

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF STOPPING DISTANCE OF AUTOMOBILES

Mesut DÜZGÜN*, Duran ALTIPARMAK
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Beşevler-ANKARA, e-mail:mduzgun@gazi.edu.tr

Hüseyin.BAYRAKÇEKEN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON

ABSTRACT

Brake system performance is determined by stopping distance which is the function of vehicle velocity at the start of braking and deceleration. Brake performance parameters are investigated by applying various braking tests. These tests are carried out either for the purpose of certification at the production stage or the purpose of braking fault detection. In this experimental study, various braking test techniques have been investigated. A new method has been developed to determine the braking distance by means of the experiments conducted at road condition brake test techniques. It is determined that, stopping distance tendencies are the same, when it is compared with a different study. Correctness of the obtained values indicates practicability of the method.

Key Words: Brake Performance Test, Brake Test Methods, Stopping Distance

OTOMOBİLLERDE FREN (DURMA) MESAFESİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

ÖZET

Fren sisteminin etkinliği ve performansı, frenleme başlangıcındaki taşıt hızının ve yavaşlama ivmesinin fonksiyonu olan durma mesafesine göre belirlenir. Fren performans parametreleri, çeşitli fren testleri ile araştırılmaktadır. Bu fren testleri, üretim aşamasında sertifika amaçlı yapıldığı gibi, frenleme hatalarının tespiti amaçlı da yapılmaktadır. Bu çalışmada, çeşitli amaçlarla yapılan fren test yöntemleri araştırılmıştır. Yolda yapılan fren test yöntemleri ile ilgili deneyler yapılarak, frenleme mesafesinin tespit edilebilmesi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Farklı bir yöntemle yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında durma mesafesi eğilimlerinin aynı olduğu tespit edilmiştir. Uygulana yöntemin sonucunda elde edilen değerlerin doğruluğu yöntemin uygulanabilirliğinin göstergesidir.

Anahtar Kelimeler: Fren Performans Testi, Fren Test Yöntemleri, Frenleme Mesafesi

1. GİRİŞ

Fren sisteminin performans durumunu ortaya koymak için fren testleri yapılmaktadır. Bu testler yapıldıkları ülkenin kanun, yönetmelik ve yapılaş amaçlarına göre farklı sınıflandırmalara tabii tutulmaktadır. Performans testleri üzerinde yapılan çalışmalar, bu sınıflandırmaya göre farklılık göstermektedir. Kanunlar tarafından zorunlu kılınan testlerde aracın sınıfına göre sağlanması gereken sınır değerleri bulunmaktadır. Taşıt fren sistemi bu sınır değerleri içerisinde olması gereken performansı gösterirse yeterlilik belgesi almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde "U.S. Army Aberdeen Test Center" de yapılan testler bu tip testlere örnek olarak gösterilebilir(1).

1. INTRODUCTION

Brake tests are applied to determine the performance of the brake system. These tests are separated different classes in terms of the aim of application and the rules regulation and the country where the test is applied. Studies on the tests of performance show differency with respect to this classification. The vehicles have to necessary limit values with respect to its class at the tests obligated by the rules. Vehicle brake systems take adequate certificate if it shows necessary performance in these limit values. Test applied in "US Army Aberdeen Test Center" in USA can be shown as an example to these types of test. Moreover, an automobile producer who

Ayrıca kalite sistemlerine bağlı olarak üretim yapmakta olan otomobil üreticileri dünyanın farklı bölgelerinde kalite belgeleri veya sertifika belgeleri veren firmalara testler yaptırmaktadırlar. Almanya'da BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft Wieht Germany firması tarafından yapılan sertifikasyon testleri ise bu sınıf testlerdendir(2). Otomobil üreticilerinin kendi imal ettikleri araçların tasarım esaslarına uygun olarak imal edilip edilmediğini kontrol etmeleri bakımından kendileri veya başka firmalar tarafından yapılan testlerde bu çalışmaların farklı bir sınıfını oluşturmaktadır. National Organization for Automotive Safety and Victims'aid (OSA) tarafından Honda firmasına yapılan testler bu sınıf için örnek olmaktadır (3). Kanunlar ve sertifikasyon testleri haricinde özellikle SAE (Society of Automotive Engineers, Otomotiv Mühendisleri Odası) tarafından değişik marka ve modeller üzerinde de taşıt fren performans testleri yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır(4). Yapılan bütün çalışmalarda her kurum ve firmanın kendi yöntem ve ekipmanları bulunmakla birlikte değerlendirme kriterleri de birbirlerinden farklıdır. Fren sistemi testleri 2 ana başlıkta toplanır.

- a. Fren sistemi elemanlarının testleri ve bunların performans etkileri.
- b. Taşıt hareket halinde iken fren performansını belirlemek için yapılan testler (Yol testleri).

Fren performansının belirlenmesine yönelik olarak yapılan yol deneyleri farklı yöntem ve ekipmanlarla yapılmaktadır. Cihaz üzerinde yol şartlarının sağlanması ile elde edilen performans değerlendirmesi ve gerçek yol şartlarında elde edilen performans değerlendirmesidir. Yol şartlarında kullanılan ekipmanlar ve yöntemler içerisinde uygun olarak kullanılan 5. Tekerlek yöntemidir.

Testleri yapan ekip tarafından test özelliklerine göre geliştirilen ekipmanlar ise çok çeşitlidir. Pedal kuvveti ölçme cihazı, tekerlek devri ölçme sensörü, tekerlek torku ölçme cihazı gibi birkaç ekipman örnek olarak belirtilebilir.

2. FREN SİSTEMİ DENEYLERİ

2.1. Fren Sisteminin Performansını Ölçme Deneyleri

Yapılış şekilleri bakımından fren performans testleri yol ve cihaz testleri olarak 2 ana grupta toplanır. Ulusal nitelikli TSE ve uluslararası ISO standartları baz alınarak test yöntemleri incelendiği zaman standartların yol testlerine göre tespit edildiği, cihaz testleri için ise belirli bir standardın oluşturulmadığı görülmektedir.

2.1.1. Yol Testleri

Yol testleri yapıları bakımından bütün standart ve yönetmeliklerde benzer şartlarda ve şekillerde yapılır. TSE standartlarında yol testlerinin çeşidi oldukça fazladır (Çizelge 1). Buna rağmen ülkemizde uygulanması gereken Araçların İmal ve Montajı hakkındaki yönetmelikte bu testlerin bazıları şart koşulmuştur. Yönetmeliklere göre yol testleri üç ana başlıkta toplanır. Bunlar;

makes production as depend on quality systems have the firms which give quality document or certificate in the different places of the world make tests. The certificate tests made by Bergische Achsen Kommanditgesellschaft Wieht Germany (BPW) in Germany are in this class. The tests made by automobile producers themselves or another firms to control whether the vehicles are produced as suitable to design principles constitutes a different class of these studies. Tests made by National Organization for Automotive Safety and Victims (OSA) for Honda firm are example in this class. Expect for the rules and certificate tests, especially by SAE (Society of Automotive Engineers) vehicle brake performance tests are applied on various trademarks and models and the results are compared. Each association and firm has different evaluation criterions in all studies its own method equipment as well. Brake system tests are separated to two main groups.

- a. Test of brake system elements and the effect of these to the performance
- b. Tests applied as the vehicle move to determine the performance of brake

Road experiments made to determine the performance of brake are made by different methods and equipments. These are the evaluation of performance obtained by providing of road conditions on the system and the evaluation of performance obtained on real road conditions. The most suitable method is 5. Wheel one among used equipments end methods on road conditions.

Developed equipments with respect to test features by the team who make tests have very kinds. Some equipment such as the measurement sensor of wheel turning, measurement transducers of wheel torque can be given as example.

2. BRAKE SYSTEM EXPERIMENTAL

2.1 Performance Measurement Experimental of Brake System

Brake performance tests are separated to two main groups in terms of applying ways as road and system tests. It has been seen that standards are determined according to road tests but no definite standard is formed for system tests when test methods are investigated with respect to national TSE and international ISO standards.

2.1.1. Road Tests

As far as application is considered road tests are made at the same conditions and shapes in all standards and regulations. In TSE standards road tests have very kinds. Despite of this some of these tests have become an obligation in Vehicle Production and Assembly regulation which need to apply in our country. According to regulations road test are collected at three main topics. These;

- Tip O (Soğuk frenle olağan test)
- Tip I (Etkinlik kaybı testi)
- Tip II (Yokuş aşağı iniş testi)
 - Tip II a (M3 sınıfı araçlar için)

Tip II (Yokuş aşağı iniş testi) Avrupa Topluluğu Yönetmeliği (EC) ve Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliklerinde (ECE R13) zorunlu hale getirilmiştir. Fakat ülkemizdeki Araçların İmal ve Montajı hakkında Yönetmelikte (AİTM) ise zorunlu değildir (7,8).

Testlerde yol yüzeyi düzgün, kuru ve tutucu olmalı. % 1'e kadar eğimli kısa yokuş ve inişlere müsaade edilebilir, atmosferik basıncı 0,991 ile 1,017 bar arasında, hava sıcaklığı 0 °C ile 34 °C arasında olmalıdır. Deneysel sırasında sonuçları etkileyecek bir rüzgar veya deneyi etkileyecek hava şartları bulunmamalıdır. Rüzgar hızı ortalama 5 m/sn'yi geçmemelidir. Test başlangıcında lastikler soğuk olmalı ve taşımakta olduğu statik yüke uygun basınçta şişirilmelidir. Testler, araç türüne göre belirtilen yük durumunda ve hızda yapılır. Eğer aracın maksimum hızı yapısal nedenlerle test hızının altındaysa; test, aracın ulaştığı maksimum hızda yapılır.

Frenlerin sağlamaları gereken kantitatif koşullar, yönetmeliklerde ayrıntılı tanımları yapılmış olan testler ve sınır değerleri ile kontrol edilir. Testlerde performans, başlangıç hızına bağlı olarak durma mesafeleri ve yavaşlama ivmeleri ile ölçülür.

2.1.2. Cihaz Üzerinde Yapılan Testler

Cihaz üzerinde yapılan testler, kullanılan cihazların özelliklerine göre, kendi aralarında iki sınıfta toplanır. Bunlar;

- Tamburlu tip fren test cihazı
- Platformlu tip (Düz Yüzeyli) fren test cihazı

- Type 0 (test possible with cold brake)
- Type I (test of affectivity test)
- Type II (test of downward slope)
 - Type II a (for M3 class vehicles)

Type II compulsory in the regulations of Europe Community and Europe Economy Committee and United Nations. But in the regulation related to Production and Assembly of vehicle in our country that is not compulsory.

In tests, the surface of the road must be smooth, dry and conservative. By slop of %1 small upward and downward slope are allowed. At atmosphere pressure must be between 0,991-1,017 bar and air temperature must be between 0-34 C. if must be absent negative air conditions or winds that with affect the results during experimental, wind speed mustn't exceed mean 5 m/s.

At his start of the test, the wheels must be cold and blow up at the pressure appropriate to static load that the wheels carry. Tests are applied at load state and velocity clarified with respect to the kind of the vehicle if the max. Vehicle velocity has a lower value of test velocity. Test is applied at the max. Velocity that the vehicle reaches.

Quantitative conditions that brakes need to provide are controlled by tests and limit values which is defined at the regulations. The performance at tests is measured by stopping distance and deceleration as dependent on starting velocity

2.1.2. Tests Made on System

Test made on system according to the features of system used, are collected at two classes among themselves. These;

- Brake tests system with roller
- Brake tests system with platform (flat -plate)

Table 1. Determined brake tests in T.S.5880 (9)
Çizelge 1. T.S.5880 de belirtilen fren testleri (9)

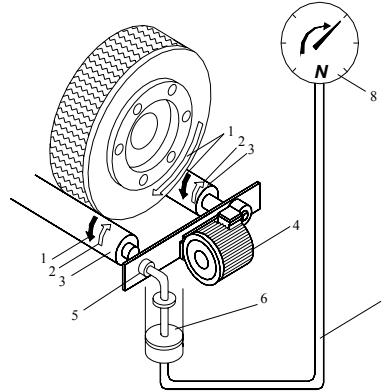
Test number/ Test no	Tests name/ Testin adı
1.	Effective test of primary system cold brake / Servis freni soğuk etkinlik testi
2.	Unloaded breaking tests groups/ Yüksüz frenleme test grubu
	Preparation tests/ Hazırlık testleri
3.	Preparation test for measurement of reaction time/ Reaksiyon zamanı ölçüm için hazırlık testi
4.	Preparation test for ineffective experiment / Zayıflama deneyi için hazırlık testi
	Secondary brake system defect tests/ İkincil fren kısmı arıza testleri
5.	Circuit defect test group/ Devre arıza test grubu
	Energy defect tests/ Enerji arıza testleri
6.	Power reinforcement defect test/ Güç takviye arıza testi
7.	Engine stop defect test/ Motor durma arıza testi
	Independent secondary brake system tests/ Müstakil ikinci frenleme sistemi testleri
8.	Unloaded breaking tests groups/ Yüksüz frenleme test grubu
9.	Loaded breaking tests groups / Yüklü frenleme test grubu
	Primary brake system local defect test group/ Servis fren sistemi kısmi arıza test grubu
10.	Circuit defect test / Devre arıza testi
11.	Power reinforcement defect test/ Güç takviye arızası testi
12.	Engine stop defect test, primary system ineffective test/ Motor durma arızası testi, servis fren zayıflama testi
13.	Hot brake effective test/ Sıcak fren verim testi
14.	Alternative test process/ Alternatif test işlemi
	Static holding on slope and dynamic effective test with hold brake / El freni statik yokuşta tutma ve dinamik etkinlik testi
15.	Test of static holding on slope/ Statik yokuşta tutma testi
16.	Dynamic effective test/ Dinamik etkinlik testi
17.	The measurement of reaction time of primary brake/ Servis fren tepki zamanı ölçüm testi

2.1.2.1. Tamburlu Tip Fren Test Cihazı

Tamburlu tip fren test cihazında birbirine bağlı olarak hareket eden iki adet silindir şeklinde çapları eşit tambur bulunur. Aracın tekerleği iki tambur arasına çıkartılarak frenleme işlemi gerçekleştirilir. Tamburlara hareket veren bir elektrik motoru ve motor üzerine bağlı bir kol bulunmaktadır. Tamburlara hareket verildikten sonra araç içerisindeki deneyi yapan kişi frenleme yapar. Bu esnada tamburların dönme istikametinin ters yönünde bir kuvvet oluşur. Bir kol vasıtası ile bu kuvvet ölçme ünitesine iletilir (Şekil 1). Tamburun yüzey pürüzlülüğü değiştirilebildiği gibi tamburların devirleri de değiştirilebilir. Bu şartlar, farklı zemin ve hız şartlarında test yapılmasını sağlar.

2.1.2.1. Brake Tests System of Roller

Brake tests system of roller is consist of two cylindrical rollers with same diameter and they move as dependent on each other. Braking process is realized by raising the vehicle wheel to between two rollers. An electric engine and a lever linked with the engine exist to give action to the roller. After the rollers are given action, test maker in vehicle makes braking. At this moment, a torque is formed at opposite direction to rotating direction of the roller. This force is transformed to measurement unit by means of a lever. (Figure 1) Both surface roughness of the roller and turns of the rollers can be changed. This condition enables to make test at different floor and velocity conditions.



Şekil 1. Hidrolik ölçüm yapan Tamburlu fren test cihazı ve parçaları (10)

1. Fren Momenti
2. Döndürme Moment
3. Tambur Çifti,
4. Devri değiştirilebilir Elektrik Motoru
5. Moment Kolu,
6. Hidrolik Kuvvet Ölçüm Kutusu
7. Hidrolik Borusu,
8. Fren Kuvveti Gösterge Cihazı

Figure 1. Brake Tests System of Roller (10)

1. Brake Moment
2. Rotating Moment
3. Roller
4. Electrical engine
5. Moment liner
6. Force measurement box
7. Hydraulic pipe
8. Braking force display

Ağır vasıtalar için kullanılacak bir tamburlu fren test cihazı, çapı en az 190 mm olan tamburlara ve en az 2 km/h test hızına sahip olmalıdır. Test yapılacak aks tamburlar üzerine geldiğinde otomatik olarak çalışmalı, tekerlek kilitlendiğinde otomatik olarak durmalı ve ayarlanabilir bir gecikmeyi müteakip tekrar çalışmalıdır. Cihaz, en az 10 tonluk bir aks yüküne göre boyutlandırılmış olmalı ve tercihen gerçek aks yükünü meydana getirmek üzere bir ağırlık tertibatı içermelidir. Hava basıncı da dahil test sıralamasının kaydı yapılabilmesi ve çıktısı alınabilmelidir. Test cihazında tercihen otomasyonlu analiz ve sonuç değerlendirmesi yapabilecek donanımlar bulunmalıdır.

Hafif vasıtalar için kullanılacak bir tamburlu fren test cihazı, ağır vasıtalar için belirtilenlerden çok az farklılık göstermekte ve tambur devri en az 5 km/h test hızına sahip olmalıdır. Cihaz, en az 5 tonluk bir aks yüküne göre boyutlandırılmış olmalı ve tercihen gerçek aks yükünü meydana getirmek üzere bir ağırlık tertibatı içermelidir(11).

2.1.2.2. Platformlu Tip (Düz Yüzeyle) Fren Test Cihazı

Düz zeminli fren test cihazı dört adet tutunma katsayısı yüksek düz platformlardan meydana gelmiştir. Platformların uç noktalardan sabitlendiği yerlerden belirli bir miktar boşluk bırakılarak hareket etmesi sağlanmıştır. Taşıt ortalama 10-15 km/h hızla platformlar üzerine çıkarılarak frenleme gerçekleştirilmektedir. Bu esnada hareket edebilen platformların uç noktalarına yerleştirilmiş olan elektronik yük algılayıcıları (Load Cell) bilgisayar ünitesine, bu çarpma hızını sinyal olarak göndermekte ve bilgisayar ekranından kuvvet olarak okunmaktadır(12).

Tamburlu cihaza göre kullanımı daha basit ve fonksiyonları kısıtlı olan bu cihazlarda fabrika ve servislerde kullanılmaktadır. Cihazın şematik görünüşü ve

So brake tests system of roller that will be used for heavy vehicle must have at least 2 km/h test velocity and roller at least with 190 mm diameter. It must work automatically when axle that will be tested come to the top of the roller, and it must stop automatically when the wheels are locked and it must rework after on adjustable lateness. The system must be designed for at least 10 tone axle loads and must contain a weight setup for producing the real axle load by preference. Apart from the air pressure, the arrangement of test must be able to be recorded and printed out.

At test system by preference equipments making analysis and result evaluation with automation must exist. Brake tests system of roller using for light vehicles, show very small difference from heavy vehicles. The turn of roller must have at least 5 km/h test velocity. The system must be designed for at least 5 tone axle loads and must contain a weight setup for producing the real axle load by preference.

2.1.2.2. Brake Tests System of Platform (Flat -Plate)

Brake tests system of platform (flat -plate) is consist of four flat platforms which have high holding off coefficient. The platforms are enabled to move by being stayed an amount of gab from the places where they are fixed to end points. Braking is realized by being raised the vehicle on the platforms with mean 10-15 km/h velocity. At this moment electronic load sensors (load cell) placed to the end points of the platforms that can move the hitting velocity send as signal the computer unit and the force can be read from computer screen.

These systems that are more easy to use have limited functions compared to the system of roller are used in factories and services. Schematic appearance of the

üniteleri Şekil 2' de görülmektedir.

Bu cihazların, farklı hızlarda test yapılması imkanının kısıtlı olması, Tamburlu cihaza göre Düz zeminli cihazın en büyük dezavantajıdır. Ayrıca cihazın kapladığı alan ve bunun yanı sıra taşıtın 10-15 km/h hıza ulaşana kadar alacağı yolun uzunluğu gibi faktörler tamburlu cihazın üstünlüklerini ortaya çıkarmaktadır.

3. YAPILAN YOL TESTLERİ VE TEST SONUÇLARI

Özellikle tamburlu tip cihazlarda, yol testi yapmadan taşıtın yaklaşık frenleme mesafesini tespit edebilmek, frenleme mesafesinin farklı pedal kuvvetlerindeki etkilerini tespit etmek için bu testler yapılmıştır. Otomobiller üzerinde yapılan yol testlerinde oldukça komplike ve maliyetli cihazlar kullanılmaktadır. Yol testleri T.S 5880 ve ISO 6597 standartlarındaki soğuk fren etkinlik testi prosedürüne göre yapılmıştır. Test yapılırken kullanılan diğer yöntemlerde birbirine muadil olan araçların fren performansları karşılaştırılmıştır.

Fakat kullanılan yeni yöntemde aynı taşıtın farklı frenleme pedal kuvvetlerindeki değişime göre aynı sistemin performansı değerlendirilmiştir. Geliştirilen yeni test yöntemi ile özellikle fenni muayene amaçlı yapılacak testlere zemin hazırlanmıştır. Testlerde farklı araç hızlarında kademeli fren pedal kuvveti ile elde edilen frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri tespit edilmiştir. Yeni yöntemin özelliği olan kademeli pedal kuvveti uygulaması aynı aracın farklı durumlardaki fren performansını ortaya koymaktadır. Testlerde kullanılan test yönteminin güvenilirliği, farklı yöntemlerle yapılmış olan test sonuçları ile bu deney sonuçlarının karşılaştırılması sonucu ortaya çıkmaktadır.

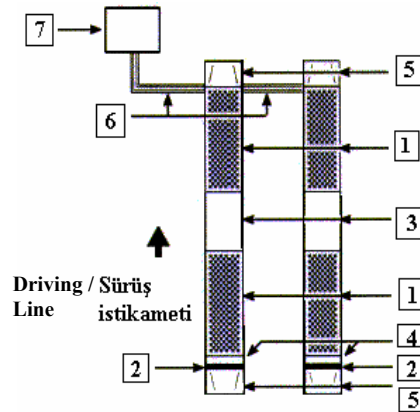
system and its units has been seen in Figure 2.

The most important disadvantage of flat plate system compared to roller type is that the possibility of making test at different velocities with these systems is limited. Furthermore factors such as the containing area of the system and driven road length as long as the vehicle reaches to 10-15 km/h velocity have carried out the advantages of roller type.

3. ROAD TESTS APPLIED AND TEST RESULTS.

Especially at roller type system, these tests were applied to determine the approximate braking distance and the effects of the braking distance on different pedal forces, quite complex and expensive systems have been used at the road tests which made on the vehicles. Road tests were applied with respect to cold brake effectiveness test in TS 5880 and ISO 6597 standards brake performance of the equal event vehicles to each other were compared in the other used methods during the test.

But in this new method the performance of the same system was evaluated with respect to different braking pedal forces of the same vehicle. Developed new test method has laid the groundwork for tests especially with the aim of technical repairing. Braking distance and braking time are determined by graded brake pedal force at different vehicle velocity in tests. The graded brake pedal force application which is the feature new method has offered the brake performance of the vehicle at different states. The reliability of test method used in test, is determined by test results made with different methods and comparing these results.



Şekil 2. Platform (Düz zemin) fren test cihazı(13)

1. Platformlar
2. Ağırlık göstergeleri
3. Pürüzsüz platform
4. Platformbağlantıları
5. Dayanma rampası
6. Bağlantı kabloları
7. Bilgisayar ekranı.

Figure 2. Brake Tests System of Platform (Flat -Plate) (13)

1. Flat plates
2. Weight display
3. Smooth flat-plate
4. Platform connectors
5. Slope
6. Connecting circuits
7. Computer screen

3.1. Materyal ve Metot

Yol testlerinde; standartlara uygun olarak maksimum hızın % 30, 55, 80'i ve saatte 80 kilometre hızlarda testler gerçekleştirilmiştir. Yüzde oranlar test aracımız için 50, 80, 90 ve 120 km/h hızlara karşılık gelmektedir. Her hız için 60, 120, 180, 240, 300 ve 350 N pedal kuvvetlerinde olmak üzere, deneyler yapılarak her frenleme için durma mesafesi ve durma zamanı ölçülmüştür. Standartlarda belirtilen deneyler esnasında maksimum pedal kuvvetinin 500N'ü aşmaması gerekmektedir. Testlerde taşıtın maksimum pedal kuvveti 350N'a kadar çıkmaktadır. Uygulanan pedal kuvvetinde ara değer kullanılan aparatın yapılış özelliğinden dolayı 60 N aralık olarak tercih edilmiştir. 60 N'luk bir değer aralığı alınmasının özellikle bir sebebi bulunmamasıyla birlikte, farklı aralık değerleride tercih edilebilir. Karayollarından alınan asfalt yolun özelliklerinde, testin gerçekleştirildiği yolun tutunma katsayısı (f) ~ 0.60-0.70 olduğu belirtilmiştir.

Test esnasında araç yüksüz durumda, fren sistemi sıcaklığı 20 °C, yol sıcaklığı 15 °C ve soğuk frenlerle frenleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Fren test cihazı üzerinde pedalın pozisyonuna göre uygulanan kuvvet tespit edilmiştir. Her deneme esnasında fren test cihazında elde edilen frenleme kuvvet oluşumu pedalın aynı pozisyonunda meydana gelmiştir. Buna göre Şekil 3' de görülen aparat yapılarak pedalın herhangi bir pozisyonuna karşılık gelen pedal kuvveti değerleri bulunarak üzerinde işaretlenmiştir. Frenleme esnasında 60 N ile 350 N arası pedal kuvveti aparatta kademelendirilerek testler 6 kademede gerçekleştirilmiştir. Kademelerin hepsinde panik frenleme şeklinde frenleme gerçekleştirilerek, bu esnada geçen süre de frenleme süresi olarak tespit edilmiştir.

Test için Ankara İli Gölbaşı İlçesi sınırlarında bulunan Karayolları Genel Müdürlüğü Çevre Yolu kullanılmıştır. Hava şartları test için uygun olup testler kuru zemin şartlarında gerçekleştirilmiştir. Testlerde 1993 Model Şahin marka bir otomobil kullanılmıştır. Testler sürücü ile birlikte iki kişi araç içinde bulunmuş ve aracın deposu (35lt) yakıt ile dolu iken yapılmıştır.

3.1 Material and Method

At road test, as fit to the standards, tests are velocity realized at 30, 55, 80 percent of max velocity and 80 km velocity per hour. Percentages is equal event of 50,80,90 and 120 km/h velocities for our test vehicle for all velocities at the pedal forces 60,120,180,240,300,360 N, stopping distance and stopping time are measured by making experiments for each breaking. During the experiments which is defined at standards max. Pedal force must not exceed 500N. Max. pedal force of the vehicle has raised up to 350N. Break value at applied pedal force is preferred 60 N distances because of the construction feature of the apparatus. There is no a special reason for taking the value distance as 60 N. Another distance value can be taken as well. Adhesion factor of the road that the test is applied has been defined as (f) 0,60-0,70 in the features of paved road of highways.

Braking process is realized with cold brakes at 20 C brakes system temporary, 15 C road temporary and load-free state of the vehicle during the test. Applied force determined by the position of the pedal on brake test system. Braking force formation which is obtained on brake test system form at same position of the pedal during each application. The pedal force values equal event to any position of the pedal are marked by making the apparatus which is seen in Figure 3. Pedal force distance between 60 N and 350 N was realized at 6-grade by being graded at the apparatus. Braking is realized at the form of panic braking in all grades and time lasted is determined as braking time at this moment.

Road of Highways Institute in Gölbaşı, Ankara was used for test. Whether conditions are suitable for test and tests are made in dry floor conditions. 1993 model Sahin automobile was used in tests. There were two persons drivers included in the vehicle and oil tank of the vehicle was 35 lt. of fuel.

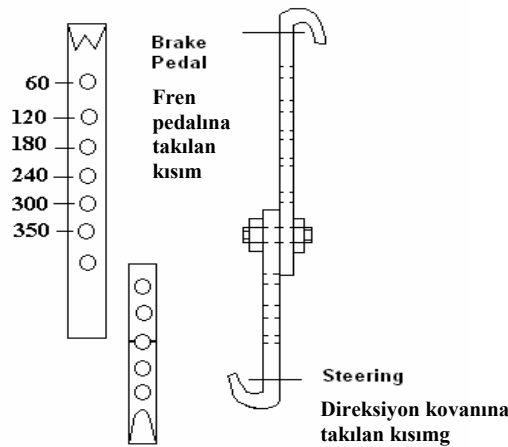


Figure 3. Apparatus which is developed for experimental
Şekil 3. Deneyler için geliştirilen aparat.

3.2. Yol Testlerinde Kullanılan Ekipmanlar

Test esnasında, frenlemenin başladığı noktadan aracın durduğu yere kadar olan mesafeyi ölçmede kullanılan şerit metre, Frenlemenin başladığı andan itibaren geçen frenleme süresini tespit etmek için kullanılan kronometre, uygulanan pedal kuvvetini tespit etmek için geliştirilen aparat (Şekil 3) kullanılmıştır. Taşıtın hızı araç üzerindeki hız göstergesi (kilometre saati) ile belirlenmiştir. Frenleme başlamadan önce ve frenlemeden sonra fren donanımlarının sıcaklığını tespit etmek için kullanılan bir termometre.

Frenleme esnasında frenlemenin başladığı noktayı tespit etmek için kullanılan basınçlı boya tüpü ve buna bağlı bulunan elektrikli kumanda mekanizması kullanılmıştır. Taşıtın zeminine yerleştirilen boya tüpü ve buna bağlı olarak bir elektrik şalteri bulunmaktadır. Frenleme esnasında sürücünün pedala basması ile pedalin ilk harekete geçmesi esnasında şalter devreyi açarak yol üzerine boyayı püskürtmektedir. Taşıtın durduğu nokta ile boyanın işaretlediği nokta arası frenleme mesafesi olarak tespit edilmektedir. Bu aparat yerine basınçlı olarak boya püskürten bir pompada kullanılabilir. Fakat pompanın yeterli mesafede yol yüzeyine yaklaştırılmaması test sonuçlarını değiştirmektedir. Boya tüpü sisteminde, sistemin boya püskürten ünitesinde sürekli basınçlı boyanın bulunması ve zemine yeterince yakın olması ile değerlerin daha doğru ölçülebilir olması bu yöntemi ön plana çıkarmıştır. Test taşıtının özellikleri Çizelge 2' de belirtilmiştir.

Table 2. Test vehicle properties (14)
Çizelge 2. Test taşıtın özellikleri(14)

Trademark/ Marka	Tofaş
Model/ Model	Şahin 1993
Max. Vehicle speed/ Max. Taşıt Hızı (km/h)	165
Wheel diameter/ Tekerlek Boyutları	165 R 13
Brake system/ Fren Sistemi	Front/ Ön Fren Rear/ Ön Fren
	Disc / Disk Drum/ Kampana
Wheel pressure/ Lastik Basınçları	2,02 bar (30 lb/in ²)
Wheel properties/ Lastik Basınçları	165 / 65 R 13
Wheel cog depth/ Lastik Diş Derinliği	9 mm

3.3. Yol Testlerinin Yapılışı

Test aracı deneylerden önce, fren sistemlerinin kontrolü, sürücünün test şartlarına motivesi ve sistem elemanlarının test sıcaklığına ulaşması için 3 ayrı duruş şeklinde frenlenmiştir. Frenleme esnasında motor ile vites kutusu arasındaki hareket kesilmiştir. Testler süresince hiçbir yavaşlatıcı ve ABS sistemi kullanılmamıştır. Frenleme esnasında frenleme durumunun önceden belirlendiği ve frenlemeye hazırlıklı olarak beklenmesinden dolayı reaksiyon süresi en aza inmiştir. Diğer yöntemlerde aynı hızda ve panik frenleme şeklinde farklı araçlar üzerinde deneyler yapılarak durma mesafeleri karşılaştırılmaktadır. Fakat uygulanan yöntemde aynı araç için farklı pedal kuvvetlerinde oluşan frenleme kuvvetine bağlı olarak değişim gösteren durma mesafeleri karşılaştırılmıştır.

3.4. Test Sonuçları

50, 80, 90, 120 km/h hızlarda yapılan testlerde

3.2. The Equipment Used At Road Tests

During the test, tape measure was used to measure the distance from starting point of braking to stopping point of the vehicle. A chronometer was used to determine braking time passed from the starting moment of braking on. A develop apparatus (Figure 3) was used to measure the pedal force. The velocity of the vehicle was determined by velocity indicator on the vehicle. A thermometer was used to measure the temperature of brake equipments after and before the braking.

During the braking in order to determine the starting point of the braking, pressurized point tube and electrical control mechanism which is connected to paint tube were used. There were a paint tube placed on the floor of the vehicle and a electrical switch connected to the tube. The switch has been sprayed the paint on the road opening the circuit during the first movement of the pedal by means of pressing the driver on the pedal. The distance between the stopping points of the vehicle end the point marked by the paint has been defined as the braking distance. In stead of this system, a pump that sprays pressurized paint can be used. However the test result can change because of not being approached of the pump to road surface in sufficient distance. In the system of paint tube, the measurability of values as more correct by means of the existence of pressurized paint continuously in the unit that sprays paint and the closeness of the system to the floor sufficiently make the system as primary importance. The features of test vehicle were defined in Table 2.

3.3. Making of Road Tests.

Before the experiments test vehicle was broken in three different ways in order to provide the control of brake systems and motivation of the driver for test conditions and system elements to reach to test temperature. The movement between the engine and the gearbox was cut during tests. No any ABS system and slow downer was used during tests. Reaction time was reduced to the smallest value of it by being ready for braking and the determination of braking way before. Stopping distances have been compared with the experiments made on different vehicles with panic braking and at same velocity in other methods. However at the method applied; stopping distances which can change with respect to the braking force formed on different pedal forces for the some vehicle were compared.

3.4 Test Results

Stopping distances and times of the vehicle were determined at graded variable pedal forces for 50, 80, 90

kademeli değişken pedal kuvvetlerinde aracın durma mesafeleri ve durma süreleri tespit edilerek, değerler pedal kuvveti- frenleme mesafesi ve pedal kuvveti- frenleme süresi grafikleri üzerinde ifade edilmiştir(Şekil 4,5.).Testlerin yapıldığı yolun tutunma katsayısı 0.60 civarında belirtilmiştir(11). Pedal kuvveti 350 N değerine ulaşmıştır.Fren sistemi bütün hızlarda aynı pedal kuvvetinde aynı frenleme kuvvetini oluşturmaktadır. Yapılan testlerde, pedal kuvvetinin artışına bağlı olarak elde edilen frenleme mesafesi ve frenleme süresi azalmaktadır. Yüksek hızlarda taşıtın sahip olduğu kinetik enerji ve taşıta etki eden direnç kuvvetleri değişimi daha fazla olduğundan hem frenleme mesafesi hemde frenleme süresi değişimi fazla olmaktadır.

Testler arasındaki küçük değer farklılıklarının sebepleri; yapıldığı zemin, hava şartları, tekerleklerin özellikleri ve deney yöntemlerinin farklılıkları şeklinde ifade edilebilir. K.G.M. testleri ile yapılan test sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 6'da görülmektedir. Şekilde eğrilerin yaklaşık olarak paralel olduğu, aradaki farkın nedeni test araçlarının frenleme performanslarının farklı olmasıdır. Deneylerde temel kriter taşıtın hız değişimine karşılık göstermiş olduğu durma mesafesidir. Standartlarda hız sınırlaması getirilmesinin temel sebebidir. Yapılan deneylerde durma mesafelerinde ki değişim hız değişimine göre büyük bir sapma göstermemektedir. Diğer deneylerde de değişim aynı eğilim içerisinde. Grafikler üzerinden elde edilen eğilim fonksiyonların da aynı olması elde edilen verilerin doğruluğunun bir göstergesidir. Hız değişkeninin asıl parametresini oluşturmakta buna göre asıl değişkende yol yani durma mesafesi olmaktadır.

Taşıt hızının artması ile durma mesafesinin artması kaçınılmazdır. Otomobillerin üretim sonrasında sahip olduğu performans eğiliminin kullanım esnasında da aynı kalması istenilen bir durumdur. Fakat fren sisteminin verimliliğinin düşmesi ile bu eğilimin de değişeceği bir gerçektir. Bakım ve onarımı sürekli yapılan bir otomobilde performans kaybının her hız şartında sabit kalması en ideal durumdur. Sadece değişim etkinlik kaybından dolayı, durma mesafesinde bir artış olarak görülür. Şekil 6 da her iki yöntem sonucunda elde edilen durma mesafelerindeki değişimin temel sebebi budur. KGM tarafından yapılan test ile bu çalışmada yapılan test arasındaki durma mesafesi farklılığının nedeni fren sistemlerindeki etkinlik kaybıdır.

and 120 km/h velocities. The values were defined on the graphs of pedal force versus braking time (Figure 4, 5). Keeping coefficient of the road on which the tests are made was taken about 0, 60 pedal force at same pedal force at all velocities. In tests, braking distance and braking time has reduced as depend on the increase in pedal force. At high velocities the changes of both braking distance and braking time are higher because the changes of kinetic energy of the vehicle and of resistance faces that affect on the vehicle are higher.

The reasons for small differences between tests are the differences in floor air conditions the features of the wheels and the methods of experiment. A comparison between results of Road of Highways Institute tests can be seen in Figure 6. In that figure curves are approximately parallel to each other. The reason for the difference in between each other is different braking performance of test vehicle. In experiments, main criterion is the stopping distance of the vehicle in response to the change of velocity. This is the main reason for velocity limitation at the standards. In experiments the change in stopping distance doesn't show big differences compared to the change in velocity. The change in other experiments also has same tendencies. The same tendency functions obtained on the graphs show the truth of the datas. The velocity is main parameter of the variable and according to this main variable is the stopping distance.

It is inevitable that the stopping distance increases with the increase in the velocity of the vehicle. The performance tendency of automobiles after production is desired to remain constant during usage as well. But this tendency will reduce with the decrease in the efficiency of the brake system. It is the most ideal state that the performance loss of an automobile whose maintenance and repairing are made continuously remains constant in all velocity conditions. The change is shown as an increase in stopping distance because of effectiveness loss. This is main reason for the change in stopping distances obtained at the results of two methods in Figure 6. The reason for the differancy the in stopping distance between the test made in this study and the test made by Road of Highways Institute (RHI) is effectiveness loss in brake systems.

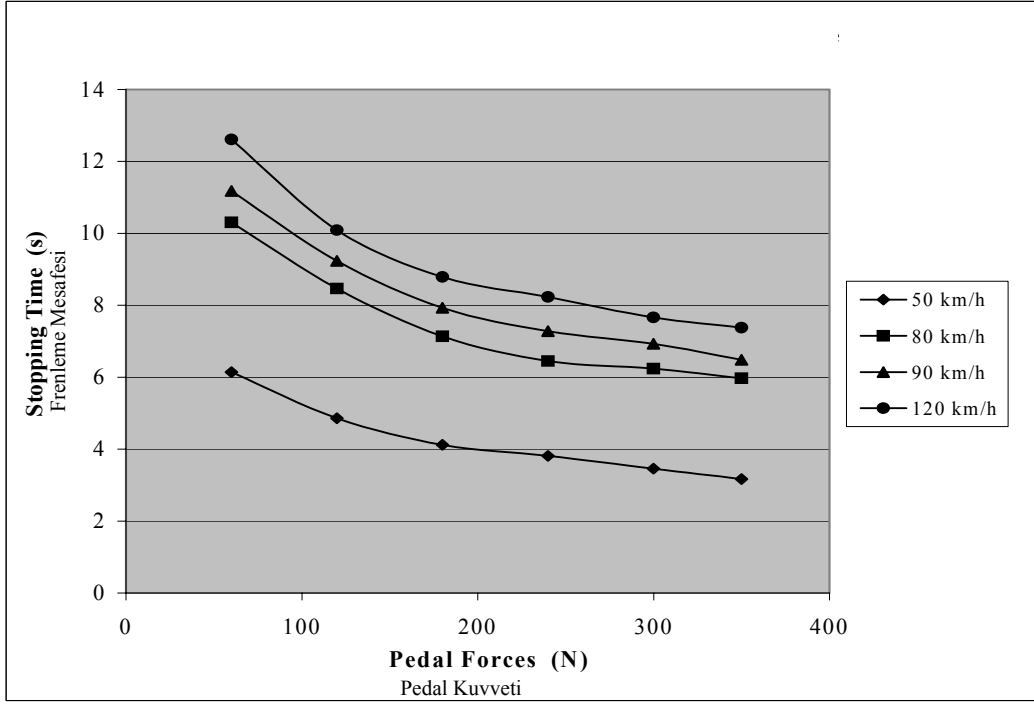


Figure 4. Variety vehicle speed obtained pedal forces-braking distance graph (15)

Şekil 4. Değişik hızlarda elde edilen pedal kuvveti-frenleme mesafesi grafikleri(15)

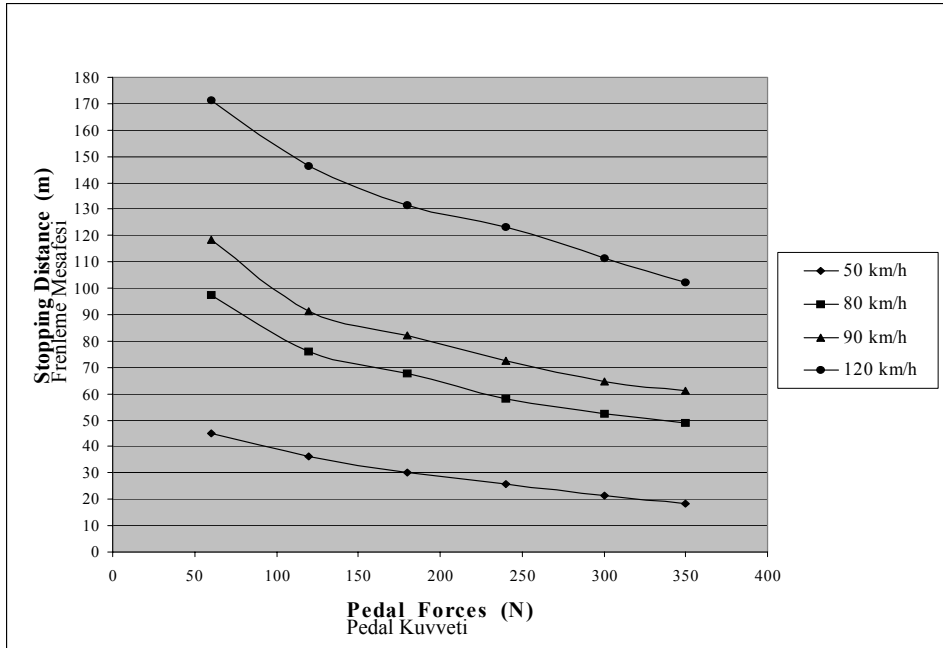


Figure 5. Variety vehicle speed obtained pedal forces-braking timing graph (15)

Şekil 5. Değişik hızlarda elde edilen pedal kuvveti-frenleme süresi grafikleri(15)

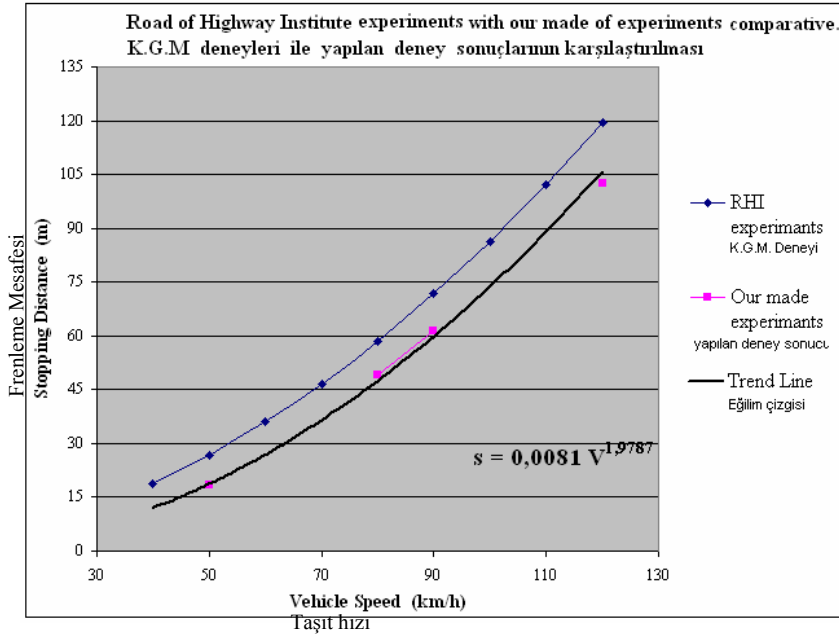


Figure 6. Calculation function graph which is used Trend line
Şekil 6. Eğilim çizgisi kullanılarak hesaplanan fonksiyon grafiği.

4. SONUÇLAR

Yapılış şekillerine göre fren performans testleri kendi arasında yol ve cihaz testleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Fren performans testlerinde temel değerlendirme kriteri durma mesafesi olduğundan, bu çalışmada durma mesafesinin doğru ve güvenilir ölçülebilmesi amacıyla yol testleri üzerinde durulmuştur. Cihaz üzerinde yapılan testlerin özelliklerine bakıldığı zaman, yol testlerinin cihaz testlerine göre daha maliyetli, daha zor ve daha çok zaman gerektirmektedir. Bu durum yol testlerinin, özellikle üretici firmalar tarafından seri üretim aşamasında her araç için uygulanmasının zor olduğunu, cihaz üzerindeki testleri her taşıta, yol testlerinin ise belirli aralıklarla üretilen araçlara uygulanma durumunu ortaya çıkarmaktadır. Fakat yol testleri daha kesin ve güvenilir sonuçlar vermesi sebebi ile proje ve üretimin aşamalarında cihaz testleriyle birlikte kullanılmaktadır. Yol testleri gerçek şartlarda yapıldığından daha doğru sonuçlar vermektedir.

Motorlu taşıtlarda üretim ve üretim sonrasında yapılan fren performans testleri taşıt güvenliği açısından çok önem ifade etmektedir. Testler yapılırken uyulması gereken standartlar ISO ve TS olarak incelendiğinde aralarında test çeşitleri ve yöntemleri olarak bir fark görülmemektedir.

Durma mesafesi bir taşıtın fren performansının önemli bir göstergesidir ve tüm fren sisteminin verimini ortaya koymaktadır. Değişik fren sistemlerinin verimlerini belirlemek amacı ile fren durma mesafelerinin karşılaştırılmasına ilişkin testler, yararlı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ancak daha güvenilir değerlendirmeler yapmak için aynı taşıtın aynı parametrelerle deneylerinin yapılması gerekmektedir. Örneğin kullanılan test yöntemi ve ekipmanlarının değişimine göre sonuçlar farklılık arz edebilir.

4. RESULTS

Brake performance tests are separated into two main groups by the making way as road and system tests. In this study, road tests were focused on in order to measure the stopping distance more correctly and reliable because the main evaluation criterion is the stopping distance in brake performance tests. Road tests require more time and cost and they are more difficult compared to system tests when the features of the tests made on the system are looked at. This state shows that road tests are difficult to apply for each vehicle during mass production by especially producer firms. So road test can be applied on the vehicles which are produced with certain periods on the contrary. System tests can be applied on each vehicle. Roads tests give more correct results because of this. They have been used together with system tests in the positions of protect and production.

As far as vehicle safety is concern, brake performance tests made after and before production are very important. At ISO and TSE standards which is necessary to apply during tests. There are no differences in the methods and kind of test.

Stopping distance is an important indicator of brake performance and it determines the efficiency of the all brake system. Comparison tests for brake stopping distance in order to determine the efficiencies of different brake systems are very useful. However to make more reliable evaluations, test should be made with same parameters for some vehicle. For example different test method or equipments cause different results.

During the usage and maintenance of the vehicle after production, system tests are used to control the

Üretim aşamasından sonraki taşıtın kullanımı ve bakımı esnasında ise, taşıtın sahip olduğu performansın kontrol edilmesi amacı ile cihaz deneylerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu tür fren performans deneyleri fenni muayene ve bakım sonrası yapılan testler şeklinde isimlendirilebilir. Test yöntemleri incelendiği zaman standartların yol testlerine göre tespit edildiği, cihaz testleri için ise belirli bir standardın oluşturulmadığı görülmektedir.

Yol testleri yapıldığı ülkelerin şartları ve firmaların isteklerine göre farklılık göstermektedir. Aynı zamanda yol testleri yapılırken uyulması gereken standartlar da bulunan ülkenin kanunlarına göre değişiklik göstermektedir.

Testler esnasında birçok parametre değişken olarak kullanılabilir. Testi yapan kişinin elde etmek istediği sonuca göre kullanacağı parametreler farklılık göstermektedir. Standartlarda diş derinliği, lastik hava basınçları, ön düzen geometrisi, yol ile zemin arasındaki tutunma ve buna benzer faktörlerin durma mesafesi üzerindeki etkileri konusunda bir açıklık bulunmamaktadır.

Özellikle üretim sonrası bakım ve muayene amaçlı testlerde üretici değerleri kullanılmaktadır. Üretim aşamasında yapılan değerlendirme ise hem güvenlik hem de rekabet şartları olmaktadır. Optimum frenleme mesafesinin ve süresinin mümkün olduğu kadar kısa olması istenmektedir. Testler esnasında taşıt kararlılığı değişmemelidir. Testler esnasında özellikle yüksek hızlarda frenleme esnasında taşıt kararlılığının çok çabuk değişmesi yol testlerini ister istemez tehlikeli hale getirmektedir.

Günümüz fren performans testlerinde kullanılan ekipmanların hassasiyetleri ve ölçüm kapasiteleri iyileştikçe elde edilen değerler o derece güvenilirlik içermektedir. Bundan dolayı üretici firmalar kendi taşıtlarını özelliklerine uygun ve üzerinde araştırma yaptıkları parametrelere göre ekipman üretmektedirler. Testlerde ekipman verimliliği de yapılan deneyin verimi kadar önemlidir. Bundan dolayı kullanılan ekipman parametreleri üzerine de araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Farklı test yöntemlerinde elde edilen durma mesafeleri taşıtın üreticisi tarafından verilen referans değerler ile karşılaştırılarak frenleme performansı hakkında yorum yapılırken, yapılan çalışmada kullanılan yöntemde farklı frenleme durumlarındaki değerler arasında da inceleme yapma imkanı olmaktadır. Genel olarak uygulanan test yöntemi üretim aşamasından sonra taşıtın muayene amaçlı yapılan testlerinde kullanılabilir bir yöntemdir. Aynı zamanda üretim aşamasında yeni tasarlanan bir aracın farklı durumlarda ki frenleme performansını tespit etmede de kullanılabilir bir yöntemdir.

Yapılan araştırma sonucunda, elde edilen değerlerin dağılımı diğer çalışmalarla büyük oranda paralellik göstermektedir. Fakat ölçüm yöntemlerinde artık mekanik veya hidrolik sistemler gün geçtikçe azalmakta olduğundan dolayı daha hassas ölçüm gerçekleştirebilen elektronik kontrollü sistemler geliştirilmektedir. Özellikle taşıt test düzeneklerinin gün geçtikçe elektronik donanımlı hale

performansına ulaşılması için yapılan testler, taşıtın performansının kontrol edilmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu tür testler, taşıtın fiziksel onarım ve bakımından sonra yapılmaktadır. Bu tür testler, taşıtın fiziksel onarım ve bakımından sonra yapılmaktadır. Bu tür testler, taşıtın fiziksel onarım ve bakımından sonra yapılmaktadır.

Road tests have differences with respect to desires firm and the rules of country in where the test is made, parameters show difference with respect to the result that tester wants to obtain. There is no clearness at standards about wheel air pressure cog depth front order geometry holding between road and floor and so on.

Producer values have been used at tests with purpose of maintenance and repairing after production. But during the production, both safety and competition condition are important. Optimal braking distance and time are wont to be as short as possible. The stability of the vehicle must not change during tests. At the moment of breaking especially in high velocities the change in the stability of the vehicle readily make road test dangerous.

In today's performance tests the equipments which are used at the brake performance tests have the sensitiveness and measurement capacity the more reliable the results the more reliability values obtained better contain have values. Because of this producer firms produce the equipments as fit to the features of their own vehicles and the parameters that they study on. Efficiency of equipment is also as important as the efficiency of the experiment. Therefore researches are also required on equipment parameters.

Braking performance can be evaluated by comparing the stopping distance obtained in different test methods with the reference values given by producer of the vehicle. Furthermore it is possible to make investigation between the values in different braking states in the method used in the study. In general test method applied is a method which can be used at repairing tests of the vehicle after production. It is also used to determine the braking performance of new design vehicle in different states during production.

In the result of the investigation the values obtained are parallel to other studies. However systems with electronic control that can make more sensitive measurement have been developed because mechanic and hydraulic system have been reducing in measurement methods. Especially the conversion of vehicle test equipment to electronic state both makes shorter test times and provides the values to be more sensitive. More developing equipment will provide to obtain better results in evaluation of vehicle brake performance in similar studies.

As a result of tests made it has been seen the applicability of test method made by exist conditions and equipments.

dönüşmesi hem test sürelerini kısaltmış, hemde elde edilen değerlerin daha hassas olmasını sağlamıştır. Benzer çalışmalarda kullanılacak daha gelişmiş ekipmanlar taşıt fren performansının değerlendirilmesinde daha iyi sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır.

Yapılan testler sonucunda da yine, mevcut şartlar ve ekipmanlar ile yapılan deney yönteminin uygulanabilirliği görülmüştür.

KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. Wallace, J.R., Schultz, A.G., Babinchak, M.J, “National Highway Traffic Safety Administrations (NHTSA)” Test report NO: 99-AIT-17, *U.S. Army Aberdeen Test Centre* U.S.A.(1998)
2. BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft Wieht Germany EN ISO9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 AS/NZS ISO 9001:1994 UNI EN ISO 9001:1994, The Quality Management System Standarts. Certifacate No: 901235
3. OSA, “National Organization for Automotive Safety” Test report, Japonya (1999).
4. Richard C. Kempf, MVMA/NHTSA/SAE Heavy Truck Round Robin Brake Test, SAE Paper 922484, SAE USA. (1992)
5. Fillikçioğlu C., “Taşıt Frenlerinde Balata Çeşidinin ve Çalışma Şartlarının Frenleme Performansına Etkileri”, Y.Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, ANKARA (1998)
6. TS, 7963, 7964,9075,9076,9078,8891,8645,8270,3512 Numaralı Standartlar, Ankara
7. Avrupa Topluluğu Yönetmeliği, 70/320/ECE
8. Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği, ECE Regulation 13
9. TS, Karayolu taşıtlarının frenleme performansını ölçme metotları– Otomobiller için, TS 5880, Ankara., (1998)
10. HPRL Head Protection Resarch Laboratory , Test Report, California U.S.A (2002)
11. Karayolları Genel Müdürlüğü, www.kgm.gov.tr/trafik.htm, Ankara (2002)
12. Eta Takım Tezgahları San. Ve Tic. A.Ş., *Arex Modüler Sistem Fren Test Cihazı Kullanma Klavuzu*, İzmir.
13. Paul, G., Marting and Nick J. Colarelli, *Low Speed Plate Brake Tester*, SAE Tecnicall Paper 901701, *Hunter Engineering Company*. (1990)
14. Çetinkaya, S., *Taşıt mekaniği*, *Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti*,Ankara (1999)
15. Düzgün, M., *Motorlu Taşıtlarda Fren Deney Yöntemleri ve Prformans Kriterlerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü ANKARA* (2002)