



Demiryolu Hatları Üzerinde Tren Hareketi ile Oluşan Düşey Dinamik Darbe Kuvvetlerinin Tahmini için Geliştirilen Bazı Denklemlerin İncelenmesi

Ahmet Alperen Koç¹, Umut Can Çınar ^{*1}, Niyazi Özgür Bezgin¹

1 İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar, İstanbul, Türkiye

**umutcancinar95@gmail.com*

(Alınış: 29.11.2018, Kabul: 30.11.2018)

Özet: Demiryolu hatlarının tasarımlarında, tren hareketi ile ortaya çıkan dinamik darbe kuvvet değerlerinin bilinmesi gerekir. Ancak bu değerlerin kesin olarak tespitleri çok zor olup, uygulamada ancak tahmin edilebilmektedirler. 1867 yılında Winkler Teorisinin geliştirilmesi ile başlayan süreç içerisinde 1990'lara kadar geliştirilen birçok deneysel nitelikte denklem vardır. Bu denklemlerin amacı, dinamik darbe kuvvet değerini tahmin etmeye statik kuvvet değerine uygulanması gereken katsayının tahmin edilmesidir. Bu çalışma, tespit edilen bu denklemleri tanıtmak üzere hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Demiryolları, Dinamik darbe kuvvetleri, Dinamik darbe katsayıları, deneysel denklemleri.

Evaluation of Some Formulas Developed to Estimate the Vertical Dynamic Impact Forces on Railway Track Generated by Train Motion

Abstract: Dynamic impact forces that develop with train motion must be known for railway track design. However, it is rather difficult to determine the exact values of these forces and they can only be estimated in practice. There are many formulas developed since 1867 until the 1990's with the development of the Winkler Theory. The purpose of these equations is to estimate the factor to be applied to the static force value to estimate the dynamic impact forces. This study was prepared to introduce some of these equations.

Key words: Railways, Dynamic impact forces, Dynamic impact factors, empirical equations.

1. Giriş

Demiryolu hatlarının mekanik tasarımlarının yapılabilmesi için hat üzerine etki edecek kuvvet değerlerinin bilinmesini gerekir. Statik yük, durağan haldeki trenin hatta uyguladığı yüküdür. Trenin harekete geçmesi ile birlikte hat üzerine etki edecek düşey tekerlek kuvvetleri, statik değerlerinin üzerine çıkabilmektedir. Bu artışa neden olan etkenler arasında, hat profilinde, has esnekliğinde ve/veya tekerlek daireselliğinde varolabilecek mevcut düzensizlikler ve değişimler gösterilebilir [1].

Demiryolu araçları ile demiryolu hatlarının yapısal etkileşimi, birçok etken değişkeni içeren ve yapı mühendisliğinde "hiperstatik (indeterminate)" olarak anılan yapısal durum içerisinde ele alınmalıdır. Bu etkileşim içerisinde bilinmeyen değerlerin sayısı, bilinen kuvvet ve moment denge denklemlerinin ötesinde kalmaktadır. Bu nedenle

demiryolu mühendisleri, etki eden dinamik darbe kuvvet değerlerini en iyi ihtimalle “iyi bir şekilde tahmin” edebilirler. Zira etkileşim içinde olan tüm değişkenlerin doğru değerleri (deterministic) bilinmeyeceği gibi, bu değişkenlerin tümünün birarada etkileşiminin matematiksel bir denklem içinde ifadesi de bugüne kadar mümkün olamamıştır.

Günümüzde dinamik darbe kuvvetlerinin tahmini için iki yol bulunmaktadır. Bunlardan ilki, 1900’lü yılların başından bugüne geliştirilen ve çoğunlukla deneysel çalışmalar sonucu ortaya konan denklemlerdir. Bu çalışmanın da amacı, deneysel nitelikte 11 adet denklemi incelemek ve kıyaslamaktır. İkinci yol ise yüksek performanslı bilgisayarlar üzerinde çalışan ve çoklu etkileşim analizlerinin adımlar halinde gerçekleştirebilen rakamsal tetkik programlarıdır. Bu bağlamda günümüzde sonlu elemanlar (finite element) ve ayrık elemanlar (discrete element) ile rakamsal çözümlene yapabilen ANSYS®, ABAQUS®, Vampire®, Universal Mechanism® gibi programlar mevcuttur. Ancak, dinamik darbe kuvvet değerlerinin mevcut denklemler ile tahminleri, bu denklemler belirli şartlar altında türetildiklerinden, her durum için geçerli olmamakta ve bu denklemlerin çıkış noktaları bugün için çoğunlukla bilinmemektedir. Diğer taraftan kapsamlı bilgisayar altyapılar ve bilgisayar programları son derece pahalı olmakta ve bu programların kullanımı için de özel nitelikte çalışanlara gerek duyulmaktadır. Bu nedenle ülkemizde, analitik nitelikte, el ile hesap yapılmasını mümkün kılan ve her demiryolu için uygulanabilir yöntemlerin geliştirilmesine, 2019 yılında sonuçlandırmak üzere çalışılmaktadır [1].

Bu çalışmada dinamik darbe katsayılarının tahmin edilmesi için geliştirilmiş 11 adet deneysel denklem tanıtılacaktır. Tanıtılacak bu 11 denklemin bir kısmı tren hızına ve trene dair mekanik unsurlara odaklanırken bir diğer kısmı demiryolu hattına ve hatta dair mekanik unsurlara odaklanmaktadır. Üçüncü grup denklem ise hem trenin hem de hattın mekanik değerlerini kullanarak dinamik darbe kuvvet değerini tahmin etmektedir. Bu 11 denklemin dikkate aldığı farklı değişkenler tespit edilecek ve denklemler birbirleri ile karşılaştırılacaklardır.

2. Dinamik Darbe Katsayılarının Tahmin Etmek Üzere Kullanılan Bazı Denklemler

Bu bölümde ilgili denklemler alt başlıklar içerisinde tanıtılacaklardır.

2.1 Talbot (1910’lar)

Arthur Newell Talbot (1857-1942) tarafından American Railway Engineering Association (AREA- şimdiki adı AREMA) için geliştirilen formül tren tekerlek çapını ve tren hızını dikkate alır. Bu formül 1910’larda A.N. Talbot ve komitesi tarafından yürütülen deneylerden elde edilen sonuçlarla geliştirilmiştir ve halen modern Kuzey Amerika demiryollarında kullanılmaktadır. [2] A.N. Talbot’un bu konudaki çalışmaları “Stresses in Railroad Track” isimli kaynaktan bulunabilir. Kaynak [1]’de bölüm 30’da AREA komitesi tarafından 1980’lerde beton travers tasarım için geliştirilmiş bir hız katsayısı da bulunabilir [3] ve bu katsayı da tabloda gösterilmiştir. Formülde D tren tekerlek çapı (mm) ve V tren hızıdır. (km/saat)

$$K = 1 + \frac{5.21V}{D} \quad (1)$$

2.2 Alman Demiryolları(Schramm[9]) (1961)

Deutsche Bahn (Alman Demiryolları) 1943'ün başlarından itibaren 200 kilometre saate kadar geçerli olan bu formülü kullanmaya başladı. Kaynak [3] Alman demiryolları formülü için tek formül vermiş olsa bile kaynak [4]' de görülebileceği gibi 100 kilometre saate kadar olan hızlar ile 100 kilometre saatten sonraki hızlar için iki ayrı formül verilmiştir. Bu formülde tek değişken tren hızıdır. (km/saat) Kaynak [3]'te Kaynak [4]'deki 100 kilometre saatten sonraki hızlar için geçerli olan formülü kullanılmıştır. Kaynak [9]'da Schramm tarafından bahsedilen bu formül bazı kaynaklarda Schramm formülü olarak da geçmektedir.

100 kilometre saatten küçük hızlarda;

$$K = 1 + \frac{V^2}{3 * 10^4} \quad (2)$$

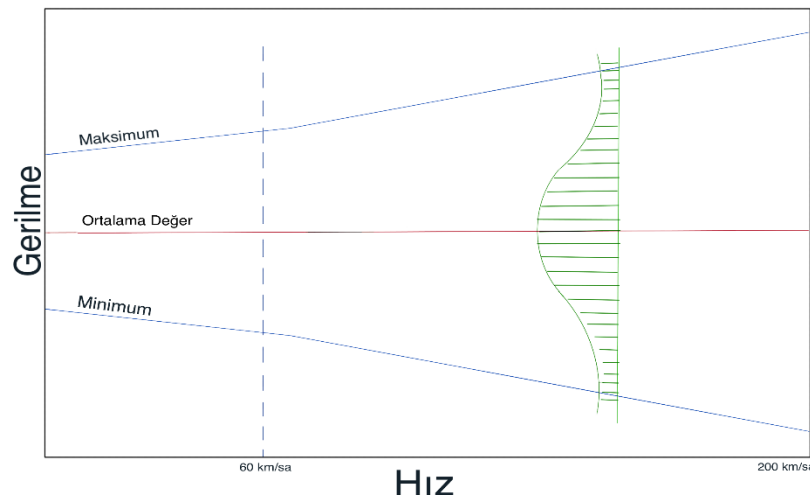
100 kilometre saatten büyük hızlarda;

$$K = 1 + \frac{4.5V^2}{10^5} - \frac{1.5V^3}{10^7} \quad (3)$$

2.3 Eisenmann (1972)

Eisenmann bu formülü geliştirirken istatistiki bir bakış açısıyla yaklaşmıştır. Eisenmann raydaki gerilmelerin ve sehimlerin normal dağılım gösterdiğini ileri sürmüştür.[4] Normal dağılım Şekil 1'de gösterilmiştir. Bundan yola çıkarak standart sapma ve ortalama gerilme ile maksimum gerilmelerini hesaplayabileceğini söylemiş ve formülünü geliştirmiştir.

$$K = 1 + \phi.n.t \quad (4)$$



Şekil 1. Gerilmelerin normal dağılımı

Burada t istatistik bir katsayıdır. t hesap yapılacak hat elemanının önemine göre seçilir ve aşağıdaki değerleri alır:

- n= 0.1 iyi hat koşulları, n=0.2 normal hat koşulları n=0.3 kötü hat koşulları için kullanılır.
- t=1 için oluşabilecek gerilmelerin tamamının %84.1'ini kapsar.
- t=2 için oluşabilecek gerilmelerin tamamının %97.7'sini kapsar.
- t=3 için oluşabilecek gerilmelerin tamamının %99.9'unu kapsar.
- ϕ için [4]'de;
- n =1 $V \leq 60$
- $n = 1 + \frac{V-60}{140}$ $60 < v < 200$

Kaynak [10]'da ise;

- n =1 $V \leq 60$
- $n = 1 + 0.5 * (v - 60 / 190)$ $60 < v < 300$ (yolcu trenleri için)
- $n = 1 + 0.5 * (v - 60 / 80)$ $60 < v < 140$ (yük trenleri için) diye belirtmiştir. (Hızlar km/saat)

2.4 İngiliz Demiryolları (1974)

Bu denklem İngiliz demiryollarından alınan ölçümler doğrultusunda, o hatta kullanılan raylara, o hatlarda kullanılan trenlerin yaylanmaz kütesine ve o hatta özgül travers aralığına göre hesaplanmıştır.[4] Bu formül ayırık bağlantı noktalarından geçen bir trenin o noktaya uyguladığı dinamik darbe yükünün hesabı için geliştirilmiştir. Bu formül birçok değişkeni göz önünde bulundurur ancak formül İngiliz demiryolu hatlarından elde edilen deneysel veriler üzerine kurulu olduğu için başka hatlar üzerinde kullanılması güvenilir olmayabilir.

$$K = 1 + \frac{8.784(\alpha_1 + \alpha_2)V \sqrt{\frac{D_j P_u}{g}}}{P_s} \quad (5)$$

Burada;

- $(\alpha_1 + \alpha_2)$ toplam eğim açısı (radyan)
- P_s : statik teker yükü(kN)
- P_u : tek tekerdeki yaylanmayan kütle (kN)
- D_j : İlgili noktadaki hat esnekliği (kN/mm)
- G : yerçekimi ivmesi (m/s^2)
- V : tren hızıdır. (km/saat)

2.5 Güney Afrika Demiryolları (1974)

AREA'nın kullandığı Talbot formülünün dar hatlı demiryolları için dönüştürülmüş olanıdır. [5] Talbot denkleminde olduğu gibi V tren hızı (km/saat) ve D tekerlek çapıdır. (mm)

$$K = 1 + 4.92 \frac{V}{D} \quad (6)$$

2.6 ORE (1965)

Uluslararası Demiryolları Birliği'nin (UIC) Office of Research and Experiments bölümü Birmann'ın önderliğinde(bazı yerlerde Birmann formülü olarak da geçer)[6] tarafından geliştirilen formül ölçümlere dayandırılarak oluşturulmuştur. Bu formül 200 kilometre saat hızlara kadar geçerlidir ve hat geometrisini, trenin süspansiyonlarını, trenin hızını, trenin ağırlık merkezini, hat yaşını, kurba paçını, dever miktarını ve dever eksiğini hesaba katar. [3] Bu formülde hat yaşı, tren dizaynı ve lokomotif güç ünitesi bakım durumu gibi faktörleri göz önünde bulundurmamıştır. Bu faktörlerin ölçümü/tespiti zor olmakla birlikte bir çok durumda bunlar hakkında elimizde bilgi olmamaktadır. Ölçüm zorluğu ve tutarlı bilgi eksikliğinden dolayı formülün kullanımı pratik değildir.

$$K = 1 + \alpha' + \beta' + \gamma' \quad (7)$$

- α' , iki ray arasındaki yükseklik farkına trenin süspansiyonlarına ve trenin hızına bağlıdır.
- β' , tren hızına, dever eksiğine ve trenin ağırlık merkezine bağlıdır.
- γ' , tren hızına, hat yaşına, tren dizaynına, lokomotifin güç ünitesinin bakım durumuna ve traverslerin hanging ihtimaline bağlıdır.

Elimizde herhangi bir ölçüm veya veri olmadığı durumda 140 km/saat hıza kadar olan hızlarda maksimum darbe katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.[4] V tren hızı (km/saat)

$$K = 1.29 + 0.04 \left(\frac{V}{100} \right)^3 \quad (8)$$

2.7 WMATA (1968)

1968 yılında WMATA (Washington Metropolitan Area Transit Authority) için bir dinamik darbe katsayısı geliştirildi ve hat yapımlarında standart olarak kullanılmaya başlandı. [7] V tren hızı (km/saat)

$$K = (1 + 0.0000386V^2)^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

2.8 Hindistan Demiryolları (1974)

Agarwal Hindistan demiryollarında kullanılan formüle ölçümle elde edilmiş hat esnekliğini katmaya çalıştı. [11] Hat esnekliğini denkleme katarak hat durumunun da etkisini göz önünde bulundurmaya çalışmıştır. Burada V tren hızı(km/saat) ve U hat esnekliğidir. (Megapaskal)

$$K = 1 + \frac{V}{58.14\sqrt{U}} \quad (10)$$

2.9 Clarke (1957)

Talbot formülü ve Hindistan demiryolları formülünün cebirsel bir birleşimidir. Hat esnekliği ve tekerlek çapını aynı formülde kullanmıştır ve herhangi bir deneysel veri üzerine modellenmemiştir.[4] V tren hızı (km/saat), U hat esnekliği(Megapaskla) ve D tekerlek çapıdır. (mm)

$$K = 1 + \frac{19.65V}{D\sqrt{U}} \quad (11)$$

2.10 Sadeghi (1993)

En son olarak geliştirilen bu formül Javad Sadeghi tarafından geliştirilmiştir. [8] Bu formülde kullanılan tek değişken V tren hızıdır. (km/saat)

$$K = 1.098 + 0.0008V + 10^{-6}V^2 \quad (12)$$

2.11 Japon Demiryolları [12]

Bu formülde V tren hızıdır.(km/saat)

$$K = 1 + n \cdot t \cdot \frac{V}{200} \quad (13)$$

- n=0.3 ve t=3 için formül $K=1+0.0045v$ şeklini alır.

2.12 Tüm Formüllerin Tablolu Karşılaştırılması

Bu bölümde şu ana kadar incelediğimiz bütün formüllerin değişkenlerini tablolu olarak karşılaştırılacaktır. Tablo 1’de görüldüğü üzere formüllerin tamamı hız değişkenini içermektedir.Hızdan sonra en sık kullanılan değişken tekerlek çapıdır.

Tablo 1. İncelenen dinamik darbe katsayısı formüllerinin karşılaştırılması

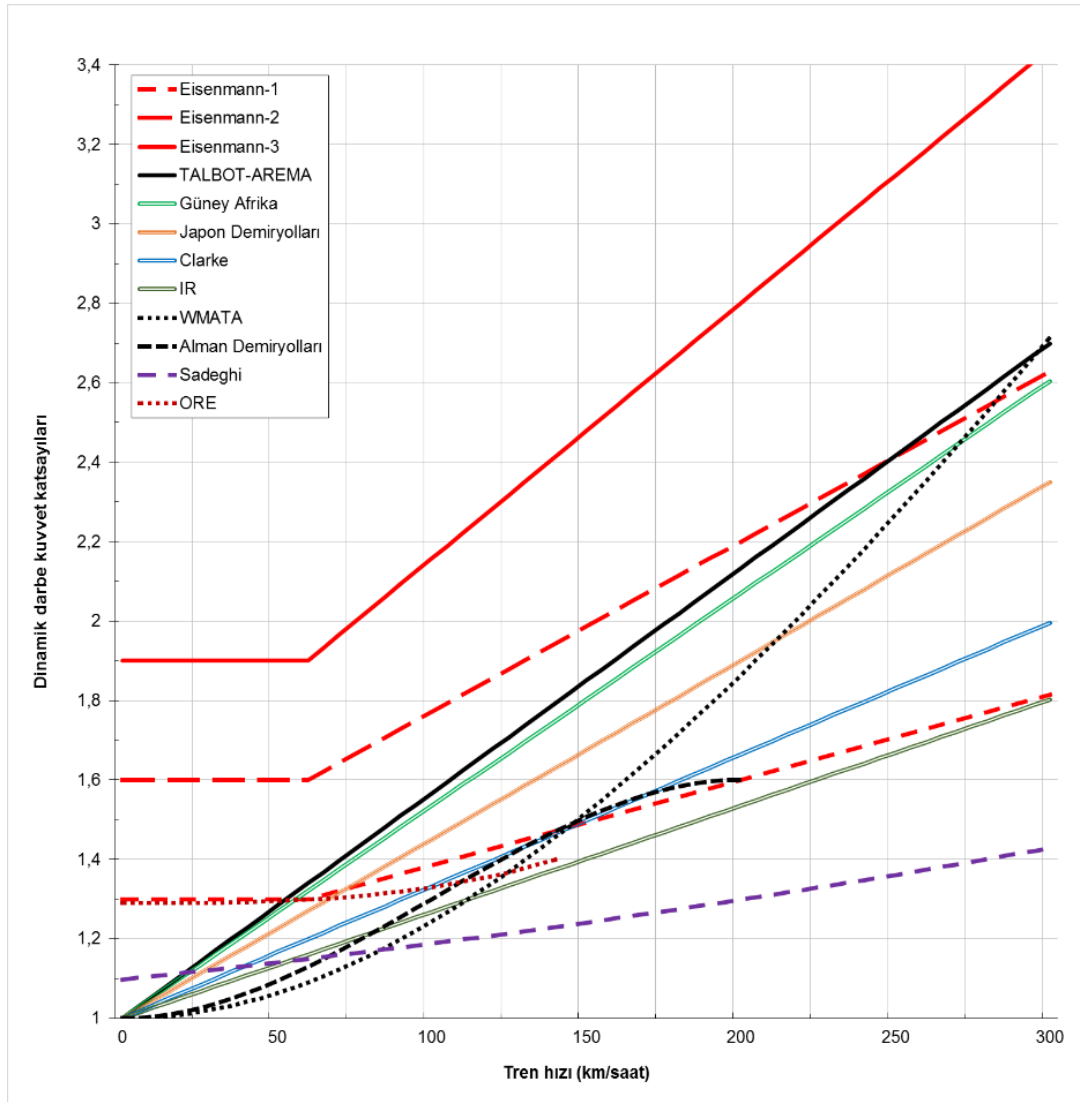
Dinamik darbe kuvvet katsayısının tespit için geliştirilen denklemler		Trene dair değişkenler						Demiryoluna dair değişkenler					
		Tren hızı	Tekerlek çapı	Statik tekerlek kuvveti	Yaylar tarafından desteklenmemiş kütle	Taşıt ağırlık merkezi	Lokomotif bakım durumu	Hat esneklik modülü	Ray sertliği	Hat birleşim noktasındaki eğim	Kurptaki eğim yetersizliği	Kurp yarıçapı	Hattın bakım durumu
Talbot	$1 + \frac{5.21V}{D}$	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hint Demiryolları	$1 + \frac{V}{58.14\sqrt{U}}$	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-
Eisenmann	$1 + \delta\eta t$	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
ORE/Birmann	$1 + \alpha + \beta + \gamma$	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓
Alman Demiryolları	$1 + \frac{4.5V^2}{10^5} - \frac{1.5V^3}{10^7}$	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İngiliz Demiryolları	$1 + \frac{14.136(\alpha_1 + \alpha_2)V}{P_s} \sqrt{\frac{D_j P_u}{g}}$	✓	-	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-
South African Demiryolları	$1 + 4.92 \frac{V}{D}$	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clarke	$1 + \frac{19.65V}{D\sqrt{U}}$	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-
WMATA	$(1 + 0.0000386V^2)^{\frac{2}{3}}$	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sadeghi	$1.098 + 0.0008V + 10^{-6}V^2$	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREMA C30	20 < V < 120 için 0.6 + 0.005V**	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**AREMA C30 formülünde hız mil/ saattir.

2.13 Tüm Formüllerin Grafiksel Karşılaştırılması*

Şekil 1’de, değerlendirilen denklemlerden değişen hız değerleri altında çıkan dinamik darbe katsayısı değerleri görülmektedir. Eisenmann formülünün kötü durumda bir demiryolu hattını tasvir ettiği $n=0.3$ için verdiği değerler grafikte görüldüğü üzere oldukça yüksektir. Alman demiryolları, WMATA ve ORE formülleri doğrusal bir değişim sergilememektedir. Alman demiryolları formülü diğer formüllerden farklı olarak belli hızdan sonra artış hızı azalmaktadır. Grafikte Sadeghi’nin formülüne bakıldığında diğer formüllerle mukayese edildiğinde aynı hız değerlerinde daha düşük dinamik darbe katsayısı (K) değerleri vermektedir.

Bu tabloda ortaya çıkan önemli bir sonuç, önerilen denklemlerin oldukça farklı oluşum felsefelerinin olduğunu ve birbirlerinden farklı sonuçlar verdiğidir. Önerilen bu denklemler, bu denklemlerin üretildiği deneysel koşullara bağlı olup, denklemlerin her türlü hat koşulunda uygulanabilirliği şüphelidir. Bu nedenle kullanımlarında dikkatli olunması gerekir.



Şekil 1. İncelenen bütün dinamik darbe katsayılarının grafiksel karşılaştırılması *İngiliz demiryolları formülünde eğim açısı olduğu için grafikte gösterilmemiştir.

3. Sonuç

Sunulan dinamik darbe katsayısı tahmin denklemlerinin içinde en sade olan Talbot denkleminde, bu denklemler arasında en karmaşık nitelikte olan ORE denklemine kadar sunulan tüm denklemler hız değerini içermektedir. Hız değişkeni, dinamik darbe kuvvet oluşumunda etkin bir değer olarak ortaya çıkmaktadır. Hız ile dinamik darbe kuvvetleri arasında doğru orantılı bir ilişki görülmektedir. Talbot ve Güney Afrika Demiryolları formüllerinin birbirlerinin aynısı olduğu, sadece Güney Afrika Demiryolları formülünün dar hatlar için geliştirildiği belirtilmişti buradan da ekartman genişliğinin dinamik darbe kuvvetlerine etki ettiği görülmektedir. Bu formüllerin farklılığı üzerinde çalışılan demiryolu hattına bağlı olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde ORE ve İngiltere Demiryolları formülleri, incelenen hatta özgü değerlere uygun şekilde türetilmiştir. Bu göz önünde bulundurulduğunda, belli bir hatta özgü özelliklerden uzak bir denkleme ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Günümüzde yüksek hızlı bilgisayarlar yardımı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanarak dinamik darbe kuvvetlerinin tahmin edilebilmesi için detaylı hesaplar yapılabilmektedir. Ancak elde edilen sonuçların kontrolü pek mümkün değildir. Bir mühendis olarak elde edilen sonuçların mühendislik değerlendirmesi ve basit el hesapları ile kontrolü her zaman oluşabilecek hataları erkenden önlemeye yarar. Belli bir pay haddi ile bize dinamik darbe katsayısını tutarlı olarak verebilecek bir formülün kullanımı, çıkan sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplanan sonuçların hızlı bir şekilde kontrolü için faydalı olacaktır. Bu bağlamda ülkemizde bugün sürdürülen ve 2019 senesinde sonuçlandırılacak olan bir çalışma mevcuttur [13, 14, 15, 16]. Bu çalışmalarda geliştirilen Bezgin Yöntemi ve bu yöntemin uygulanması ile elde edilen analitik nitelikte Bezgin Denklemleri, her türlü hat ve koşula uygulanabilir niteliktedir. Yüksek performanslı bilgisayarlar üzerinde çalışan gelişmiş sonlu elemanlar yöntemi uygulayan rakamsal programların sonuçları ile yürütülen kıyaslama çalışmalarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 2019 senesinde sonuçlanacak bu çalışmanın sonuçları, tüm detayları ile paylaşılacaktır.

Kaynakça

- [1] Bezgin, N. (2018). Hat Profilinde Meydana Gelen Değişimler Nedeniyle Oluşan Dinamik Darbe Kuvvetlerinin Tahmini için Geliştirilen Yeni bir Yöntemin Uygulanması. Demiryolu Mühendisliği, (8), 40-51.
- [2] AREMA Manual for Railway Engineering. American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association. s.n., 2012.
- [3] B. Van Dyk, M. Dersch, R. Edwards, J. Ruppert, C. Barkan “Evaluation of Dynamic and Impact Wheel Load Factors and their Application for Design”. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, 2014.
- [4] Doyle, N. F. Railway Track Design: A Review of Current Practice. BHP Melbourne Research Laboratories, Bureau of Transport Economics, 1980.
- [5] Frohling, R. D., (1995), “Measurement, interpretation and classification of South Africa track geometry,” Interaction of railway vehicles with the track and its substructures , Swets and Zeitlinger Publisher, Prague.
- [6] Birmann, F. Track Parameters, Static and Dynamic. In Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Conference Proceedings, Vol. 180, Sage Publications, 1965, pp. 77-79.
- [7] Prause, R. H., et al. Assessment of Design Tools and Criteria for Urban Rail Track Structures. Department of Transportation: Urban Mass Transportation Administration, 1974.
- [8] Sadeghi, J. and P. Barati. Evaluation of conventional methods in Analysis and Design of Railway Track System. In International Journal of Civil Engineering, Vol. 8,2010, p. 46.
- [9] Schramm, G. Permanent Way Technique and Permanent Way Economy. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, 1st. Darmstadt, Germany, 1961.
- [10] Lichtberger, L. “Track Compendium.” Eurailpress. 2005
- [11] Agarwal, M.M. (1974) Indian Railway Track, Manglik Prakashan, Saharanpur.
- [12] Kim, D. S., & Ham, Y. S. (2013). Dynamic Wheel Loads of High-Speed Rail at Speeds Greater than 400 km/h. Transportation Research Record, 2374(1), 55–65.
- [13] Bezgin, N.O., Development of a new and an explicit analytical equation that estimates the vertical impact loads of a moving train. Procedia Engineering, Volume 189, May 2017, Pages 2-10.
- [14] Bezgin N.O., Application of a new concept and a method to estimate the vertical impact forces on railway tracks due to track stiffness variations. 97th Transportation Research Board Meeting, Washington DC, Paper No.: 18-00407. Received August 1, 2017, presented and published January 8, 2018.
- [15] Bezgin N.O., Application of a new concept and a method to estimate the vertical impact forces on railway tracks due to track profile irregularities. 97th Transportation Research Board Meeting, Washington DC, Paper No.: 18-00407. Received August 1, 2017, presented and published January 8, 2018.

- [16] Bezgin N.Ö., Proposal of a new analytical method to estimate the vertical impact forces on railway tracks due to changes in track profile and track stiffness. 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA 2018, Zadar, Croatia, 17-19 May 2018, pp.837-845

Özgeçmiş



Ahmet Alperen Koç

Ahmet Alperen Koç 02.10.1996 İstanbul doğumludur. Denizli Erbakır Fen Lisesi'ni bitirmiştir. Şu an İstanbul üniversitesi Cerrahpaşa lisans son sınıf öğrencisidir. Lisans eğitiminin ardından, lisansüstü eğitime demiryolu mühendisliği alanında devam etmek istemektedir. Tekerlek-ray teması (wheel-rail contact) konusuna ilgilidir.



Umut Can Çınar

Umut Can Çınar 20 Mayıs 1995 Erzurum doğumludur. Erzurum İbrahim Hakkı Fen Lisesi'nden 2013 yılında mezun olmuştur. İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa İnşaat Mühendisliği bölümü lisans son sınıf öğrencisidir. Yüksek Lisans eğitime ulaştırma mühendisliği alanında devam ettirmek istemektedir. Akıllı ulaşım sistemleri konusuna ilgilidir.



Doç. Dr. Niyazi Özgür BEZGİN

2013 senesinde İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde ulaştırma yapıları üzerine araştırmalar yapmak üzere Öğretim Üyesi olarak akademik çalışmalarına başlamıştır ve 2017 senesinde Doçent unvanını kazanmıştır. Demiryolu mühendisliği hat mekaniği üzerine çalışmakta olup, demiryolu hatları üzerine etki eden dinamik darbe kuvvet değerlerinin tahmini için “Bezgin Yöntemi” adı verilen bir yöntem geliştirmektedir.