

KAYNAKLI RAYLI DEMİRYOLUNDA RAY BURKULMASI RİSKİNİ AZALTMAYA YÖNELİK TEKNİK ÇÖZÜMLER

Jumaniyozov Munisbek Ozodovich

yüksek lisans öğrencisi

Taşkent Devlet Ulaştırma Üniversitesi

E-posta: munisbekjumaniyazov03@gmail.com

Telefon: +99891 772 55 11

Özet: Bu makalede kaynaklı raylı demiryolu hatlarında ray burkulması riskini azaltmaya yönelik teknik çözümler incelenmiştir. Araştırma kapsamında sıcaklık değişimlerinin raylarda oluşturduğu boyuna gerilmeler, ray- travers ızgarasının stabilitesi ve yol güvenliği üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Ayrıca ray sıcaklığının sürekli izlenmesi, nötr sıcaklığın doğru belirlenmesi, modern bağlantı elemanlarının kullanılması ve dijital izleme sistemlerinin uygulanması gibi teknik yöntemler değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, modern mühendislik çözümlerinin kaynaklı raylı hatların güvenliğini ve işletme verimliliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: kaynaklı raylı demiryolu, ray burkulması, sıcaklık gerilmeleri, ray-travers sistemi, demiryolu güvenliği, izleme sistemleri, teknik çözümler, ray stabilitesi.

Günümüzde demiryolu taşımacılığı, ekonomik kalkınmanın ve lojistik sistemlerin en önemli unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Yolcu ve yük taşımacılığı hacminin sürekli artması, demiryolu altyapısının güvenilirliğini ve teknik dayanıklılığını daha da önemli hâle getirmektedir. Bu nedenle modern demiryolu sistemlerinde yüksek dayanıklılığa sahip, uzun ömürlü ve düşük bakım maliyetli altyapı çözümlerinin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu çözümler arasında en yaygın kullanılan sistemlerden biri kaynaklı raylı demiryolu hattıdır. Kaynaklı raylı sistemlerde rayların kesintisiz şekilde birleştirilmesi sayesinde tren hareketi daha düzgün gerçekleşmekte, dinamik etkiler azalmakta ve hat elemanlarının kullanım ömrü uzamaktadır. Ancak bu sistemlerin işletilmesi sırasında karşılaşılan en önemli problemlerden biri ray burkulması riskidir.

Ray burkulması, özellikle yüksek sıcaklık koşullarında raylarda oluşan basınç gerilmeleri nedeniyle meydana gelen tehlikeli bir deformasyon türüdür. Ray sıcaklığının yükselmesi sonucunda raylar uzamaya çalışır, fakat traversler, balast tabakası ve ray bağlantı elemanları rayların serbest hareketini engeller. Bunun sonucunda ray içerisinde büyük boyuna basınç kuvvetleri oluşur. Bu kuvvetler kritik seviyeye ulaştığında ray-travers sisteminin yanal stabilitesi bozulur ve ray burkulması meydana gelir. Bu durum tren hareket güvenliği açısından ciddi bir tehlike oluşturur ve ağır kazalara neden olabilir.

Özbekistan gibi sert karasal iklime sahip bölgelerde ray burkulması problemi daha büyük önem taşımaktadır. Yaz aylarında hava sıcaklığı +45 °C'ye kadar çıkabilmekte, güneş ışınlarının etkisiyle ray sıcaklığı ise +60 °C hatta +70 °C seviyelerine ulaşabilmektedir. Bu sıcaklık farkları raylarda oluşan sıcaklık gerilmelerini ciddi ölçüde artırmaktadır. Kış aylarında ise düşük sıcaklıklar nedeniyle raylarda çekme gerilmeleri oluşmakta ve ray çeliğinin kırılganlığı artmaktadır. Bu nedenle kaynaklı raylı hatların yıl boyunca sürekli izlenmesi gerekmektedir.

Ray burkulması riskini azaltmak için kullanılan temel yöntemlerden biri nötr sıcaklığın doğru belirlenmesidir. Nötr sıcaklık, ray içerisinde boyuna gerilmelerin minimum seviyede olduğu sıcaklık değeridir. Rayların montajı sırasında nötr sıcaklığın yanlış seçilmesi, yaz aylarında aşırı basınç kuvvetlerinin oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle ray montajı sırasında sıcaklık ölçümlerinin hassas cihazlarla yapılması gerekmektedir. Özellikle yüksek hızlı tren hatlarında nötr sıcaklık değerinin doğru ayarlanması büyük önem taşımaktadır.

Modern demiryolu mühendisliğinde sıcaklık gerilmelerini kontrol etmek amacıyla gelişmiş izleme sistemleri kullanılmaktadır. Elektronik sıcaklık sensörleri, dijital termometreler ve otomatik kayıt sistemleri sayesinde ray sıcaklığı gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Bu sistemler yalnızca sıcaklığı değil, aynı zamanda rayların boyuna hareketlerini, titreşim seviyelerini ve deformasyon durumlarını da kontrol etmektedir. Elde edilen veriler merkezi kontrol merkezlerine aktarılmakta ve özel yazılımlar yardımıyla analiz edilmektedir.

Son yıllarda yapay zekâ destekli analiz sistemlerinin kullanılması demiryolu sektöründe yeni bir aşama oluşturmuştur. Yapay zekâ algoritmaları geçmiş sıcaklık verilerini, hava tahminlerini ve ray deformasyon bilgilerini analiz ederek gelecekte

oluşabilecek riskleri önceden tahmin edebilmektedir. Böylece bakım ekipleri riskli bölgeleri önceden belirleyebilmekte ve gerekli önlemleri zamanında uygulayabilmektedir.

Ray burkulması riskinin azaltılmasında ray-travers sisteminin yapısal dayanıklılığı da büyük rol oynamaktadır. Beton traverslerin kullanılması rayların yanal hareketine karşı direnci artırmaktadır. Ayrıca yüksek kaliteli balast tabakası rayların stabilitesini sağlamada önemli bir unsurdur. Balastın yeterli sıkılıkta olmaması veya kirlenmesi durumunda rayların hareket direnci azalmakta ve burkulma riski artmaktadır. Bu nedenle balast temizliği ve sıkıştırılması düzenli olarak yapılmalıdır.

Ray bağlantı elemanları da sistemin güvenliği açısından önemli bir yere sahiptir. Modern elastik bağlantı sistemleri rayların kontrollü şekilde hareket etmesine olanak sağlamakta ve aşırı gerilmelerin oluşmasını önlemektedir. Pandrol Fastclip gibi modern bağlantı sistemleri günümüzde birçok yüksek hızlı demiryolu hattında kullanılmaktadır. Bu sistemler rayların traverslere daha sağlam bağlanmasını sağlayarak ray-travers sisteminin genel stabilitesini artırmaktadır.

Yüksek hızlı tren hatlarında ray geometrisinin sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Küçük geometrik bozukluklar bile yüksek hızlarda ciddi güvenlik problemlerine neden olabilir. Bu nedenle lazer tabanlı ölçüm sistemleri ve otomatik geometrik kontrol araçları kullanılmaktadır. Bu sistemler ray açıklığını, eğimini ve doğrultusunu hassas şekilde ölçerek olası kusurları erken aşamada tespit etmektedir.

Ultrasonik kontrol sistemleri de ray güvenliğinin sağlanmasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ultrasonik cihazlar rayların iç yapısında oluşan mikro çatlakları ve gizli kusurları tespit etmektedir. Böylece ray kırılmaları meydana gelmeden önce gerekli bakım çalışmaları yapılabilmektedir. Özellikle yoğun yük taşımacılığı yapılan hatlarda ultrasonik kontrol sistemleri büyük önem taşımaktadır.

Demiryolu altyapısının dijitalleşmesi ile birlikte uzaktan izleme sistemleri de yaygınlaşmaktadır. GSM ve uydu iletişim teknolojileri yardımıyla ray sıcaklığı ve deformasyon bilgileri uzak merkezlere anlık olarak iletilebilmektedir. Bu sistemler özellikle çöl ve dağlık bölgelerde bulunan hatların kontrolünde etkili sonuçlar vermektedir.

Ray burkulması riskinin azaltılmasına yönelik önemli teknik çözümlerden biri de düzenli bakım çalışmalarının yapılmasıdır. Traverslerin teknik durumunun

kontrol edilmesi, ray bağlantılarının sıklık seviyesinin ölçülmesi ve balast stabilitesinin korunması rayların güvenli işletilmesini sağlamaktadır. Ayrıca aşırı sıcaklık dönemlerinde tren hızlarının geçici olarak düşürülmesi de uygulanan güvenlik önlemleri arasında yer almaktadır.

Deneysel çalışmalar göstermektedir ki ray sıcaklığı kritik seviyeye yaklaşırken ray-travers sisteminde önce küçük elastik deformasyonlar oluşmaktadır. Sıcaklığın daha da yükselmesiyle birlikte deformasyonlar hızlı şekilde artmakta ve ray burkulması meydana gelebilmektedir. Özellikle küçük yarıçaplı kurplarda burkulma riski daha yüksektir. Çünkü bu bölgelerde trenlerden kaynaklanan yatay kuvvetler sıcaklık gerilmelerine ek olarak etkimektedir.

Özbekistan demiryollarında son yıllarda modernizasyon çalışmaları kapsamında kaynaklı raylı sistemlerin kullanım alanı genişletilmektedir. Yüksek hızlı tren hatlarının geliştirilmesi, yeni diagnostik sistemlerin uygulanması ve dijital kontrol teknolojilerinin yaygınlaştırılması sayesinde hat güvenliği önemli ölçüde artırılmaktadır. Gelecekte akıllı demiryolu teknolojilerinin uygulanmasıyla birlikte ray burkulması riskinin daha etkin şekilde kontrol edilmesi mümkün olacaktır.

Sonuç olarak kaynaklı raylı demiryolu hatlarında ray burkulması riskinin azaltılması için modern teknik çözümlerin kapsamlı şekilde uygulanması gerekmektedir. Ray sıcaklığının sürekli izlenmesi, güçlü altyapı elemanlarının kullanılması, dijital diagnostik sistemlerin geliştirilmesi ve düzenli bakım çalışmalarının yapılması demiryolu güvenliğinin sağlanmasında temel faktörlerdir. Modern teknolojilerin uygulanması sayesinde demiryolu altyapısının güvenilirliği artırılmakta, bakım maliyetleri azaltılmakta ve tren hareket güvenliği daha yüksek seviyeye çıkarılmaktadır.

Kaynakça:

1. Khalfin G.A., Umarov Kh. Sürekli kaynaklı demiryolu hattının stabilite analizi. – AIP Conference Proceedings, 2023.
2. Khalfin G.A. Raylardaki sıcaklık gerilmelerinin araştırılması. – Universum: Technical Sciences, 2021.
3. Lesov K.S. İklim koşullarında demiryolu stabilitesi. – Barqarorlik va Yetakchi Tadqiqotlar, 2022.

4. Mirakhmedov M.M. Demiryolu altyapısının teşhisi ve bakımı. – Journal of Railway Engineering, 2020.
5. Khalfin G.A. Sürekli kaynaklı hattın stabilitesini etkileyen faktörler. – Scientific Progress, 2021.
6. Rustamovich Kh.G.A. Demiryolu mühendisliğinde modern izleme sistemleri. – Universum: Technical Sciences, 2023.
7. Khalfin G.A., Purtseladze I.B. Ray dizilerinin boyuna direncinin değerlendirilmesi. – Universum: Technical Sciences, 2021.
8. Esveld C. Modern Demiryolu Hattı. – MRT-Productions, Hollanda, 2001.
9. Kerr A.D. Demiryolu Hat Mühendisliğinin Temelleri. – Simmons-Boardman Books, ABD, 2003.
10. Hay W.W. Demiryolu Mühendisliği. – John Wiley & Sons, New York, 1982.
11. Zakeri J.A., Xia H. Demiryolu Hat Dinamiği ve Stabilitesi. – CRC Press, 2018.
12. “O‘zbekiston temir yo‘llari” teknik normları ve standartları. – Taşkent, 2022.
13. Khalfin G.A., Purtseladze I.B. Uzun ray dizilerinin kullanılmasının gerekçelendirilmesi. – Universum: Technical Sciences, 2022.
14. Lesov K.S., Khalfin G.A. Diagnostik sistemlerin teknik-ekonomik verimliliği. – Oriental Renaissance, 2022.
15. Khalfin G.A., Umarov Kh., Purtseladze I. Sürekli kaynaklı hattın durumunu belirleme sistemi. – E3S Web of Conferences, 2023.