

KISA BİLDİRİ

Demiryolu Titreşimlerinin Konfora Etkisinin Örnek Hatlarda İncelenmesi

Zübeyde ÖZTÜRK*

Turgut ÖZTÜRK**

Haluk EROL***

Veysel ARLI****

ÖZ

Çalışmada, İstanbul'da iki farklı raylı sistemin titreşim açısından yolculuk konforları incelenerek, düşük konforlu kesimlerde nedenleri araştırılmaktadır. Bu amaçla önce Aksaray-Havalimanı hafif metro hattı ve sonra Zeytinburnu-Kabataş tramvay hattı tanıtılarak, bu hatların üstyapıları hakkında bilgi verilmektedir. Yolculuk konforunu belirlemek için yapılan titreşim ölçümünde; 3 eksenli ivme ölçer, sürücü koltuğunun altına yerleştirilmiş ve ISO 2631-4 Standardına göre ölçüm sonuçları incelenmiştir. Ölçümler sonucunda 1/3 oktav bant ivme değerlerine, frekans ağırlık filtrelerinde tanımlı kazançlar uygulanarak, ilgili eksen doğrultusunda ağırlıklandırılmış olan toplam değerler puanlama yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu, Titreşimler, Yolculuk konforu

ABSTRACT

Influences of Railway Vibrations on Passenger Comfort Investigation on Example Tracks

In this study, field vibrations were surveyed to investigate travel comfort of two different rail systems in Istanbul and the reasons of low comfort zones. With this purpose, first Aksaray-Airport metro line and then Zeytinburnu-Kabataş tram line were investigated with their superstructure information. For gathering information to determine travel comfort, a 3-axis accelerometer was placed under the seat of driver. And results were determined according to ISO 2631-4 standard. At the end of measurements, total weighted values toward the relevant axis's were obtained with 1/3 octave band acceleration values by applying gains defined in frequency weight filters.

Keywords: Railway, Vibrations, Travel comfort

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 23.09.2008 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2009 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul - zozturk@ins.itu.edu.tr

** İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul - tozturk@ins.itu.edu.tr

*** İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul - erolha@itu.edu.tr

**** İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul - veyselarli@hotmail.com

1. GİRİŞ

İnsan vücudunun bazı kısımları, ivmelenme ve mekanik titreşimler gibi dış etkilere karşı tepki gösterirken, frekanslara daha duyarlı olmaktadır, Çizelge 1. Ayrıca kişilerin titreşimlere karşı gösterdiği tepkiler de farklı olabilmektedir, [1].

Çizelge 1. İnsan vücudunun titreşime duyarlı olduğu frekans aralıkları

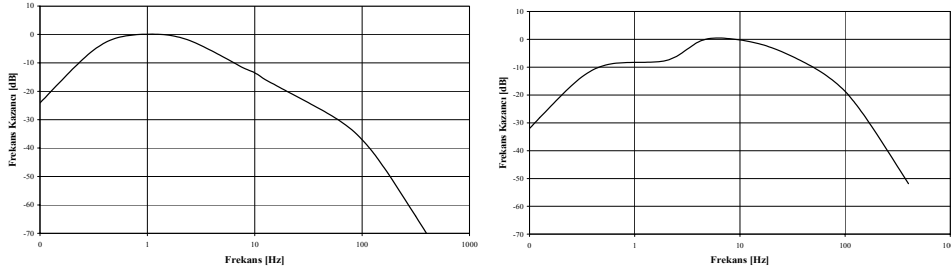
Kafatası	20-30 Hz	Kol	5-10 Hz
Gözbebeği	20-90 Hz	El	30-50 Hz
Omuz	4-5 Hz	Omurga	10-12 Hz
Göğüsduvarı	50-100 Hz	Karın	4-8 Hz
Alt kol	16-30 Hz	Bacaklar	2-20 Hz

Raylı taşıtlarda titreşimlerin ana kaynağı, araç tekerleğinin ray yüzeyi üzerinde yuvarlanırken, ray ve tekerlekte oluşan yapısal titreşimlerdir. Bu titreşimlerin en önemli nedenleri; alt yapı bozuklukları, ray ve tekerlek yüzeylerindeki aşınmalar sonucunda zamanla oluşan geometrik bozulmalardır. Diğer nedeni ise taşıt tekerleğinin; ray bağlantı yeri, kaynak noktaları, makas, kruvazman vb. kesimlerdeki çarpmasıdır. Demiryolunun çevresel etkileri ve titreşim özellikleri konusunda 1930'lu yıllardan itibaren birçok teorik ve uygulamalı çalışma yapılmıştır. Demiryolu araştırma kurumları olarak ORE ve daha sonra ERRI düz yollarda ve dönemeçlerdeki yolculuk konforu konusunda araştırmalar yapmış, [1-4], CEN bu araştırmalara dayanarak taslak standart hazırlamış, [5-7] ve ISO demiryolunda tüm konfor değerlendirmelerine yönelik standartlar geliştirmiştir, [8-11]. Yolculuk konforunun yöntem ve sonuçları üzerine kapsamlı bir araştırma Kufver tarafından yapılmış olup, özellikle yatay yol geometrisinin konfora etkisi ele alınmıştır, [12]. Bu ise, İstanbul'da iki kentiçi raylı sisteme ait titreşimlerin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve bu sonuçlara neden olan etkenlerin araştırılmasından oluşan farklı ve özgün bir çalışma olup, titreşimle ilgilenen kişi ve kurumlar için katkı sağlayacaktır.

2. SEÇİLEN HATLARDA TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmada incelenen hatlardan biri olan Aksaray-Otogar-Havalimanı arasındaki hafif metro, 18 istasyonlu ve 20 km uzunluğundadır. Aksaray-Yenibosna arasındaki 18 km'lik hat balastlı ve Yenibosna-Havaalanı arasındaki 2km hat balastsız inşa edilmiştir. Ray tipi S49 900A'dır, HM (Vossloh W14) elastik bağlantı sistemi kullanılmıştır, makas ve viyadüklerde ahşap travers, diğer kısımlarda ise B55 beton travers bulunmaktadır. Hatta kullanılan balast tabakası, 30-60mm tane çaplı bazalt taşından olup, yüksekliği travers altından itibaren 30-40cm arasında değişmektedir. Zeytinburnu-Eminönü-Kabataş tramvay hattı ise 13,2 km uzunluklu, istasyon sayısı 24 tür. 700A kaliteli RI60 oluklu raylarını, 30x15cm boyutlarında ve 75cm aralıklı donatılı beton bloklar taşımaktadır. Ölçümlerde kullanılan 3 eksenli ivme ölçer, sürücünün oturduğu koltuğun altına ISO 2631-1'e göre yerleştirilmiştir. Ölçümler gidiş ve dönüş süresince ardışık istasyonlar arasında yapılmış, Brüel-Kjaer firmasının bilgisayar tabanlı "PULSE Type 3560C" sistemi kullanılmıştır, [8-

11]. Yatay ve düşey yönlerde, titreşim hızının (rms) değerleri, frekansa bağlı olarak, 0.1 Hz-400 Hz frekans aralığında ve 1/3 oktav bantlarında gerçekleştirilmiştir. Ölçülen ivme değerlerine, ilgili standartlarda açıklanan taşıtın boyuna titreşimlerine (x eksen) W_d , enine titreşimlerine (y eksen) W_d , düşey yöndeki titreşimlerine (z eksen) W_b frekans ağırlık filtreleri uygulanmıştır. Bu frekans filtreleri kazancının frekansa bağlı olarak değişimleri, Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. W_d ve W_b frekans ağırlık filtreleri kazancının frekansa bağlı olarak değişimi

Ölçümler sonucunda 1/3 oktav bantlarında elde edilen ivme değerlerine, frekans ağırlık filtrelerinde tanımlanan kazançları uygulanarak, ilgili eksen doğrultusunda ağırlıklandırılmış toplam değerleri (a_w) Bağıntı 1’den elde edilmiştir.

$$a_w = \sqrt{\sum_1 (W_i a_i)^2} \quad (1)$$

Her üç eksen için bu işlemler ayrı ayrı tekrarlandıktan sonra, üç dik eksenenden elde edilen ivmeler kullanılarak, titreşimlerin toplam ivme düzeyleri (a_v) Bağıntı 2’den elde edilmiştir.

$$a_v = \sqrt{(k_x a_{wx})^2 + (k_y a_{wy})^2 + (k_z a_{wz})^2} \quad (2)$$

Hesaplanan toplam ivme düzeyleri, ISO 2631-1 ve ISO 2631-4 Standartlarına göre değerlendirilmiştir. Çizelge 2’de, 1 konfor bakımından en kötü durumu, 10 en konforlu durumu belirtmektedir, [5-7]. Aracın maksimum ivmesi için, Fransız Devlet Demiryolları $0.5m/sn^2$, Avrupa Standardizasyon Komitesi $1m/sn^2$ değerini kullanmaktadır.

Elde edilen değerlere göre konforun kötü olduğu kesimler incelendiğinde, balast problemlerinin önemli boyutlarda olduğu gözlemlenmiştir. İncelenen hafif metro hattı 16 yıldır işletmede olduğu için, bakım ihtiyacı zaman içinde artmıştır. Klasik balastlı sistemlerde toplam trafik yükü arttıkça, periyodik buraj ve taşlama dışında başka bakımların da yapılması gereklidir. Bazı kesimlerde buraj yeterli olamamakta, bu işlem balastın parçalanmasına neden olduğu için yolun daha fazla bozulmasına da neden olabilmektedir. Balast eleme ile ilgili kriter, ERRI D182 Standartında verilmektedir ve buna göre 22,5mm elek çapından geçen balastın ağırlık olarak oranı %30’a ulaştığında balast eleme işleminin yapılması gerekir. Belirtilen hafif metro hattından iki istasyon arasında rastgele seçilen

Demiryolu Titreşimlerinin Konfora Etkisinin Örnek Hatlarda İncelenmesi

noktalarda, bir travers altındaki tüm balast çıkarılarak elekten geçirilmiş ve 22,5mmlik elekten geçen malzemenin ağırlıkça oranı %60-70 oranlarında bulunmuştur.

Çizelge 2. Titreşim seviyesine göre yolculuk konforu tepkisi ve konfor puanları

Titreşim ivmesi değeri (m/sn ²)	Yolculuk konforu tepkisi	Toplam ivme a _v (m/sn ²)	Konfor indeksi
<0,315	Konforlu	2.5 ve üzeri	1
0,315-0,63	Çok az konforsuz	2.0-2.5	2
0,5-1	Biraz konforsuz	1.6-2.0	3
0,8-1,6	Konforsuz	1.25-1.60	4
1,25-2,5	Çok konforsuz	1.0-1.60	5
>2	Aşırı konforsuz	0.8-1.0	6
		0.63-0.80	7
		0.50-0.63	8
		0.315-0.50	9
		0.315 ve altı	10

3. SONUÇLAR

Çalışmada, yolcu ve sürücü konforunu belirlemek amacıyla Aksaray-Havalimanı hafif metro ile Zeytinburnu-Kabataş tramvay hattındaki titreşimler ISO Standartına uygun olarak ölçülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Konforun kötü olduğu kesimler incelendiğinde, balast problemlerinin önemli boyutlarda olduğu gözlenmiştir. Balast tanelerinin kirlenmesi veya yuvarlaklaşması sonucu, birbirine tutunma ve yol stabilitesini sağlama fonksiyonu azalmakta, bu durum yolculuk konforunu olumsuz etkilemektedir. Tramvay hattında ise tramvay hattını iyileştirme projesi kapsamında, kısmen balastın kaldırılarak yerine beton tabaka inşa edilmiş ve böylece üstyapının kısmen yenilenmiş olması bu kesimlerde konforu arttırmıştır. Beton tabaka ile birlikte titreşim azaltıcı ped, elastik bağlantı elemanı vb. önlemler uygulanmıştır. Henüz balastlı üstyapı olarak kullanılan ve yenilenmemiş olan kesimlerde ise, balast tabakasındaki problemler nedeniyle konfor azalmaktadır.

Kaynaklar

- [1] ERI, Application of ISO standard 2631 to railway vehicles: Comfort index Nmv: Comparison with the ISO/SNCF comfort note and with the Wz. B153/RP 21, 1993.
- [2] ERI, Effects of vibrations on passengers and drivers. Applications of the ISO and CEN standards concerned: Comfort evaluation of passengers seated in tilting and non-tilting vehicles on curved track. ERI B207/RP 2. Utrecht: ERI, 1998.

- [3] ORE, Application of the ISO Standard 2631 to railway vehicles: Vibratory comfort – drawing up weighting curves. Report B 153/RP 10. Utrecht: ORE, 1986.
- [4] ORE, Application of ISO Standard 2631 to railway vehicles: Influence of the low frequency components on the evaluation of comfort. Question B 153, 153/RP 12 1987.
- [5] CEN, Railway applications. Ride comfort for passengers. Measurement and evaluation. CEN preENV 12299. Brussels: CEN,1996a.
- [6] CEN, Railway applications: Testing for acceptance of running behavior of railway vehicles; Part 1: "On-track" tests. PrENV 0000-04 (CENTC 256 WG 10), CEN, 1996b.
- [7] CEN, Railway applications - Ride comfort for passengers - Measurements and evaluation, ENV 12299. Brussels: CEN, 1999.
- [8] ISO, Mechanical vibration - Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration Part 2: Application to railway vehicles. ISO/DIS 10326-2. Geneva: ISO,1996a.
- [9] ISO, Mechanical vibration - Measurement and analysis of vibration to which passengers and crew are exposed in railway vehicles. ISO/DIS 10056. Geneva: ISO, 1996b.
- [10] ISO, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole body vibrations - Part 1: General requirements. ISO 2631-1.2:1997 (E). Geneva: ISO, 1997.
- [11] ISO, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 4: 1999.
- [12] Kufver, B. Methods for evaluation of ride comfort as a function of vehicle reactions caused by railway alignment. Linköping: VTI, 1997.