlenmiştir: Bu etriyeler kolon ve kirişlerde çoğunlukla düz yüzeylidir (S220). Yıkılan veya hasar gören binaların tamamında kolon etriye uçlarının 90 derece bükülmüş olduğu görülmüştür. Kolon ve kiriş uçlarında sargılama bölgesi oluşturulmamıştır. Kullanılan etriye çapları standart olmayıp 4-8mm arasında değişmektedir. Bazı kirişlerde hiç etriye kullanılmadığı tesbit edilmiştir. Perde-çerçeve binalarda perde uçlarında yapılması gereken başlık bölgelerinin oluşturulmuş olsa da etriye ile sargılanmadığı görülmüştür.

d.) Yapılarda kullanılan betonların agrega gradasyonu hemen hemen hiç önemsenmemiştir: Yer yer açığa çıkan betonlarda şiddetli ayrışma ve ince malzeme eksikliği gözlenmektedir. Bu durum donatı aderansı üzerinde negatif etki oluşturmaktadır. Zaten yetersiz aderans boyuna sahip olan donatıların, gradasyonu bozuk bu beton ile birlikte aderanslarının iyice yetersiz hale geldiği bir gerçektir. Yıkılan binaların birçoğu filiz, bindirme ve ankraj boylarının yetersizliği ve beton kalitesindeki bu bozuklukla birlikte gevrek göçmeler yaşamıştır.

e.) Kolon boyutları yetersiz, aks açıklıkları büyük, bina kütleleri abartılıdır: Bölge genelinde geniş konutlar ve büyük salon veya oda ihtiyaçları ister istemez betonarme binalarda büyük açıklıkların kullanılmasına (yaklaşık 7 m civarı) sebep olmuştur. Deprem gibi yatay yükler oluşana kadar kolon boyutlarındaki küçüklüğün algılanamamasından dolayı da imal edilen küçük kolon boyutları yapılarda düşük yatay rijitliğe sebep olmuştur. Yıkılan yapıların hemen hemen hiç birinde perde kullanılmamıştır. Cepelerde

at which the anchorage or lap-splice failure takes place. Beyond that point, the building response may well be classified as brittle. Such response in reinforced concrete buildings results in total collapses. The most striking result of the inadequate anchorage length of flexural reinforcement was observed at the primary school building of Erciş-Gedikbulak village. The top and bottom reinforcements of the beams spanning 6 to 7m were anchored to the shear walls not more than 8 to 10 cm, and anchorage failure of these reinforcements resulted in the total collapse of the building. Besides, the flexural reinforcement of the shear walls were anchored to the roof slab, only a couple of cm's, and the integrity of the building was damaged at the load or displacement level where the anchorage failure took place. Smooth surface mild steel reinforcement was used as flexural reinforcement in all collapsed or heavily damaged buildings. The lap splice length in columns was mostly very similar to that of ribbed reinforcement, although smooth bars were used.

c.) The spacing of the hoop reinforcement in beams or columns was in the range of 30-35cm, regardless to the member cross sectional dimensions: The hoop reinforcement was mostly smooth surface Grade220 bars with end anchorages of 90 degrees (anchored to the cover concrete). There was no confinement at the member ends, neither in columns nor beams. The diameter of hoop reinforcement was changing between 4 to 8 mm. It was observed that, in some beams of the collapsed buildings, no shear reinforcement or confining reinforcement was used. No confinement was observed on shear-wall edges, although flexural reinforcement was concentrated in these regions.

d.) The aggregate used in concrete was poorly graded and segregation was observed in most of the buildings: Such poor construction practice inversely affected the bond behavior of flexural reinforcement which was even not adequate due to its mis-predicted lengths. The buildings underwent brittle failures both due to inferior concrete quality and bond length triggered by both the concrete quality and ignorance on bond length.

e.) The column dimensions were small, span lengths were big and the masses were exaggerated: The larger flat areas and the need for bigger living room dimensions which is common in the region, forced the span lengths increase up to 7 meters. Beyond this, the column dimensions were small, and mostly designed and detailed for the gravity loads. Such small dimensions of the columns resulted in smaller lateral stiffness values. No shear walls were observed in either of the collapsed buildings. The big balconies, heavy façade and partition wall materials, the use of double walls (with such heavy wall

kullanılan büyük balkonlar, ağır malzemeden üretilmiş bölme ve cephe duvarları, izolasyon için cephelerde çift sıra ve ağır malzemeden yapılmış duvar kullanımı ve işçilik kalitesi ile orantılı olarak uygulanan aşırı kalın sıva ve şaplar yapı kütlelerini arttırmıştır. Yetersiz yanal rijitlik ile birleşen büyük kütleler depremde binaların daha büyük yatay deplasman yapmalarına sebep olmuş, neticesinde düğümlerde daha büyük dönme ihtiyaçları ortaya çıkarmıştır. Düğümlerdeki yetersiz ankraj boyuna sahip donatılar ise bu dönme ihtiyacına cevap verememiştir. Van il merkezinde az sayıda hemen kullanılabilir seviyede olan bina bulunmakta, bu binalar incelendiğinde bina planlarında her iki doğrultuda betonarme perde kullanıldığı görülmüştür. Diğer taraftan hasarsız veya minimum hasar gören çerçeve yapılarda kolon boyutları yaklaşık 30x40cm ve aks açıklıkları yaklaşık 4m'dir.

f.) Binaların hemen hemen hepsinin altında bulunan dükkanlar hasarın şiddetinde etkili olmuşlardır: Zemin katlardaki dükkanların yatay rijitliklerinin azlığına karşın üst katlarda kullanılan güçlü dolgu duvar malzemesi neredeyse tüm hasarın dükkan katına birikmesine sebep olmuştur. Hasarın tüm katlarda yaygın olması, bir başka tanımla deprem enerjisinin tüm katlarda yaklaşık eşit oranda tüketilmesi önemli bir tasarım yaklaşımıdır. Bölgedeki binalarda ise tüm hasar zemin katta ve özellikle de zemin kat kolon-kiriş düğüm bölgelerinde birikmiştir.

g.) Çatı kalkan duvarları gerekli önlemler alınmaksızın imal edilmiştir: Hasarsız birçok yapıda dahi kalkan duvarları göçmüştür. Yapısal olarak bir zafiyet oluşturmaya da kalkan duvarlarının göçmesi çevre binalara, bina çevresindeki insan ve araçlara zarar vermiştir.

h.) Dilatasyon derzleri ya sıvanarak kapatılmış, ya da kırılğan kaplama ile kaplanmıştır: Komşu binalar arasındaki dilatasyon derzleri yanında, aynı mal sahibine ait büyük ve dilatasyonlarla ayrılmış olan yapılarda dahi derz boşluklarının varlığı ve işlevi gözardı edilmiştir. Birçok yapının dış cephesinde bu derzler kırılğan seramik veya mermer ile kaplanmış, iç cephede ise sürekliliği kesilmeksizin asma tavanla kapatılmıştır. Komşu blokların deplasman farklılıkları öncelikle bu derzleri kaplayan malzemelerde gözlenen ve kullanıcıyı rahatsız eden hasarlar olarak ortaya çıkmıştır.

Bölgede yapılan binaların bir kısmında toptan göçme yaşanırken bir kısmının hasarsız olması veya minimum hasar alması, yıkılan yapıların yürürlükteki yönetmeliklere uygun yapılmamış olduğu ve hiçbir şekilde kontrol ve mühendislik hizmeti almamış olduklarını göstermektedir. Yıkımların neredeyse tamamı yetersiz yatay rijitliğin yanında demir donatı detaylarına dikkat edilmemesi ve bu işçiliği yapan

materials) for heat insulation, very thick plastering and very floor loads resulted in increases in the mass of the building. In combination with the inadequate lateral stiffness, the increase in building mass resulted in both increased inter-storey drifts and increased joint rotations. The flexural reinforcements with inferior anchorage length could not follow the rotation demands. There were limited number of buildings which could be classified as immediate occupancy, and the common characteristics of these buildings was the existence of shear walls. The approximate column dimensions were 30x40cm and span lengths were 4m for the frame buildings classified in minor damage.

f.) The commercial spaces in most of the buildings increased the spread of damage in the region: In spite of the low stiffness at the first storey level (commercial space with higher ceiling), heavy façade and partition wall material brought unexpectedly high lateral stiffness to the upper storeys. This construction practice caused the damage of first storey, (especially the beam-column joints of the first storey) yielding heavy damage or total collapse.

g.) Wind-walls of the roofs were constructed very high without special precautions: Heavy wind-wall damage or total collapse was observed even in the building with minimum structural damage. Such failures damaged the surrounding structures and cars parked under.

h.) The expansion joints were either plastered or covered with brittle materials: The reason of heaving expansion joints between neighboring buildings, even the ones within the same building complex, seems forgotten and covered. In most cases the joints were covered with brittle ceramic tiles or marble, resulting damages on facades. Even false ceilings were kept continuous over the expansion joints in the shopping malls. The failures of such false-ceilings are shown in pictures below.

ustaların bilgisiz veya daha kötüsü umursamaz imalatları yüzünden gerçekleşmiştir. Her depremten sonra aynı veya çok benzer yıkım sebeplerinin listelendiği raporlar ve bu rapor umarız karar vericilere inşaat ustalarının özellikle de demirci ustalarının sertifikalanması zamanının gelmiş de geçiyor olduğunu tekrarına gerek kalmaksızın hatırlatır.



Fotoğraf/Picture 43 – Van İl Merkezinde Minimal Hasarlı Bir Yapı (yaklaşık c_x/c_y : 30x50cm; yaklaşık aks açıklığı 4.00 – 5.00m) / *Building with Minor Damage at Van City Center (approximate c_x/c_y :30x50cm; approx. span lengths 4.00 to 5.00 m)*



Fotoğraf/Picture 44 – 43 Numaralı Fotoğraftaki Binada Dış Kolon Kiriş Birleşimi / *A Corner Beam Column Joint from the Building Shown in Picture 43*



Fotoğraf/Picture 45 – Van Şehir Merkezinde Toptan Göçen Bina Kalıntısı / *Rubbles of a Building with Total Collapse in the Van City Center*



Fotoğraf/Picture 46 – Fotoğraf 45’deki Binanın Karşısında Güçlendirilirken Deprem Geçiren SGK Binası / *The SGK Building Opposite to the Building Shown in Picture 45 was under Strengthening at the Time of Earthquake*



Fotoğraf/Picture 47 – SGK Binasının Kolon ve Kirişleri / Beams and Columns of the SGK Building



Fotoğraf/Picture 48 – Şehir Merkezinde Minimal Hasarlı Bina, (yaklaşık c_x/c_y : 30x45cm; aks açıklığı 4.00 – 5.00m) / Building with Minor Damage at City Center (approx. c_x/c_y : 30x45cm; span lengths 4.00 to 5.00 m)



Fotoğraf/Picture 49 – Perde+Çerçeve Orta Hasarlı Bir Yapı / Frame+Structural Wall Building with Moderate Damage



Fotoğraf/Picture 50 – Foto.49 daki Binada Göçen Perde Başı / Compression failure in the Shear Wall of Bldg. in Pic. 49



Fotoğraf/Picture 51 – Foto.49 daki Binada Perdede Kesme Çatlakları / Shear failure in the Shear Wall of Bldg. in Pic. 49



Fotoğraf/Picture 52 – Düşük Yanal Rijitlik Sebebiyle Düzlem Dışı Duvar Hareketi ve Yapısal Hasar / Wall out-of-plane Deformation and Structural Damage



Fotoğraf/Picture 53 – $s=35\text{cm}$ Etriye Aralığı ve Betonda Segregasyon / $s=35\text{cm}$ Hoop Spacing and Heavy Segregation in Concrete



Fotoğraf/Picture 54 – Minimal Hasarlı Çimento Harçlı Tuğla Yığma Yapı / Minimum Damage in Brick Masonry with Cement Mortar Building



Fotoğraf/Picture 55 – Ercište Çift Tuğla İzolasyonlu Cephe Duvarı Hasarı 1 / Façade Wall Damage in Double Walls – Ercis 1



Fotoğraf/Picture 56 – Ercište Çift Tuğla İzolasyonlu Cephe Duvarı Hasarı 2 / Façade Wall Damage in Double Walls – Ercis 2



Fotoğraf/Picture 57 – Ercište Düğüm Bölgesi Hasarıyla Göçen Bina 1 / Total Collapse due to Joint Failure in Ercis 1



Fotoğraf/Picture 58 – Ercište Düğüm Bölgesi Hasarıyla Göçen Bina 2 / Total Collapse due to Joint Failure in Ercis 2



Fotoğraf/Picture 59 – Yetersiz Filiz Boyu ve Etriyersiz Düğümünden Oluşan Hasar / *Failure due to Inadequate Lap Splice Length and Confinement in Joints*



Fotoğraf/Picture 60 – Düğüm Bölgesi Hasarı-Gevrek Göçme/ *Joint Failure-Brittle*



Fotoğraf/Picture 60 – Aynı Bölgede Tamamen Göçmüş ve Az Hasarlı Binalar / *Failed and Minimum Damage Buildings in the Same Area*



Fotoğraf/Picture 61 – Kesme ve Sargılama Donatılarının Eksikliğinden Oluşan Göçmeler / *Failure due to Lack of Shear and Confining Reinforcement*



Fotoğraf/Picture 62 – Kirişte Kesme Donatısı Eksikliği / *Lack of Beam Shear Reinforcement*



Fotoğraf/Picture 63 – Düğümde Sargı Donatısı Eksikliği / *Lack of Joint Hoop Reinforcement*



Fotoğraf/Picture 64 – Gedikbulak İlköğretim Okulu Genel Görünüş / General View of Gedikbulak Primary School



Fotoğraf/Picture 65 – Perde-Döşeme Birleşiminde Ankraj Boyu Zafiyeti ve Yerinden Çıkan Döşeme / Anchorage Failure at Shear Wall to Slab Connection



Fotoğraf/Picture 66 – Perde-Kiriş Birleşiminde Ankraj Boyu Zafiyeti ve Yerinden Çıkan Kiriş / Anchorage Failure at Shear Wall to Beam Connection



Fotoğraf/Picture 67 – Minimum Hasarlı Spor Salonu - Ercis / A Sport Hall with Minor Damage - Ercis



Fotoğraf/Picture 68 – Minimum Hasarlı Spor Salonu İç Görünüşü - Ercis / A View from the Sport Hall with Minor Damage - Ercis



Fotoğraf/Picture 69 – Kalkan Duvar Hasarı / Failure of Gable Walls



Fotoğraf/Picture 69 – Kalkan Duvar Hasarı ve Sonuçları / *Failure of Gable Walls and the Resulting Secondary Damage*



Fotoğraf/Picture 70 – Asma Tavan Kaplamasının Dilatasyon derzinde de Devam Etmesi Kozmetik Hasara Sebep Olmuş / *The Continuity of the False Ceiling over the Expansion Joint Resulted Damage in Non-structural Members*

Betonarme Prefabrik Yapılar

Van'daki betonarme prefabrik yapı stoğu il merkezinde bulunan moment aktarabilen ard germeli birleşimlere sahip çok katlı bir çerçeve yapı, yine moment aktarabilen birleşimlere sahip spor salonu ile, Organize Sanayi Bölgesinde (OSB) bulunan tek katlı altta ankastre üstte mafsallı çerçevelerden oluşan endüstri yapılarından oluşmaktadır.

Van il merkezindeki yapı yedi katlı ve düğümleri moment aktarabilen ard-germeli birleşim detayına sahiptir (oturma alanı yaklaşık 380m² (her iki doğrultuda da 2 açıklıklı). Açıklıklar Lx=12.30m ve Ly=8.00m. Boşluklu döşeme kullanılmış ve döşeme plakları uzun açıklıkta mesnetlenmiştir. Uzun açıklıkta kiriş boyutları 60x80cm, kısa açıklıkta kiriş boyutları 50x70cm. Kolon boyutları 75x70cm). Yedi kat yüksekliğindeki kolon fabrikada tek parça olarak üretilmiş ve inşaat sahasında daha önce tamamlanmış temel üzerine montajı yapılmıştır. İnceltilmiş uçlu öngermeli kirişler kolonlarda bulunan gizli guselere oturmaktadır ve birleşimde kısmi ard-germe işlemi uygulanmıştır. Kısmi ard-germeli birleşim ile doğrudan moment aktarımı sağlanmıştır.

Deprem sonrası binada yapılan incelemede prefabrik elemanlarda, ard germe tendonlarının oturduğu yuvalarda ve birleşim bölgelerinde herhangi bir yapısal hasar gözlenmemiştir. Ayrıca kolon-temel birleşimlerinde de herhangi bir mafsallaşma veya eğilme çatlağı görülmemiştir. Sonuç olarak çerçeve yapının deprem performansı hasarsız olarak tanımlanabilir.

Diğer taraftan yapıda bulunan ve taşıyıcılığı olmayan dış duvarlarda (genleştirilmiş hafif blok) ve iç

Pre-cast Concrete Structures

The precast concrete building stock in Van consists of a residential multi-storey moment resisting frame building with post tensioned connections and two double storey moment frame sport complex, with moment resisting connections (welding was used for positive moment continuity, while cast in situ connection was used for negative moment continuity), at the city center; and many single storey industrial buildings, with columns fixed at the base and pinned at the top, in the City Industrial Zone.

The residential building with moment resisting post tensioned connections has 7 storeys with an approximate foot-print area of 380 m². (Plan geometry was rectangular: two bay by two bay. The bays were Lx=12.30m, Ly=8.00m. Floor system was hollow core slab type. Hollow core slabs were supported by the 12.30m span, spanning in the short direction. The beams spanning in the short direction were 50/70cm, while the ones spanning on the long direction was 60/80cm. The columns were 75x70cm.) The columns of the building were constructed in single piece with a height of seven storeys (approximately 22m) and transported to the construction site. A cast-in-place socket type of foundations were used and designed as fixed support. Beams with tapered end were seated on square corbels of the columns and post tensioning was used for the connection continuity (between beam and column).

Post-earthquake damage investigation on that specific building revealed no structural damage on neither pre-cast, pre-tensioned members, nor the

bölme duvarlarda (alçı tabanlı kuru duvar) yatayla yaklaşık 45 derece eğime sahip çift yönlü çatlaklar gözlenmiştir. Bu durum çerçevenin maruz kaldığı yer değiştirme geçmişinin, bölme duvarların yer değiştirme kapasitesini aştığını göstermektedir. Yapı taşıyıcı sistemi depremde sonra hemen kullanım limitinde olan bu yapının, tasarım deplasman limitlerinin azaltılması ile yapısal olmayan hasarlarının da azaltılabileceği düşünülmektedir.

Şehir merkezindeki prefabrik yapı sistemine sahip spor kompleksleri bu inceleme gezisi sürecinde ziyaret edilmemiştir. Bilahare yapıların tasarımcısı olan proje ofisinden bahis konusu yapılardan bir tanesinin hasarsız, ikincisinin ise minimal hasarlı olduğu bilgisi edinilmiştir. Hasarsız olan yapı zemin katta kolonlar arasında yer yer yerinde dökme betonarme perdelerin kullanıldığı, birinci kat birleşimleri moment aktaran, ikinci kat birleşimleri ise (ikinci kat yüksekliği yaklaşık 4m) mafsallı olan bir yapıdır. Minimal seviyede hasar gören yapıda ise (yine spor kompleksi) birleşim tipi ve sıralaması birincisi ile aynı olmasına rağmen kat yükseklikleri farklıdır. Yerinde dökme perde duvar kullanılmamıştır.

Van ilinin en büyük sanayi yatırımlarının olduğu OSB, il merkezi ile Tabanlı köyü arasında ve Van Gölü kıyısında yer almaktadır. Bölgede bulunan betonarme prefabrik yapıların tamamı tek katlı, çok açıklıklı ve bağlantıları mafsallıdır. Kolonlar alt kotunda yerinde dökme betonarme çanak temellere oturtulmaktadır. Kolon üst ucunda bulunan kısa konsoldan çıkan, (4 pime. 1999 Kocaeli depremi öncesinde çoğunlukla 1 veya 2 pim kullanılmıştır), pimlere dolu gövdeli eğik çatı kirişinin oturtulması ve etrafının harç ile doldurulması ile prefabrik çerçeve oluşturulmaktadır. Çerçeveler arasındaki bağlantı aşıklar, oluk kirişleri ve kren kirişleri ile sağlanmaktadır. Aşıklar eğik çatı kirişlerine, oluk kirişleri de kolonlara pimlerle bağlanmaktadır. Çatı seviyesinde bir diyafram söz konusu değildir. Kren kirişlerinin bağlantıları ise yine kirişlerin kolonda bulunan kısa konsollar üzerindeki pimlere oturtularak etraflarının harç ile doldurulması ile oluşturulmaktadır.

Deprem etkisinde, bölgede faaliyet gösteren birçok fabrikada minimum seviyede hasar gözlenirken, özellikle yapımı devam eden binalarda ağır hasar ve kısmi göçmeler meydana gelmiştir. Hasarın minimum seviyede olduğu fabrikalarda üretime devam edilmektedir. Hasar seviyesi değişen prefabrik yapıların kolon boyutlarının, kolon aks aralıklarının, çatı ve aşık kiriş boyutlarının ve bağlantı detaylarının benzer olmasına rağmen işletmede olan fabrika yapılarındaki görece az hasar, bu yapılarındaki mevcut çatı kaplamasının oluşturduğu diyafram etkisine ve çevre duvarların varlığına bağlanabilir.

OSB genelinde hazırlanmış olan zemin etüdü

post-tensioned connections, and post-tensioning ducts. The column to foundation connections were carefully investigated and no flexural or shear cracking was observed. The frame performance during the Van Earthquake of October 2011 was without visible damage.

On the other hand, 45 degrees diagonal tension cracks were observed on the partition walls (dry wall) and the exterior walls (light weight expanded blocks) of the building. This type of cosmetic damage reveals that the incompatibility of deformation capacities between the partition walls and the frame; the frame remained sort of elastic, while the walls exceeded their failure displacement). The performance level of the frame was immediate occupancy, and the same performance level can be assigned to the exterior and partition walls by reducing the ultimate design inter-storey drift level.

The two pre-cast concrete moment resisting frame type of sport complexes were not visited within this field investigation. After the field investigation, the designer of these two buildings lectured about the performances of these buildings during a meeting and this very paragraph in particular reflects the ideas of the designer. The damage level of the two buildings were reported not equal; one being totally free of damage, the second being at a minimal level. Both structures have two storeys. The first storey of both structures have rigid diaphragm and moment resisting connections, while the second storeys of both have pinned connections. It was reported that the damage free building has cast-in-situ shear walls in the first storey on both orthogonal directions, and the storey height was less as compared the one experienced relatively higher damage.

The City Industrial Zone (CIZ) of Van locates between the city of Van and the epicenter (Tabanlı Village), by the Lake Van, near the university campus. All the pre-cast concrete industrial buildings in the CIZ are single storey, multi span buildings, with pin connections (not moment resisting). Socket type foundations were used for the column bases, while the cantilever columns were free to rotate at their top levels. The re-cast pre-stressed triangular roof beams were seated on the corbels of the columns and connection was solely through the rebars, mostly four, (before 1999 Kocaeli E.Q. mostly 2 bars were used) protruding from the corbels and passing through the holes at the ends of the roof beams. The adhesion of the rebars was usually made possible through grout injection to the holes of the beams. In this type of industrial buildings, all connections, either between beam and column, or between roof beam and the purloins or the u-through, or the beams of crane way and the corbels were through

raporlarında yaklaşık 20 m derinliğe kadar kum ve kil aralanmalarının varlığından bahsedilmekte olup yer altı su seviyesinin daha derinlerde olduğu belirtilmektedir. Bu bilgi ışığında incelenen ve işletmede olan bazı yapılarda temel kotunda zemin betonu kabarmaları ve oturmalarına rastlanmıştır.

Yapımı devam eden birçok sanayi yapısında, kolonlar ayakta kalmış, dolu gövdeli eğik çatı kirişleri pimlerinden çıkarak/sıyrılarak devrilmiştir. Hasar gören yapıların bir kısmında pim yuvalarının henüz şerbetlenmediği ve göçmenin bu sebeple olduğu düşünülse dahi, şerbetlemesi bitmiş olan birleşimlerde de aynı tip göçmeler mevcuttur. Gözlem yapanların en çok hayrete düştüğü nokta, bu pimlerin uçlarına dış açılmış olmasına rağmen somun-pul kullanılmamasıdır.

Yapımı devam eden ve birleşimlerinde aderans göçmesi olmamış binalarda, kolonların eylemsizlik kütlelerinin etkisi ile birlikte kirişlerin tek tarafının düşmesi ve diğer taraftaki pimin sıyrılmaması neticesinde düşen eğik çatı kirişinin kolona getirdiği ilave etki ile kolon tabanında mafsallaşma ve ezilmeler meydana gelmiştir. Bu kolonların bir kısmında boy donatılardaki uzama, akma platolarının ötesine geçmiş, pekleşme sonrası kopma uzamalarına ulaşmıştır. Boy donatıları koparak göçen kolon kesitlerinde yapılan ölçümlerde boy donatı oranının %0.60 ile %0.75 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Boy donatı oranlarının bu kadar düşük olduğu kolonlarda plastik mafsal boyları alışılmışın dışında, yaklaşık kesit boyutunun 1.50 katına ulaşmıştır. Özel deprem çirozlarında, bir uçta 135 derece, diğer uçta 90 derece olan kanca kıvrımları hem düşey hem de yatay doğrultuda şaşırtmalı olarak düzenlenmemiştir (DBYBHY-2007 madde 3.2.8.1).

Hemen hemen tüm yapıların kolon kiriş bağlantı bölgelerinde, kiriş uçlarında ve konsol betonunda ezilme ve çatlaklar gözlenmiştir. Ağır ve az hasar gören yapıların hiçbirinde kolon-kiriş bağlantılarında elastomer mesnet kullanılmadığı tespit edilmiştir. Az hasar gören yapılarda ise birleşim bölgelerindeki lokal basınç yığılmaları ile oluşan çatlamaların sebebi yine elastomer mesnet kullanılmamasıdır.

Göçen yapıların bir kısmında kirişlerde bırakılan pim yuvalarının etrafında olası çekme gerilmelerini taşımak üzere gerekli donatı detayının bulunmadığı, bazı yapılarda ise yine kiriş pim deliklerinin bir kısmının imalat esnasında unutulmuş olduğu gözlenmiştir. Bu durum imalat aşamasının özensiz olduğunun önemli bir göstergesidir.

Sonuç olarak 1998 Ceyhan, 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri sonrasında yapılan saha incelemelerinde tek katlı sanayi yapılarında gözlenen hasarlar, sistematik olarak 23 Ekim 2011 Van depreminde de tekrarlanmıştır. Yerinde yapılan

the re bars shown in the following pictures. No diaphragm was provided at the roof level through structural members.

The level of damage was minimum for the factories which were in use during the EQ (in other words, for the factories having façade walls and roof covers installed), in contrary to the heavy damage or wide spread collapses observed in the structures of which the peripheral walls and roof covers were not yet installed, in other words for the frames under construction. It is believed that the existence of peripheral walls reduce the inter-storey drift, while the metallic roof cover results in a sort of diaphragm action.

The geotechnical reports, prepared within the CIZ area, mostly concludes that sandy and clayey soil layers exist until the depth of 20m, and the ground water table is even deeper. In some factories, local settlement and heaving of the floor cover was observed on the opposite faces of the precast columns.

The failure of most of the industrial buildings under construction was with the falling of triangular roof beams. Although the falling of roof beams may easily be attributed to the lack of grouting (since building was under construction and the producer claims that EQ happened just before grouting), there observed failures of connections where the grouting has already been made. To our surprise, although there exist treats at the re-bar ends connecting the column and the roof beam (as shown in the pictures), no nuts and washers were used during the assembly.

In the spans where the roof beam to column connections worked well on one end and failed on the other, the columns not only underwent inertia forces but also the gravity forces created by the falling roof beams, resulting flexural hinging at the column bases. The longitudinal reinforcement in such columns experienced yielding, even strain hardening and rupture, resulting total collapse of the columns. To our surprise, the column longitudinal reinforcement ratio in the columns which were totally collapsed was changing between 0.60% and 0.75%. The plastic hinge length for the columns with such low reinforcement ratios was approximately 1.5 times the column dimension. The bending angles at the ends of the x-ties (not the peripheral hoops) were allowed 90 degrees on one end and 135 degrees on the second, in condition that the consecutive two x-ties do not have the same angle on their same sides according to the national code. This alternating use of x-tie ends were not observed in the failed column x-sections.

Compressive crushing and tensile cracking were observed nearly at all beam column connections, no matter the frame was failed or not. It

incelemelerde göze çarpan en önemli nokta, birleşim bölgelerine hem imalat hem de montaj aşamalarında gerekli özenin gösterilmemesidir. Bağlantılarda, pim deliklerinin çevresinde donatı olmaması, delik içi dolgu harcının kalitesinin yetersizliği, delik içi yüzey alanının aderansının çok iyi olmaması, dolgu harcı ile birlikte (aynı zamanda korozyon etkisinin önlenmesi amacıyla) montaj güvenliğini sağlayacak pul-somun ve kaynak detaylarının uygulanmamış olması hasar ve göçmelerin ana nedenlerini oluşturmuştur. Bununla birlikte kolonlardaki çiroz yerleşiminin hatalı olması ve elastomer mesnet kullanılmaması göze çarpan diğer konulardır.

was observed that no elastomeric pads were used in either failed or non-failed pre-cast concrete frames.

In some collapsed frames, it was observed that the radial reinforcement around the rebar holes was missing. Even in some buildings, the number of holes was inconsistent. Such observations reveal the careless construction and assembly practice in the local area.

As a summary, similar mistakes as observed in 1998 Adana-Ceyhan EQ and 1999 Kocaeli EQ, caused the failure of the pre-cast industrial frames in the October 21, 2011 Van EQ. The most striking cause of the damage was the careless construction and assembly of the connections (especially the beam to column connections) in the Van CIZ area. The inner surface of the holes in the beams for the re-bars protruding from the corbels were smooth, hence were treating the bond between the grout and the beam. Beyond this, there were no mechanical element to secure the connection (such as washer and nuts), and no elastomeric pads to reduce the damage in the connections. Although the x-tie geometry is allowed, the consecutive assembly of it was not according to the prevailing level of knowledge.



Fotoğraf/Picture 71 - Ard Germeli Birleşimlere Sahip Binanın İmalat Aşamasından Bir Görüntü / *Moment Frame of the Building with Post-Tensioned Connections (from the time of construction)*



Fotoğraf/Picture 72 – Ard-germeli Binada Halihazır Görünüş / *The Current View of the Building with Post-Tensioned Connections*



Fotoğraf/Picture 73 – Ard-germeli Yapıda Duvar Hasarları / *Damage on Facade Walls of the Frame Building with Post-tensioned Connections*



Fotoğraf/Picture 74 – Hasarsız, Ard-germeli Birleşim / *The Damage Free, Post-Tensioned Connection*



Fotoğraf/Picture 75 – OSB’de Hasarsız Betonarme Prefabrik Sanayi Yapısı / *A Damage Free Building*



Fotoğraf/Picture 76 – Hasarlı Prefabrik Çerçeve / *Failed Pre-Cast Concrete Frame*



Fotoğraf/Picture 77 – Kolon Tabanında Döşeme Kaplaması Hasarı / *Damage on Floor at Column Base*



Fotoğraf/Picture 78 – Döşemelerde Kabarma / *Heaving of the Concrete Factory Floor*



Fotoğraf/Picture 79- Mesnetlerde Aderans Göçmesi / *Bond Failure at the Beam to Column Connections*



Fotoğraf/Picture 80- Grout Hasarı / *Insufficient Bond Characteristics and the Resulting Pull-Out Failure*



Fotoğraf/Picture 81- Kolon Alt Bölgesinde Plastik Mafsal / *Plastic Hinging at Column Base*



Fotoğraf/Picture 82- Donatı Kopması ile Oluşan Kolon Göçmesi / *Reinforcement Rupture and Column Failure*



Fotoğraf/Picture 83- Detay Eksikliği ve Pim Yuvasında Göçme / *Tension Failure at Rebar Hole, No Hoop Reinf.*



Fotoğraf/Picture 84- Unutulan 4. Delik / *The Missing 4th Hole for Beam-Column Connection at the Beam End*

Referanslar

- [1] T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, "23/10/2011, Van – Merkez Depremi, 23/10/2011" Raporu
- [2] Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, "23 Ekim 2011 Van Depremi (Mw= 7.2) Değerlendirme Raporu"

Teşekkür

Yazarlar, bu rapor için yapılan çalışmada her türlü desteği sağlayan Kocaeli Üniversitesi Sayın Rektörü Prof.Dr. Sezer Ş. KOMSUOĞLU'na ve Mühendislik Fakültesi Sayın Dekanı Prof.Dr. Savaş AYBERK'e en derin teşekkürlerini sunarlar.

Yazarlar tarihi yapı envanterinin sağlanması hususunda Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Daire Başkanı Sn. Şöhret ATASOY'a; Vanda konaklamamız hususunda bize çok büyük destek sağlayan, içinde bulunduğu zor şartlarda bile gösterdiği misafirperverliği ile bizlere çalışma şevki veren RTÜK Bölge Müdürü Sn. Burhan ÖZTÜRKÇÜ'ye; Prefabrik Birliği Genel Sekreteri Sn. Bülent TOKMAN'a; Betonarme prefabrike yapılar konusundaki değerli saha katkılarından dolayı Sn. Birol DOYRANLI'ya; Van Organize Sanayi Bölgesindeki fabrikalara girebilmemiz ve inceleme yapabilmemiz için destek olan değerli meslektaşımız ve Organize Sanayi Bölgesi Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Sinan HAKAN'a; Van'da kalışımızı ve bölgedeki gezimizi en ince detayına kadar planlayan sevgili öğrencimiz Sn. Burak ÖZTÜRKÇÜ'ye teşekkür ederler.

References

- [1] T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, "23/10/2011, Van – Merkez Depremi, 23/10/2011" Raporu
- [2] Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, "23 Ekim 2011 Van Depremi (Mw= 7.2) Değerlendirme Raporu"

Acknowledgement

Authors are deeply thankful and acknowledge the support of Prof.Dr. Sezer Ş. KOMSUOĞLU, Rector of Kocaeli University and Prof.Dr. Savaş AYBERK, Dean of Faculty of Engineering.

*Authors also acknowledge:
the valuable help of Şöhret ATASAY, Section Manager from Ministry of Culture, Department of Museums in obtaining the list of heritage structures of Van and their addresses
the valuable help and hospitality of Burhan ÖZTÜRKÇÜ, the Area Manager of RTUK throughout our stay in Van
the valuable help of Bülent TOKMAN, in locating the pre-cast concrete structures within Van
the valuable help of Birol DOYRANLI, in the field observations of pre-cast concrete structures.
the valuable help of Sinan HAKAN, Head of the Board of Van Industrial Zone, in arranging access to all pre-cast factories in the area.
the valuable help of our senior student Burak ÖZTÜRKÇÜ in arranging all our stay in Van and his technical ability in field observations.*