

Derleme / Review

Taşıtlarda AB ve ABD'nde Uygulanan Fren Test Standartlarının İncelenmesi**Bekir Güney¹, İbrahim Mutlu²**¹Şuhut Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Afyonkarahisar.²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

e-posta: guneyb03@hotmail.com, ibrahimmutlu@hotmail.com.

Geliş Tarihi:09.09.2014 ; Kabul Tarihi:03.11.2014

Özet

Frenleme etkinliğini değerlendirme konusu her zaman otomotiv mühendisliğinde zor bir konu olmuştur. Bu yüzden frenleme etkinliğinde kullanılan disk/kampana ve balata ikilisinin gerçek frenleme performansını değerlendirmek için emniyetli kriterler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kriterler yeni ve güçlü fren performans ihtiyacını test etmek için geliştirilmiştir. Bunun yanında test maliyetlerini azaltmak, geliştirme sürelerini kısaltmak, güvenlik problemlerini çözmek, satış sonrası yedek parçaya olan ilgiyi artırmak, çeşitli araç gruplarını test etmek, müşterilerin endişelerini azaltmak, teknolojik gelişme sağlamak gibi amaçlar için geliştirilmiştir. Frenleme performansı farklı hız, yük, sıcaklık ve basınçta ya ataletli dinamometrede ya da gerçek taşıt üzerinde test yapılarak tayin edilmektedir.

Anahtar kelimelerFren Performansı;
Standart; Dinamometre**Investigation of Vehicle Brake Testing Standards Applied in The EU and The USA****Abstract**

Braking activity evaluation has always been a difficult subject to handle for automotive engineering. This is why disk/drum brake and brake lining duo used in braking activity constituted safe criteria in order to evaluate real braking performance. These criteria were developed for testing new and powerful braking performance need. In addition, they were also developed for such purposes as reducing test costs, cutting down development times, solving safety issues, increasing interest in after sales spare parts, testing various vehicle groups, reducing concerns of customers, and providing technological advancement. Braking performance is determined by conducting tests either by inertial dynamometer or on an actual vehicle under various speeds, loads, temperatures, and pressures.

Key wordsBraking Performance;
Standard;
Dynamometer

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Araç güvenliği açısından üzerindeki önemi tartışılmaz olan frenlerin performans kriterleri farklı standartlarda oluşturulmuştur. Fren sistemlerinin etkinliği frenleme testleri ile ya dinamometre veya gerçek araç üzerinde tayin edilir. Bu kriterlerin bilinmesi ve uygulanması belirli bir bilgi ve teknik deneyim gerektirmektedir. Araç güvenliği sahasına katkı sağlamak amacıyla yapılan bu çalışma farklı fren performans test standartlarını açıklamaktadır.

2. Ataletli Dinametreler

Hidrolik ya da havalı frene sahip taşıtların frenleme performans testlerinin yapılması için kullanılan bir fren test ekipmanıdır. Dinamometrelerde; frenleme performansı, dayanıklılık, kapasite ve gürültü testleri yapılan en yaygın testlerdir.

Atalet dinamometreleri; ana tahrik ünitesi, atalet uygulama kısmı, fren kısmı, soğutucu hava sistemi, bilgisayar kontrol ünitesi, test için gerekli fren komponentlerinden ve sabitleme parçalarından oluşur. Ana tahrik ünitesi, taşıtın kinetik enerjisini simüle eden kütle ataletlerini hızlandırmak ve akabinde kütle hızını azaltmak ya da durdurmak

için uygulanan frenlemeyi sağlar. Motor, sabit hızlı yokuş aşağı inişleri simüle etmek için frenlemelerde de kullanılır. Şayet fren dönmeksizin uygulanırsa, park freni kuvvetleri ölçülebilir. Ölçümlerde kullanılan sensörlerle; hız, tork, basınç, akışkanın yer değiştirmesi ve sıcaklık gibi parametreler ölçülebilir.

Modern atalet dinamometreleri Microsoft Windows tabanlı yazılım ile kontrol edilir ve belirli atalet sınırları simüle edilebilir. Basınç profilleri ve karmaşık kontrol algoritmaları da mevcuttur. Tipik frenleme basınç, tork, yavaşlama veya sürtünme ile kontrol edilebilir. Frenlemenin başlangıcından itibaren sıcaklık artışı veya dönme olabilir. Frenlemenin bırakılması ile hız, tork, sıcaklık ya da geçen zamanda değişme olabilir (Link Testing, 1999).

3. Test Edilecek Araç Tipleri

Frenleme performansı fren çıkış torkuna, durma mesafesine ve fren verimliliğine göre ölçülür. ABD Ulaştırma Bakanlığı Federal Otoyol İdaresi frenleme performansı değerlendirilmesi açısından araçları genel olarak şöyle sınıflandırmaktadır;

1. Motorsikletler,
2. Binek otomobili ve hafif yük kamyonlarından ağırlığı 3.500 kg’ın altındaki araçlar,
3. Binek otomobili ve hafif yük kamyonlarından ağırlığı 3.500 kg’ın üzerindeki araçlar,
4. Kamyon ve otobüslerden ağırlığı 4.540 kg’ın üzerinde olan araçlar,
5. Hava frenleri ile donatılmış kamyon ve otobüsler.

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu tarafından yapılan sınıflandırmada ise;

1. Dört tekerlekli az araçlar,
2. En az dört tekerlekli yolcu taşımacılığında kullanılan araçlar,
3. En az dört tekerlekli 10.000 kg’a kadar yük

4. taşımacılığında kullanılan araçlar,
4. Ağır yük römorkları,
5. Tarım ve ormancılık araçları,
6. Yarış araçları (Agudelo and Ferro 2005).

Tecrübeler göstermiştir ki test edilen malzemenin hız, tork ve sıcaklık dirençlerine karşı farklı duruşlarda dayanım göstermesi gerekmektedir. Bu yapısal bütünlüğün değerlendirilmesi kontrol testinin yapılması ile mümkündür. Test edilen malzemenin bu kriterleri karşılaması için sürtünme malzemesinde küçük yüzey çatlaklarının dışında kırılma ve ayrılma olmaması gerekir (BMC, 2005).

4. Test Standartları

Yukarıda açıklanan araç sınıfları göz önüne alınarak bir takım test standartları geliştirilmiştir. Bu standartlar geliştirilirken disk/kampana-balata ikilisinin sürtünme özellikleri dikkate alınmaktadır. Deneysel çalışmalarda kullanılacak disk/kampana malzemesine karşı sürtünme malzemesi olarak kullanılacak balata malzemesi Fren Balatası Kalite Test Prosedürüne (SAE J661, 1997) göre 25,4x25,4 mm ebatlarında kesilerek veya tam ölçekli olarak kullanılmaktadır.

Frenleme performansı temel olarak durma mesafesine, fren çıkış torkuna ya da fren verimliliğine göre ölçülür. Frenleme performansını değerlendirmek için yapılan testler; farklı yük, hız, sıcaklık ve pedal kuvveti/fren basıncı uygulanarak ya ataletli dinamometrede ya da taşıt üzerinde gerçekleştirilir. Yaygın test prosedürleri; FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards), SAE, ISO (International Organization for Standardization) ve ECE (United Nations Economic Commission for Europe) tarafından oluşturulmuştur (Demir, 2009).

OEM balata tedarikçileri ve komponent üreticileri tarafından kullanılan test prosedürlerinin çoğu (SAE, JASO, ISO, AK, FMVSS, JIS ya da özel) tek diskli atalet dinamometreleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Link Testing, 1999).

Disk/kampana-balata ikilisinin sürtünme davranışının performansını; ön alışma etkinliği, hız hassasiyeti, sıcaklığa bağlı fren zayıflaması direnci, etkin sürtünme davranışının yeniden oluşturulması ve sürtünme kararlılığı gibi faktörler belirlemektedir. (SAE J2430, 1999, Link Testing, 1999, Agudelo and Ferro 2005).

Fren sisteminde disk/kampana-balata ara yüzeyinde oluşan sürtünme katsayısı değerlerini tayin edebilmek için Karayolu “Taşıtları-Fren Sistemleri-Balatalar-Sürtünmeli Frenler İçin TSE 555 (TSE 555, 1992) standardı” ve “Fren Balataların için Sürtünme Katsayısı Değerleri ve Uygulama Şartları SAE J866 (SAE J866, 2002) standardı” geliştirilmiştir. Bu standartlara göre sürtünme katsayısı değerleri aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Balataların sürtünme katsayısına göre sınıflandırılması.

Sınıfı	Sürtünme katsayısı
C	0-0,15
D	0,15-0,24
E	0,25-0,34
F	0,35-0,44
G	0,45-0,54
H	0,55 ve Üzeri
Z	Sınıfsız

Belirtilen standartlara göre 204 °C’ye kadar olan sıcaklıklarda elde edilen sürtünme katsayısı değerleri soğuk sürtünme katsayısı, 204 °C’nin üzerindeki sürtünme katsayısı değerleri sıcak sürtünme katsayısı olarak değerlendirilmektedir. Fren donanımı ekipmanı, kullanılan malzeme özellikleri, ön ve arka sürtünme malzemeleri (balata) FMSI (Friction Material Standards Institute) kriterlerine göre tespit edilir (Link Testing, 1999).

4.1. FMVSS 105 Test Standardı

Bu standart, Federal Motorlu Taşıtlar Güvenlik

İdaresi tarafından FMVSS (Federal Motorlu Taşıtlar Emniyet Standartları) 105 kodlu olarak “Hidrolik ve Elektrikli Fren Sistemleri” ismiyle, normal ve acil şartlarda güvenli frenleme performansı sağlamak için hidrolik ve elektrikli fren sistemleri ile donatılmış, ağırlığı 4.450 kg’dan daha fazla olan otobüs ve kamyon gibi araçların performanslarını gerçek araç üzerinde belirlemek amacıyla geliştirilmiştir (FMVSS 105, 1976). GVWR (Bürüt araç ağırlığı değerlendirmesi) 4.450 kg’dan fazla olan araçlara ait frenleme test prosedürü FMVSS 105 Tablo 2’de gösterilmiştir.

4.2. FMVSS 135 Test Standardı

Bu standart, Federal Motorlu Taşıtlar Güvenlik İdaresi tarafından FMVSS (Federal Motorlu Taşıtlar Emniyet Standartları) 135 kodlu olarak “Hidrolik ve Elektrikli Fren Sistemleri” ismiyle, normal ve acil şartlarda güvenli frenleme performansı sağlamak için hidrolik ve elektrikli freni sistemleri ile donatılmış ağırlığı 3.500 kg’dan az çok amaçlı binek araçlar, otobüs ve kamyon gibi araçların performanslarını gerçek araç üzerinde belirlemek amacıyla geliştirilmiştir (FMVSS 105, 1976). GVWR 3.500 kg’dan az olan araçlara ait frenleme test prosedürü FMVSS 135 Tablo 3’de gösterilmiştir.

4.3. SAE J2430 Test Standardı

SAE J2430-BEEP “Binek Otomobilleri ve kamyonet frenleri için dinamometre etkinlik karakterizasyon testi-Fren değerlendirme prosedürü” disk/kampana-balataların; farklı hız, sıcaklık, basınç vb. gibi değişik çalışma şartları altındaki frenleme performanslarını dinamometrede belirlemek için geliştirilmiştir.

BMC (Brake Manufacturers Council) sürtünme malzemeleri komitesi tarafından fren etkinliğinde kullanılan sürtünme malzemelerinin gerçek performansını değerlendirmek için emniyetli kriterler oluşturulmuştur. Kabul edilen bu kriterler UMTRI (University of Michigan Transportation

Research Institute) tarafından gerçekleştirilen FMVSS şartlarını taşıyacak şekilde düzenlenmiştir.

1 inç karelik balata ile yapılabilen bu testler tekrarlanabilir ve yüksek uyumluluk göstermektedir.

SAE J2430 test prosedürü FMVSS 105 ve 135 ana bölümleri temel alınarak hazırlanmıştır. Tek disk ve

Tablo 2. Ağırlığı 4.450 kg’dan fazla araçlar için FMVSS 105 basitleştirilmiş test prosedürü (Agudelo and Ferro 2005).

Bölüm	Frenleme Sayısı	Frenleme Bırakma Hızı (km/h)	Kontrol	Başlangıç Sıcaklığı (°C)/ Dönme Zamanı	Performans Şartları
Servis Frenleme Sistemi - GVW Alıştırma	500	64-32	0,31g	2,41 km	-
Servis Frenleme Sistemi - GVW Etkinlik Testi 48 km/h	6	48-0	6 frenlemede eşit olarak 67 N’dan 667 N’a artacak	65-95 23,8 m	23,8 m Not 3
Servis Frenleme Sistemi- GVW Etkinlik Testi 96 km/h	6	96-0	6 frenlemede eşit olarak 67 N’dan 667 N’a artacak	65-95 23,8 m	94,5 m Not 3
Birinci Yeniden Alıştırma - GVW	35	64-32	0,31g	<285 veya 2,41 km	-
Servis Frenleme Sistemi- LLVW Üçüncü Etkinlik Testi 96 km/h	6	96-0	6 frenlemede eşit olarak 67 N’dan 667 N’a artacak	65-95	102,1 m
Servis Frenleme Sistemi- Kısmi Sistem Arıza Testi LLVW	4 Hata Ön 4 Hata Arka	96-0	667 N	65-95	186,8 m
Park Frenleme Testi - LLVW			Sürüşün % 20’den fazlasında ayak freninde 667 N veya el freninde 556 N uygulanmalıdır. Servis freni bırakılacak ve 5 boyunca dakika durdurulacak.		5 Dakikadan fazla aracı sabit duraklatmak Not 3
Park Frenleme Testi - GVW	1 İleri 1 geri	0		65	
Servis Frenleme Sistemi- Kısmi Sistem Arıza Testi GVW	4 Hata Ön 4 Hata Arka	96-0	667 N	65-95	186,8 m
Servis Frenleme Sistemi- Çalışmayan Güç Ünitesi Yardımcı Test Bölümü- GVW	4	96-0	667 N kuvvet ile- yardımcı güç tamamen tüketilmiş	65-95	186,8 m
Servis Frenleme Sistemi- Başarısız ABS Arıza Testi - GVW	4	96-0	667 N güç ile- yardımcı kuvvet tamamen tüketilmiş	65-95	186,8 m
Temel Yavaşlatma Testi (Sadece Okul Otobüsleri)	3	64-32	0,31 g	65-95	Kontrol kuvveti 45-400 N
Sıcaklıkta Fren Zayıflaması	10	64-32	0,31 g	55-65 30 sn’de birinci yavaşlama	Kontrol kuvveti 45-400 N Not 3
Kararlılık Yavaşlatması	5	64-32	0,31 g	Birinci yavaşlama 135 sn’de, sonrakiler sıcaklıkla fren zayıflamasından daha önce	Not 1 Not 3
Servis Frenleme Sistemi - İkinci Yeniden Alıştırma	35	64-32	0,31g	<285 veya 2,41 km	Not 3
Temel Yavaşlatma Testi	3	64-32	0,31 g	65-95	Not 3
Sıcaklıkta Fren Zayıflaması	20	64-32	0,31 g	55-65 30 sn’de birinci yavaşlama	Kontrol kuvveti 45-400 N Not 3
Servis Frenleme Sistemi - Üçüncü Yeniden Alıştırma	35	64-32	0,31g	<285 veya 2,41 km	Not 3
Temel Duraklatma Testi	3	48-5	0,31 g	65	Not 3
Su ile Islatarak Frenleme	1	8-8	Fren tamamen serbest bırakılarak	65	2 dakika su emdirilerek Not 3
Islak Fren Kararlılık Duraklatma Testi	5	48-0	0,31 g	Islatma sonrası olabildiğince hızlı	Not 2 Not 3

Not 1: İlk dört duraklatma için maksimum kontrol kuvveti 667 N. Beşinci duraklatmada ortalama kuvvet 493 N’u aşmayacak şekilde 269 N’un üzerinde olmalıdır. Minimum kontrol kuvvet 45 N ile 22 N arasında olmalıdır.

Not 2: İlk dört duraklatma için maksimum kontrol kuvveti 667 N. Beşinci duraklatmada ortalama kuvvet 445 N’u aşmayacak şekilde 90 N’un üzerinde olmalıdır. Minimum kontrol kuvvet 45 N ile 22 N arasında olmalıdır.

Not 3: Sadece okul otobüslerinde uygulanacaktır.

Tablo 3. Ağırlığı 3.500 kg’dan düşük araçlar için FMVSS 135 basitleştirilmiş test prosedürü (Agudelo and Ferro, 2005).

Bölüm	Frenleme Sayısı	Frenleme Bırakma Hızı (km/h)	Kontrol	Başlangıç Sıcaklığı (°C)/ Dönme Zamanı	Performans Şartları
GVW’ de Alıştırma	200	80-0	3 m/sn ²	<100 °c veya 2 km	-
LLVW/GVW’de Tekerlek Kilitleme Dizisi 50 km/h	3-6	50-0	1000 N’a kadar kademeli pedal kuvveti veya 0,5-1,5 sn’de kilitleme	<100 °c	0,5-1,5 sn’de tekerlek kilitlenmesi veya 0,15-0,8 yapışma
LLVW/GVW’de Tekerlek Kilitleme Dizisi 100 km/h	3-6	100-0	1000 N’a kadar kademeli pedal kuvveti veya 0,5-1,5 sn’de kilitleme	<100 °c	0,5-1,5 sn’de tekerlek kilitlenmesi veya 0,15-0,8 yapışma
LLVW/GVW’de Halde Kullanma	10	100-0 ve 50-0	100-200 N’da kilitleninceye kadar kademeli pedal kuvveti veya 1000 N	<100 °c	Birinci frenlemeden itibaren arka tekerlek kilitlenmeden 0,15-0,8g
LLVW/GVW’de Soğuk Etkinliği Testi	6	100-0	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	70 m
LLVW/GVW’de Yüksek Hız Etkinliği Testi	6	160 Km/h’i aşmayan maksimum hızın % 80’i	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	153 m
GVW’de Motor Freni ile Durdurma Testi	6	100-0	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	70 m
LLVW/GVW’de ABS Arıza Testi	6	100-0	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	85 m
LLVW/GVW’de Oranlama Valfi Arıza Testi	6	100-0	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	110 m
LLVW/GVW’de Hidrolik Devre Arıza Testi	4	100-0	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	168 m
GVW’de Frenleme Kuvvet Ünitesi Arıza testi	6	100-0	65-500 N Pedal kuvveti	65-100 °c	168 m
GVW’de Park Frenlemesi Testi	Yokuş yukarı veya yokuş aşağı 2’den fazla	0	500 N Pedal kuvveti veya 400 N el kuvveti	65-100 °c	5 dakikadan daha fazla aracın sabit durması
GVW’de Sıcaklıkla Fren Zayıflaması	15	120-60 vb.	3 m/sn ²	45 sn’ye için 55-100 °c	1.’de soğuk etkinlik yavaşalmasının % 60’ından düşük
GVW’de Sıcak Performans Testi	2	100-0	1. pedal kuvveti soğuk etkinlikten daha düşük 2. pedal kuvveti 500N	1.’de hızlı 2.’de 1.’den 1,5 km sonra	Durma mesafesi 1 veya 2’de 89 m
GVW’de Soğuk Performans Testi	4	50-0	3 m/sn ²	Önceki durmadan 1,5 km sonra	-
GVW’de Kararlılık Testi	2	100-0	Pedal kuvveti soğuk etkinlikten daha düşük	Önceki durmadan 1,5 km sonra	Soğuk etkinlik yavaşlamasından % 70-150 daha düşük
Final Etkinliği	Fren sistemi elemanlarını, göstergeleri kontrol				

Not: V_{max} LLVW (Hafif Yüklü Araç Ağırlığı) araçlar ve 0 km/h başlangıç hızından maksimum hızlanma ile 3,2 km’ye ulaşabilen hız demektir.

Test prosedürü için; dingil mesafesi, lastik yuvarlanma yarıçapı, fren etkin yarıçapı, fren disk veya kampana boyutları, ağırlık yüksekliğinin

merkezi, brüt ve net yüklü araç ağırlığı, frenleme hızı, çıkış hızı fren pedal kuvveti, ilk fren sıcaklığı, döngü zamanı, döngü sayısı ve yavaşlama ivme

değeri bilgilerine ihtiyaç vardır. SAE J2430 test prosedürüne göre çıkarılan detaylı deney çalışma prosedürü aşağıda Tablo 4’te gösterilmiştir (SAE J2430, 1999, Link Testing, 1999, Carlos and Ferro 2005).

Ağustos 1999’da Warrendale, Pensilvanya, USA’da yayınlanan SAEJ 2430 frenleme test prosedürünün hazırlanmasında 400 kadar alanında uzman personel çalışmış, frenleme performansını simüle etmek için tek diskli, tam donanımlı otomobil atalet dinamometresi kullanılmıştır. Cihazın dış hava akımından etkilenmemesi ve gürültü kontrolü için etrafı kabinle kapatılmıştır. Cihazı çalıştırmak için

Tablo 4. SAE J2430 Frenleme etkinlik test prosedürü (Link Report 1999).

elektrik motoru kullanılmıştır. Link Engineering laboratuvarında yapılan bu çalışmanın sonuçlarını almak, test prosedürü basamaklarını kontrollü olarak uygulayabilmek için özel bilgisayar programı hazırlanmıştır. Her çeşit balata ve dökme demir disk cihaza uyarlanarak test edilebilmektedir. Test prosedürü; cihaz kontrol, alıştırma, alıştırma sonrası etkinliği, sıcaklığa bağlı fren zayıflaması, sıcak performans etkinliği, soğutma döngüsü, kararlılık etkinliği, yeniden alıştırma ve final etkinlik testi bölümlerini içermektedir (Vaclav et al. 2008).

Bölüm	Durma veya Yavaşlama Sayısı	Frenleme / Bırakma Hızı (km/h)	Fren Uygulaması Kontrolü	IBT (Fren Başlangıç Sıcaklığı) (°C)	Dönme Zamanı (s)
0002	Cihaz kontrol etkinliği (50 km/h tork kontrol)	5	50-3	Tork@0.31g	<100
0003	Cihaz kontrol etkinliği (100 km/h tork kontrol)	5	100-3	Tork@0.31g	100
0004	Cihaz kontrol etkinliği (Basınç kontrol)	3	50-3	Basınç@75 N Pedal gücü	100
0005	Cihaz kontrol (50 km/h kademeli)	5	50-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	100
0006	Cihaz kontrol (100 km/h kademeli)	5	50-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	100
None	Cihaz kontrol (80 km/h soğutma döngüsü)	18	80-80	Soğutma bandı içinde	Ön için 200 Arka için 150
0007	Alıştırma etkinliği	200	80-3	Tork@0.31g	100 °C veya 97 s
0008	1.Alıştırma sonrası etkinliği (50 km/h kademeli)	5	50-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	100
0009	1.Alıştırma sonrası etkinliği (100 km/h kademeli)	5	50-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	100
0010	Alıştırma sonrası soğuk etkinliği	6	100-3	Tork@0.65g	100
0011	Sıcaklıkta fren zayıflaması etkinliği	15	120-56	Tork@0.31g	55 Birinci yavaşlama
0012	Sıcak performans etkinliği	2	100-3	1. basınç 0010. bölüme göre 2. basınç @ Pedal gücü 135 testi için 500 N /105 testi için 667 N	1.de 35 2.de 30
0014	Soğutma döngüsü etkinliği	4	50-3	Tork@0.31g	---
0015	Kararlılık etkinliği (100 km/h kademeli)	2	100-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	---
0016	Yeniden alıştırma etkinliği	35	80-3	Tork@0.31g	100 °C 1 duruşda, 100 °C veya 97 s
0017	Final etkinliği (50 km/h kademeli)	5	100-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	100
0018	Final etkinliği (100 km/h kademeli)	5	100-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal Apply Rate	100

0019	Final etkinliği (160 km/h kademeli)	5	100-0.8 g 1,000 N veya 3 km/h	135 N/s Pedal uygulama oranı	100	
None	Test sonrası soğuma döngüsü	18	Sürekli 80 km/h	Soğutma bandı içinde	Ön için 200 Arka için 150	15
None	Test sonrası soğuma döngüsü	18	Sürekli 112 km/h	Soğutma bandı içinde	Ön için 200 Arka için 150	15

FMVSS kriterlerine göre FMVSS 135 sertifikalı araçlar binek otomobillerini ifade etmektedir. FMVSS 135 sertifikalı araçlar için hidrolik sistem basıncı 500 N pedal kuvvetindeki basınç sınırları ve bu basınç etkinlik bölümü için ise pedal kuvveti sınırı maksimum 1000 N pedal kuvvetini geçmemelidir (Link Report, 1999, Carlos and Ferro 2005).

UMTRI kriterlerine göre hafif yüklü araçlar için maksimum pedal kuvveti 178 N ve yavaşlama ivmesi 1,0 g sınırına ulaşabilir. Bu sınırın amacı bir sürtünme malzemesinin çok etkili olacağı, güvenli veya normal sürüş şartlarında düşük seviyelerde bile karşılaşılan yavaşlama kilitlemesinden kurtulmak içindir. FMVSS 135 sertifikalı araçlar için 100 km/h hızda başlangıç sıcaklığı 100 °C'nin altında 70-168 m'den daha az mesafede durma yeteneğine sahip olmalıdır (Link Testing, 1999, Agudelo and Ferro 2005).

4.4. SAE J2522 Test Standardı

SAE J2522 dinamometre genel fren etkinlik test prosedürü disk/kampana-balata ikilisinin sürtünme davranışı; ön alıştırma etkinliği, hız hassasiyeti, sıcaklığa bağlı fren zayıflaması direnci, etkin sürtünme davranışının yeniden oluşturulması ve sürtünme kararlılığı gibi özelliklerini kapsamlı bir şekilde dinamometrede test etmek için geliştirilmiştir (SAE J2522 2002). Tablo 5’de SAE J2522 test prosedürü gösterilmiştir.

Yapılan testlerde; frenleme sayısı, çevrim zamanı, frenleme başlangıç hızı, bırakma hızı, frenleme süresi, frenleme ivmesi, tork, basınç, sürtünme katsayısı, disk/balatanın iç ve dış ilk ve son sıcaklığı gibi parametreler tespit edilebilmektedir (Demir, 2009).

Tablo 5. SAE J2522 Dinamometre genel fren etkinlik testi (SAE J2522 2002).

Bölüm	Durma ya da yavaşlama sayısı	Frenleme ve bırakma hızı (km/h)	Fren uygulaması kontrolü	Başlangıç fren sıcaklığı (°C)
Ön alıştırma (Green) etkinliği	30	80-30	30 bar	100
Alıştırma evresi (Burnish)	64	80-30	Çeşitli basınçlar	100
Karakteristik kontrol 1	6	80-30	30 bar	100
Hız/Basınç hassasiyeti	8	40-<5	10,20,....80 bar	100
Hız/Basınç hassasiyeti	8	80-40	10,20,....80 bar	100
Hız/Basınç hassasiyeti	8	120-80	10,20,....80 bar	100
Hız/Basınç hassasiyeti	8	160-130	10,20,....80 bar	100
Hız/Basınç hassasiyeti	8	200-170	10,20,....80 bar	100
Karakteristik kontrol 2	6	80-30	30 bar	100
Soğuk frenleme kontrolü	1	40-<5	30 bar	40
Otoyol frenleme kontrolü 1	1	100-5	0,6 g	50
Otoyol frenleme kontrolü 2	1	180-100	0,6 g	50
Karakteristik kontrol 3	18	80-30	30 bar	100
Sıcaklıkla fren zayıflaması (Fade 1)	15	100-<5	0,4 g	100-500
Kararlılık (Recovery) 1	18	80-30	30 bar	100
Basınç hassasiyeti (100 °C)	8	80-30	10,20,....80 bar	100

Artan sıcaklık hassasiyeti (500 °C/300 °C)	9	80-30	30 bar	100,150,...500
Basınç hassasiyeti (500 °C)	8	80-30	10,20,...80 bar	500
Kararlılık (Recovery) 2	18	80-30	30 bar	100
Sıcaklıkla fren zayıflaması (Fade 2, Maks 160 Bar)	15	100-<5	0,4 g	100-500
Karakteristik kontrol 4	18	80-30	30 bar	100

4.5. SAE J2681 Test Standardı

SAE J2681 Standardı “Otomotiv Fren Sistemlerinin Sürtünme Davranışlarını Değerlendirme” test prosedürü FMVSS 135 test standardının “işletilmeyen güç destek değerlendirmesi” bölümünü esas alarak araçlardaki disk/kampana ve sürtünme malzemesi olarak balataların sürtünme özelliklerini dinamometrede pratik olarak tayin etmek için geliştirilmiştir. Değişik araç türlerinde;

daha kısa sürede test yapılabilmesi, maliyetinin düşük olması, tekrarlanabilir olması, sürtünmenin yanında basınç, hız, sıcaklık, gürültü, ortalama tam yavaşlama ivmesi (mean fully developed deceleration-MFDD) kullanarak durma mesafesinin tahmini testi yapılabilmesinden dolayı bu yöntemi yedek parça ve balata tedarikçileri sıklıkla kullanmaktadır (SAE J2681 2004). Tablo 6’da SAE J2681 sürtünme davranışı değerlendirme test prosedürü bilgileri verilmiştir.

Tablo 6. SAE J2681 Sürtünme davranışı değerlendirme test prosedürü (SAE J2681 2004).

Bölüm	Durma ya da yavaşlama sayısı	Frenleme ve bırakma hızı (km/h)	Fren uygulaması kontrolü	Başlangıç fren sıcaklığı (°C)
Sürtünme Katsayısı Ön Alıştırma Karakteristiği	10	80 - 30	3.000 kPa	150
Alıştırma	32	80 - 30	0.17, 0.35, 0.17, 0.20, 0.25, 0.42, 0.17, 0.30, 0.20, 0.37, 0.17, 0.30, 0.17, 0.25, 0.35, 0.50, 0.30, 0.57, 0.25, 0.20, 0.47, 0.17, 0.20, 0.50, 0.30, 0.17, 0.37, 0.25, 0.20, 0.25, 0.20, 0.42 g	200
Karakteristik Kontrol (Kararlılık)	5	80 - 30	3.000 kPa	150
Rampa Uygulamaları	2	50 - 0	2 800 kPa’ da 700 kPa/s	100
Soğuk Etkinlik	1	40 - 5	3.000 kPa	40
	5	80 - 30	3.000 kPa	150
Düşük Hız/Düşük Basınç Etkinliği 1	3	20 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
	3	30 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
Basınç Denemesi 1	6	80 - 40	1.000 den 6.000’e 1.000’ er kPa artarak	150
Hız Denemesi	5	80-40, 120-80, 160- 130, 180-150, 200-170	3.000 kPa	150
Booster Hatası	1	100 – 0,5	2 800 kPa veya araca göre	65
	6	100 – 0,5	2 800 kPa veya araca göre	100
Otoyol Uygulaması	1	100 – 0,5	0,60 g	150
	1	%90 - %50 V _{max}	0,30 g	150
Düşük Hız/Düşük Basınç Etkinliği 2	3	20 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
	3	30 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
Kararlılık 1	10	80 - 30	3.000 kPa	150
Sıcaklıkla Fren Zayıflaması 1	15	100 - 5	0,40 g	Disk için 150’den 550 Kampana için 100’den 330

Sıcak Performans 500 °C	6	80 - 40	1.000 den 6.000’e 1.000 kPa artarak	500
Düşük Hız/Düşük Basınç Etkinliği 3	3	20 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
	3	30 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
Kararlılık 2	10	80 - 30	3.000 kPa	150
Basınç Denemesi	6	80 - 40	1.000 den 6.000’e 1.000’ er kPa artarak	150
Sıcaklıkla Fren Zayıflaması 2	15	100 - 5	0,40 g	Disk için 150’den 550 Kampana için 100’den 330
Düşük Hız/Düşük Basınç Etkinliği 4	3	20 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
	3	30 - 0,5	1.000, 2.000, 3.000 kPa	150
Final Etkinliği	5	80 - 30	3.000 kPa	150

Bu çalışmada açıklanan test prosedürleri ataletli dinamometre veya gerçek taşıt üzerinde frenleme performans testi yapmak için kullanılan prosedürlere aittir. Performans testlerinde kullanılan tüm standartlar burada açıklananlardan ibaret değildir. Bu alanda otomotiv sektöründeki gelişmelerden doğan bölgesel ve çevresel ihtiyaca göre farklı çalışmalar yapılmaktadır. Bu testlerden başka fren sisteminin özgül aşınma, zayıflama direnci, boyutsal kararlılık, ısı transferi, titreşim gibi özelliklerini test etmek amacıyla geliştirilmiş test standartları da mevcuttur.

5. Tartışma ve Sonuç

Frenler, araç güvenliğinde belirleyici önem taşıdığından araçlarda yüksek standartlarda fren sistemlerinin bulunması zorunludur. Fren sistemlerinin etkinliği frenleme testleri ile tayin edilir. Farklı bölgelerde, değişik piyasa şartlarında ortaya çıkan, farklı teknolojilerde üretilen araçlar, müşteri tercihleri ve ihtiyaçları, sürüş stilleri, yol ve pazarlama şartları gibi çok değişkene bağlı olarak üretilirler. Bu araçlara ait frenleme performanslarının değişkenlik göstermesi belirli kriterlerin konulması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak değişik araç gruplarının frenleme performanslarını tayin etmek için test standartları geliştirilmiştir. Bu test prosedürleri ataletli dinamometre veya gerçek taşıt üzerinde simüle edilerek uygulanmaktadır. Fren sistemi elemanları olan disk/kampana ve balata malzemelerinin frenleme performansı özellikleri bu test

prosedürleri ile tayin edilmektedir. Böylece otomotiv sektöründeki hızlı ve dinamik gelişmelere uyumlu, disk/kampana ve balata malzemeleri üretilmektedir.

Kaynaklar

- Link Testing, (1999). How To Read And Understand The Aftermarket Standard SAE J2430/Brake Effectiveness Evaluation Procedure-Test Report. Detroit, Michigan.
- Agudelo, C. E., Ferro, E. (2005). Technical overview of brake performance testing for original equipment and aftermarket industries in the US and europe an markets, Link Technical Report FEV 2005-01.
- Brake Manufacturers Council, (2005). Aftermarket Friction Product Effectiveness Characterization Guide. Research Triangle Park, NC 27709-3966.
- SAE J661, (1997). Brake Lining Quality Control Test Procedure, SAE International, Warrendale, USA.
- Demir, A. (2009). Fren Disklerine Uygulanan Kaplamaların Frenleme Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 154.

FMVSS 105, (1976). Hydraulic and Electric Brake Systems, Federal Motor Carrier Safety Administration, New Jersey, USA.

FMVSS 135, (1976). Light Vehicle Brake Systems, Federal Motor Carrier Safety Administration, New Jersey, USA.

SAE J2430, (1999). Dynamometer Effectiveness Characterization Test for Passenger Car and Light Truck Brake Friction Products, SAE International, Warrendale, USA.

TS 555, (1992). Karayolu Taşıtları-Fren Sistemleri-Balatalar-Sürtünmeli Frenler İçin. T.S.E., 1. Baskı, Ankara.

SAE J866, (2002). Friction Coefficient Identification and Environmental Marking System for Brake Linings, SAE International, Warrendale, USA.

SAE J2522, (2002). Dynamometer Global Brake Effectiveness, SAE International, Warrendale, USA.

Vaclav, R., Helena, R., Dagmer, J., Peter, F. (2008). Wear and environmental aspects of composite materials for automotive braking industry. *Wear*, **265**: 167-175.

SAE J2681, (2004). Inertia-Dynamometer Friction Behavior Assessment for Automotive Brake Systems- Draft, SAE International, Warrendale, USA.