

## Importance of Filtration in a Fiber Reinforced Composite Beam Experiment under Impact

<sup>1</sup>Zeynep Yaman and <sup>\*2</sup>Elif Ağcakoca

<sup>1,\*2</sup>Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

### Abstract

Although impact load is a rare type of load in constructions, structures may be exposed to these loads during their service life. Therefore, in the first projecting part of the construction, it is necessary to design the elements by providing safety against impact loads. Today, various composite elements are used to provide resistance to impact loads on structural elements. Today, technological developments in the field of materials are also evident in the construction sector. In addition to the composite elements, the use of fiber material in the construction industry has made the structures more durable. The fiber material used in the composite elements has increased the tensile strength of the element, making it more secure by increasing the strength in the military structures and structures in the nuclear power plants. In particular, the fiber material used in composite elements is widely used in the construction industry due to the impact resistance and tensile strength it gives to concrete. The acceleration, velocity and displacement values obtained under impact loads on the structural members may not be clear due to various reasons. It is absolutely necessary to apply filters to the experimental results processed by computer programs. In this study, steel box profile filled with fiber reinforced concrete is evaluated for the importance of filtering under impact load.

**Key words:** Impact load, steel box profile, filtering

## Darbe Etkisi Altında Bulunan Fiber Katkılı Kompozit Kiriş Deneyinde Filtrelizasyonun Önemi

<sup>1</sup>Zeynep Yaman ve <sup>\*2</sup>Elif Ağcakoca

<sup>1,\*2</sup>Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

### Özet

Yapılar; servis ömürleri boyunca ender görülen yükleme türü olan darbe yüküne maruz kalabilmektedirler. Bu sebepten; yapının ilk projelendirme kısmında, elemanlarının darbe yüklerine karşı önlem alınarak tasarlanması gerekmektedir. Yapı elemanlarında, darbe yüklerine karşı direnç kazandırmak için günümüzde çeşitli kompozit elemanlar kullanılmaktadır. Günümüzde malzeme alanındaki teknolojik gelişmeler, inşaat sektöründe de kendini göstermektedir. Kompozit elemanlara ilave olarak fiber malzemesinin inşaat sektöründe kullanılması, yapıların daha dayanıklı olmasını sağlamıştır. Kompozit elemanlarda kullanılan fiber malzeme, elemanın çekme dayanımına sağladığı artış ile askeri yapılarda, nükleer santrallerde bulunan yapılarda dayanımı artırarak daha güvenli olmalarını sağlamıştır. Özellikle kompozit elemanlarda kullanılan fiber malzeme, betona kazandırdığı darbe direnci ve çekme mukavemeti sayesinde inşaat sektöründe yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yapı elemanlarından darbe yükleri altında elde edilen; ivme, hız ve deplasman değerleri çeşitli sebeplerden

\*Corresponding author: Elif Ağcakoca Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: elifd@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955753

dolayı net olmayabilmektedir. Bu sebepten dolayı bilgisayar programları vasıtasıyla işlenen deney sonuçlarına mutlaka filtre uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada filtrelizasyonun önemini vurgulamak için; darbe yükü etkisinde bulunan fiber katkılı beton ile doldurulmuş çelik kutu profilin ivme-zaman,hız-zaman değerleri incelenmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Darbe yükü, çelik kutu profil, Filtreleme

## 1. Giriş

İnsanoğlu, yalnızca çevresel etkilerden değil, insan yapımı saldırılarda da hayatta kalabilmek için inşaat mühendisliği yapılarına ihtiyaç duymaktadır. Bu durum, bizi, elemanların kompozit olarak kullanılmasına yönlendirmektedir. Farklı malzemeler ile oluşturulan kompozit elemanlarda, darbe yüklemesi ile oluşan etkiler, diğer yapı elemanlarına göre daha az olmaktadır. Yapıda kullanılacak kompozit elemanlar, yüksek derecede moment taşıma kapasitesine sahip olmalarından dolayı özellikle deprem bölgelerinde tercih edilmektedir. Günümüzde özellikle kar yağışının yoğun olduğu bölgelerde, çığ düşmesi sonucu can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Bu olumsuzluklar göz önüne alındığında, bu bölgelerde yapılacak olan tasarımlarda bütün risklerin değerlendirilmesi ve tasarımların ciddiyetle yapılması gerekmektedir. Ayrıca darbe etkisi doğal afet sonucu oluşabildiği gibi insan kontrolünde bulunan araçlar vasıtası ile de oluşabilmektedir. Çelik bir köprüye seyir halindeki uçağın düşmesi, köprü ayağına bir buz kütlesi ya da geminin çarpması örnek olarak gösterilebilir. Bu tarz olumsuzlukları değerlendirip, darbe yüklemesinin etkisini azaltmak için; çalışmamızda kullanılan deney numunelerinde, içi beton ile doldurulmuş kompozit eleman kullanılmıştır. Kompozit elemanlarda fiberin yarattığı etkiyi görmek için, deney numunelerine %8 oranında makro fiber koyulmuştur. Farklı elemanlardan oluşturulan kompozit elemanlar yapılarada; sadece kolon ve kiriş elemanlarında değil, aynı zamanda çapraz elemanların teşkilinde de kullanılmaktadır[1].

Cain çalışmasında, deney sonuçlarında oluşan gürültüleri temizleyecek doğru ifadeyi analitik olarak araştırmış ve çarpma testlerine göre filtreleme tipinin değişebileceği sonucuna varmıştır[2]. Farooq ve arkadaşları, çalışmalarında kompozit malzeme üzerine darbe deneyinde elde edilen sonuçlara göre gelişmiş veri filtrelerinin kullanılması veri yorumlamayı artırabileceği, incelemeyi daha verimli, güvenilir hale getirebileceği göstermektedir. Deney metodolojisi etkili, güvenilir veri analizi ve benzer vaka verisinin darbeye bağlı hasar öngörüsü için yararlı olabilir sonucuna varılmaktadır[3]. Corigliano dinamik yüklemeye etkisindeki yapısal sistemler için eş zamanlı olarak durumun tahmin edilmesi ve yapısal parametrelerin düzenlenmesi için analitik filtrelizasyon yaklaşımları araştırmalarda yer almıştır[4]. Wang ve arkadaşları darbe yükü altında içi doldurulmuş çelik tüplerin deneysel ve sonlu eleman modeli ile değerlendirme yapmıştır[5]. Alam ve arkadaşları çalışmalarında içi betonla doldurulmuş kompozit bir elemanı güçlendirmiş, bu elemanların darbe etkisi altındaki davranışları incelemiş bu çalışmasını Abaqus sonlu eleman programı ile analiz etmiştir[6]. Gustin ve arkadaşları, fiber kompozit birleşimlerinin hafif doğası sayesinde darbe yüküne karşı yüksek direnç gösterdiği gözlemlenmiştir[7].

Bu çalışmada; darbe yükü araştırmalarında yapılan deneysel çalışmalarda karşılaşılan en önemli

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752 Fax: +902642955601

zorluklardan biri, elde edilen titreşim kayıtlarında yer alan gürültünün ve benzeri etkilerin yok edilmesi olduğu düşünülmüştür. Deney numunelerinden elde edilen verilerde bu etkinin hangi mertebede olduğu araştırılmıştır. Deney çalışmadan elde edilen ivme değerleri Seismo Signal yazılımı önce filtrelenmiş daha sonra hız-zaman grafiği elde edilmiştir

## 2. Çalışmada Kullanılan Yöntem

Numuneler Sakarya Üniversitesi Yapı laboratuvarında gerekli şartlar yerine getirilerek hazırlanmıştır. Filtrelizasyonun etkilerinin incelendiği deney numunelerinin boyutu 120x80x3mm ebatlarında, 1700mm uzunluğunda, S235 çelik kutu profiller olacak şekilde belirlenmiştir. İç kısmı C20 ve C30 kalitesinde fiber takviyeli beton ile doldurulmuş kutu profiller oluşturulmuştur.

Beton içine ilave edilen fiber malzemesinin oranı %8 olarak belirlenmiştir. Fiberler, deney numunesine ilave edilirken homojen bir yapı elde etmek için mikserle karıştırılmış daha sonra çelik profilin içine yerleştirilmiştir. Optimum fiber oranı, proje gereksinimlerine göre değişmektedir. Deneysel çalışmada numunelere  $10\text{kg/m}^3$  olacak şekilde yani %8 oranlarda fiber eklenmiştir. Fiber malzemesi; her noktada çatlak kontrolünü sağlayan, farklı eksenlerden gelebilecek yüklere karşı dayanımı artıran bir fiber donatı ürünü olarak kullanılmaktadır. Fiber malzeme, betonda sıkça karşılaşılan çatlak oluşumlarına karşı etkili bir malzemedir. Yüksek dayanım özelliklerine ek olarak, kolay karışım ve uygulanabilme avantajlarıyla liman saha betonlarından şap betonlarına, püskürtme betonlardan tünel kaplamalarına ve ön üretimli elemanlara kadar birçok inşaat alanında kullanılmaktadır[8].

Deney düzeneğinde bulunan yük 10cm'den 200cm yüksekliğe çıkabilmekte ve vurma başlığı değiştirilerek değişik ağırlıklar kullanılabilir(Şekil 1). Değişebilen dairesel vurma başlığının ağırlığı 220 kg olup, deneyde kullanılan tüm numunelerde yükün düştüğü yükseklik ve ağırlık sabit tutulmuştur(Şekil 2). 220 kg ağırlığındaki yük 200 cm yüksekliğine elektrikli hidrolik ile çıkarılmakta ve istenilen yükseklik dijital metre ölçer ile çekicinin numuneye vurduğu nokta dikkate alınarak ölçülmektedir.



Şekil 1. Darbe Deney Düzenegi

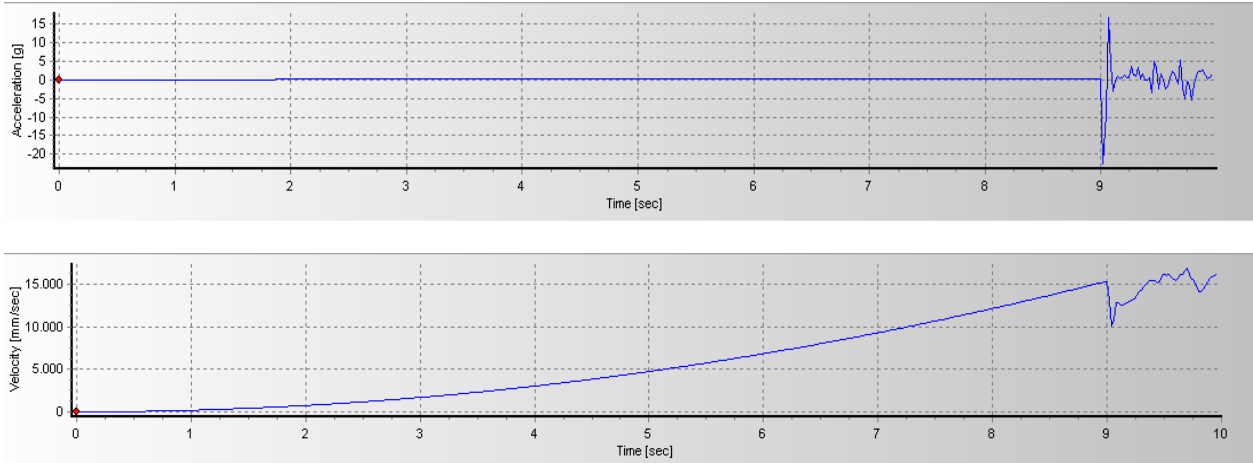


Şekil 2. Deney Yapılmış Eleman ve Darbe Yüğü Başlığı

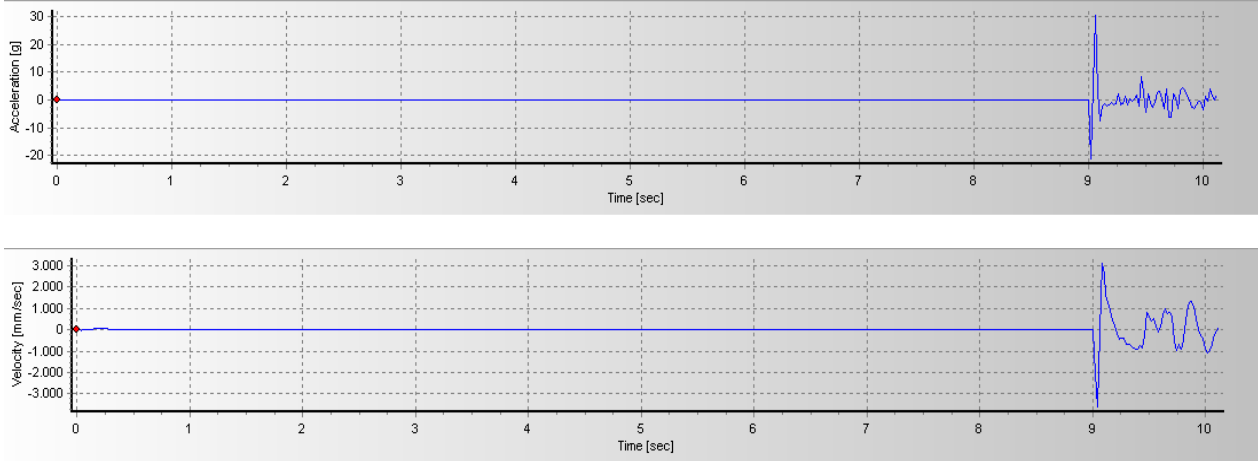
Deneyde 2 adet ivme ölçer kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi deney numunesine diğeri deney vurma başlığına(çekiç) özel çelik aparatların kaynaklanması ile monte edilmiştir. İvme ölçerler numuneye yerleştirilirken vurma başlığının düştüğü doğrultuda olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca ivme ölçerlerin yönleri yerçekimi doğrultusunda olacak şekilde konumlandırılmıştır. Deney numuneleri test edilirken ivme ölçerlerden alınan bilgiler veri toplayıcı ile bilgisayarda toplanmıştır. Daha sonra belli bilgisayar programları ile filtreleme yapılmış, hız-zaman grafikleri elde edilmiştir. Filtrelisasyon işlemi uygulanırken, deney numunesinin doğal periyotları Sap 2000 programı ile hesaplanıp Sismo Signal programına filtre frekans değeri olarak girilmiştir. Filtrelisasyon yapılırken, yapının etkin modlarında oluşan doğal frekans değeri dikkate alınmıştır. Ancak darbe etkisinin yarattığı ivme değerleri filtrelenirken, doğal frekanslarının %10 oranında artı ve eksi değerleri dikkate alınarak filtrelisasyon yapılmıştır.

### 3. Deney Sonuçları

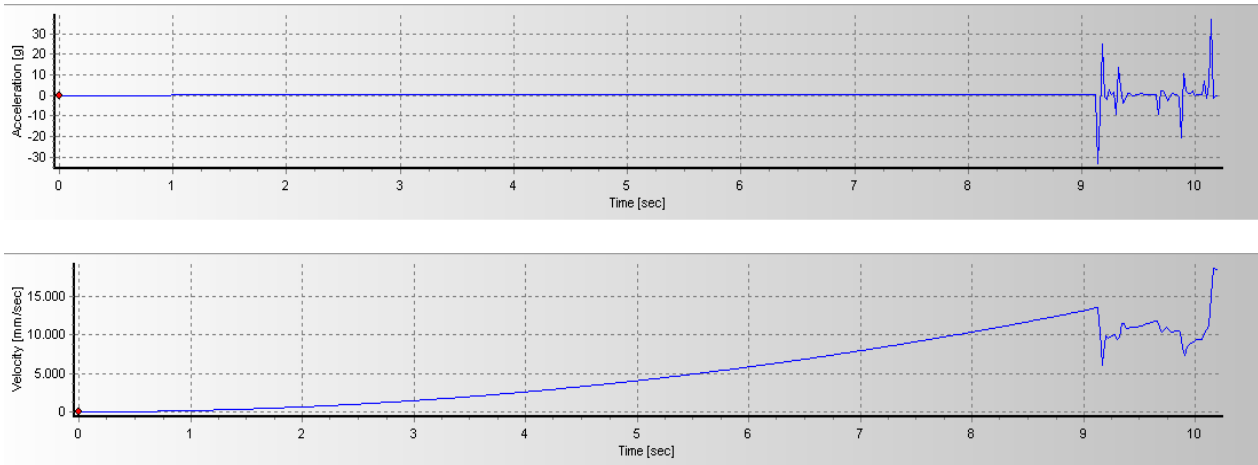
Yapılan deneylerde; elde edilen ivme değerlerinden gürültü gibi etkilerden arındırmak için Sismo Signal programı kullanılmıştır. Filtrelisasyon değerlerini hesap etmek için, Sap 2000 programından etkin kütle katılımının %70'den fazla olduğu, mod değerlerindeki frekanslar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan C20, C30 fiberli beton ile doldurulmuş kompozit kutu profillerin ivme-zaman, hız-zaman grafikleri Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6'da verilmiştir. Tablo 1'de ise numunelere uygulanan Filtrenin ivme ve hızda yarattığı değişiklik gösterilmektedir.



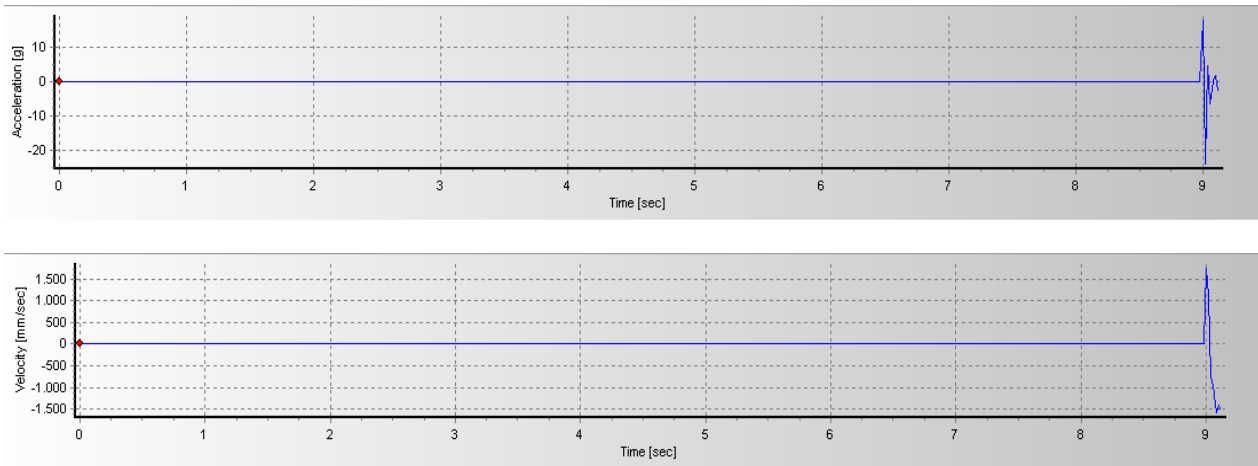
Şekil 3. C 20 fiber takviyeli beton ile doldurulmuş kompozit kirişin filtrelenmemiş ivme-zaman, hız-zaman grafikleri



**Şekil 4.** C 20 fiber takviyeli beton ile doldurulmuş kompozit kirişin filtrelenmiş ivme-zaman, hız-zaman grafikleri



**Şekil 5.** C 30 fiber takviyeli beton ile doldurulmuş kompozit kirişin Filtrelenmemiş ivme-zaman, hız-zaman grafikleri



**Şekil 6.** C 30 fiber takviyeli beton ile doldurulmuş kompozit kirişin Filtrelenmiş ivme-zaman, hız-zaman grafikleri

**Tablo 1.** C20 ve C30 Fiber katkılı beton dolgulu kompozit kirişin Filtreli ve Filtresiz ivme-hız değerleri

	C20 Beton		C30 Beton	
	İvme (g)	Hız (mm/sn <sup>2</sup> )	İvme (g)	Hız (mm/sn <sup>2</sup> )
Filtre uygulanmamış	27	10000	35	6800
Filtre uygulanmış	30.38	3618	23.99	2300

#### 4. Sonuçlar

Yapı elamanlarının darbe yüküne karşı tasarımları için gerekli ivme-zaman, hız-zaman analiz grafiklerine uygulanan filtrelizasyon işlemi ile daha doğru değerler elde edilmektedir. Özellikle hız değerlerinde filtrelizasyon yapılması önemlidir. Ancak beton sınıfının özelliğine göre filtreleme değerleri değişiklik göstermektedir. Fiber katkılı C20 beton ile doldurulmuş beton-çelik kompozit numunesinin ivme değerlerinde %12,5 oranında değişiklik olurken, C30 beton kalitesine sahip fiber katkılı kompozit deney numunesinin ivme değerinde %45 oranında değişiklik olmaktadır.

Darbe yüklemesi altında incelenen, fiber katkılı beton ile doldurulmuş beton-çelik kompozit numunelerinin beton dayanımı artkça hız değerlerindeki artışın çok yüksek olduğu ve filtreleme ile bu değerlerin idealize edilmesinin, kompozit bir deney numunesinin modelleme aşamalarında büyük önem arz edeceği, filtrelenmiş hız değerindeki düşüşle gözlemlenebilmektedir. Ancak bir genelleme yapılabilmesi için daha fazla deney sonuçları üzerinde çalışma yapılmalıdır.

#### Kaynaklar

- [1] Hajjar, J. F. (2000). Concrete-filled steel tube columns under earthquake loads. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 2(1), 72-81.2000;2(1):1–10.
- [2] Cain, P. J. (1986). Digital filtering of impact data. In *Instrumented Impact Testing of Plastics and Composite Materials*. ASTM International.
- [3] Farooq, U., & Myler, P. (2015). Prediction of load threshold of fibre-reinforced laminated composite panels subjected to low velocity drop-weight impact using efficient data filtering techniques. *Results in Physics*, 5, 206-221.
- [4] Corigliano, A., & Mariani, S. (2004). Parameter identification in explicit structural dynamics: performance of the extended Kalman filter. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 193(36), 3807-3835.
- [5] Wang, R., Han, L. H., & Hou, C. C. (2013). Behavior of concrete filled steel tubular (CFST) members under lateral impact: Experiment and FEA model. *Journal of Constructional Steel Research*, 80, 188-201.

- [6] Alam, M. I., Fawzia, S., Liu, X. (2015). Effect of bond length on the behaviour of CFRP strengthened concrete-filled steel tubes under transverse impact. *Composite Structures*, 132, 898-914.
- [7] Gustin, J., Joneson, A., Mahinfalah, M., & Stone, J. (2005). Low velocity impact of combination Kevlar/carbon fiber sandwich composites. *Composite Structures*, 69(4), 396-406.
- [8].[www.kratosfiber.com](http://www.kratosfiber.com), Eriřim Tarihi: 06.8.2017