



SATHİ KAPLAMALI YOLLARIN YAPISAL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur SARIOĞLU*, Mehmet SALTAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Sathi Kaplama,
DCP,
LWD,
Yapısal Performans.

Öz

Ülkemizde yolcu ve yük taşımacılığının büyük bir kısmı karayolu vasıtası ile sağlanmaktadır. Karayolu ulaşımında farklı üstyapı tipleri görülebilir. Bu tipler arasında karayollarında en çok tercih edileni bitümlü sıcak karışımlardır. Ancak bitümlü sıcak karışımların maliyetleri çok yüksektir. Sathi kaplamalı yollar, ilk yapım maliyetlerinin düşük, yolun trafiğe kapalı kalacağı sürenin az olması gibi nedenlerden dolayı gelişmekte olan ülkelerde en çok kullanılan yol türüdür. Bu çalışma, Isparta çevresindeki bazı sathi kaplamalı köy yollarını oluşturan tabakaların dayanımlarının ve yolların yapısal durumlarının tahribatsız deneyler ile incelenmesini içerir. Bu amaç için tahribatsız deneyler arasından, Dinamik Koni Penetrasyon ve Hafif Düşen Ağırlık Deflektometresi deneyleri tercih edilmiştir. Çalışmada, farklı zamanlardaki ölçümlerde elde edilen defleksiyon ve elastisite modülü değerleri ile sathi kaplama tabakalarının özellikleri ve sıkışma durumu araştırılmıştır. Dinamik Koni Penetrasyon deney aleti kullanılarak arazide yapılan ölçümler sonucu, üstyapı tabaka dayanımları saptanmıştır. Hafif Düşen Ağırlık Deflektometresi deneylerinden elde edilen sonuçlara göre defleksiyon değerlerinin arttığı, elastisite modülü değerlerinin düştüğü görülmüştür.

EVALUATION OF STRUCTURAL PERFORMANCE OF CHIP-SEAL PAVEMENT

Keywords

Chip Seal,
DCP,
LWD,
Structural Performance.

Abstract

In our country, most of the passenger and load transportation is provided by highway. Different pavement types can be seen in highway transportation. Among these types, bituminous hot mixtures are the most preferred on highways. However, the costs of them are very high. Chip seal is the most used type of pavement in developing countries due to reasons such as low initial construction costs and the time that the road will be closed to traffic is short. This study includes investigation of the strength of the layers forming some village roads constructed as chip seal and structural conditions of them with nondestructive tests around Isparta. For this purpose, Dynamic Cone Penetrometer and Light Weight Deflectometer tests were preferred among the non-destructive tests. In the study, with the deflection and elasticity modulus values obtained by measurements at different times, properties and compaction states of layers of chip seals were investigated. As a result of measurements taken in the field using Dynamic Cone Penetrometer test device, the strength of pavement layers were determined. According to the results obtained from Light Weight Deflectometer tests, it was observed that the deflection values increased and the elasticity modulus values decreased.

Alıntı / Cite

Sarioğlu, O., Saltan, M., (2021). Sathi Kaplamalı Yolların Yapısal Performansının Değerlendirilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(2), 463-475.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

O. Sarioğlu, 0000-0001-6754-7105
M. Saltan, 0000-0001-6221-4918

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	21.02.2021
Revizyon Tarihi / Revision Date	26.04.2021
Kabul Tarihi / Accepted Date	02.05.2021
Yayın Tarihi / Published Date	20.06.2021

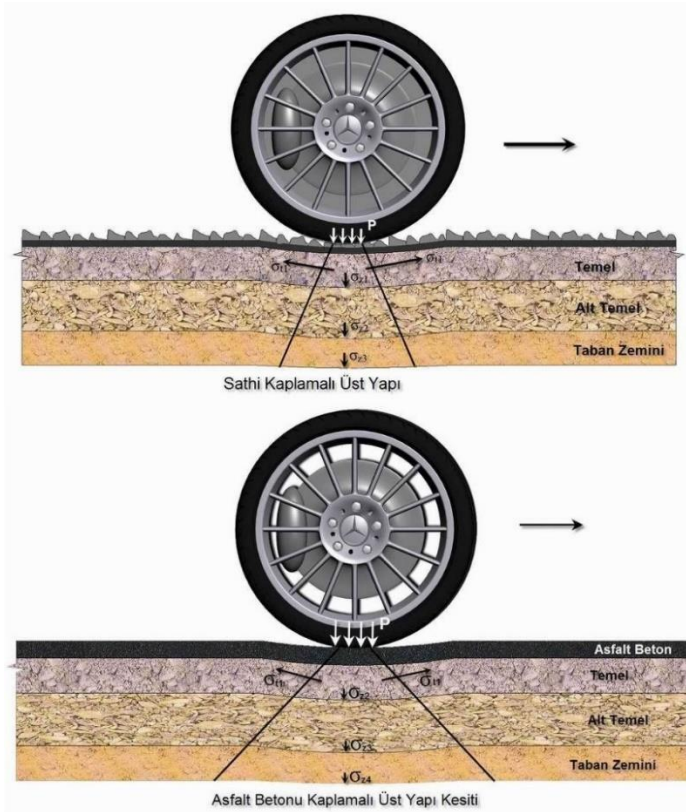
* İlgili yazar / Corresponding author: onursarioğlu07@gmail.com

1. Giriş (Introduction)

Geçmişten günümüze ulaşım, insanların yaşamında önemli bir yere sahip olmuştur ve gelecekte de böyle olmaya devam edecektir. Eşyalar üretildikleri yerlerden ihtiyaç duyulduğu yerlere, insanlar ise ihtiyaçlarını karşılamak için bir yerden başka bir yere giderler. Bu ihtiyaçların karşılanması için karayolu ulaşımı önemli bir yere sahiptir.

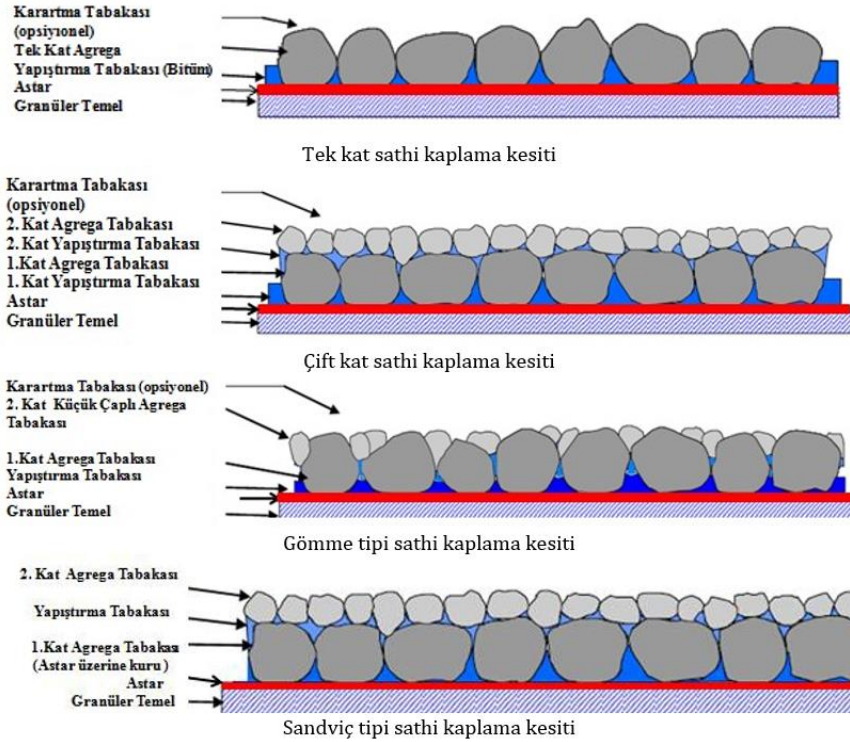
Karayolu ulaşımında farklı yol tipleri görülebilir. Bu tiplerden karayollarında en çok tercih edileni bitümlü sıcak karışımlardır; ancak bitümlü sıcak karışımların maliyetleri çok fazladır. Bir alternatif olan yüzeysel kaplamalar ise mevcut kaplamaların özelliklerini iyileştirmek, koruyucu bir tabaka gibi mevcut üstyapının ömrünü uzatmak veya düşük hacimli yollarda direkt olarak kaplama tabakası göreviyle kullanılmaktadır. Uygulama yöntemlerine bağlı olarak yüzey kaplamaları, sathi kaplamalar ve harç tipi kaplamalar olarak iki kategoride incelenebilmektedir.

Sathi kaplamalar, granüler malzemeden oluşturulmuş temel ve alt temel tabakası üzerine oturan, herhangi bir yük taşıma kapasitesi bulunmayan, yol yüzeyinde düzgün bir yuvarlanma ve yeterli kayma sürtünme katsayısı sağlayan, bunun yanında yüzeydeki suların alt tabakalara ulaşmasını engelleyen bir kaplama türüdür (Karaşahin ve Ağar, 2004). Şekil 1'de sathi kaplamalı ve asfalt beton kaplamalı yol üstyapısı tabakaları ve bu tabakalarda meydana gelen gerilmeler gösterilmiştir. Sathi kaplamalar, yüzeye önce bağlayıcının püskürtülmesi, ardından mıcırın serilmesi ve sıkıştırılması ile imal edilirken harç tipi kaplamalar, belirli miktarda agreganın ve bitümün karıştırılması ve serilmesi ile üretilmektedir. Genel olarak diğer kaplama koruma ve iyileştirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, sathi veya harç tipi kaplamaların efektif, ekonomik ve kolay uygulanabilir olmaları nedeniyle tercih sebebi olduğu belirtilmiştir (Adams ve Richard, 2014; Pratico vd., 2015).



Şekil 1. Sathi kaplamalı ve asfalt betonu kaplamalı yol üstyapısı tabakaları ve tabakalarda meydana gelen gerilme dağılımları (Chip seal and asphalt concrete pavement layers and the stress distributions occurred at layers) (Karaşahin ve Gürer, KGM Brifing Notları)

Sathi kaplamalar; tek katlı sathi kaplama, çok katlı sathi kaplama, gömme ve sandviç tipi sathi kaplama (Şekil 2) ile koruyucu tabaka ve iyileştirme amaçlı sathi kaplama olmak üzere gruplara ayrılırlar.



Şekil 2. Sathi kaplama türleri (Types of chip seal)

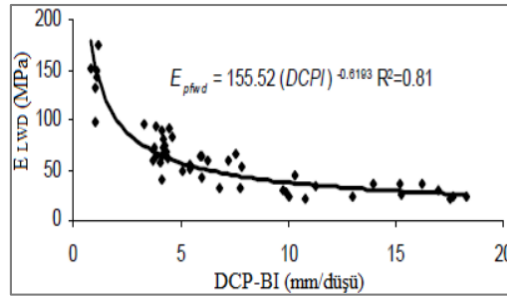
Birçok ülke yol ağında sathi kaplamalı yolları kullanmaktadır; Türkiye de bu ülkelerden biridir. Ülkemizde sathi kaplamalı yolların oldukça fazla inşa edildiği bilinmekte ve belli bir azalış görülse bile önümüzdeki yıllarda da sathi kaplamalı yolların yapımının devam edeceği öngörülmektedir. Çünkü sathi (yüzeysel) kaplamalı yollar, 01.01.2016 tarihli Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) verilerine göre ülkemizde toplam yol ağı uzunluğunun (66.417 km) %66'sını (43.726 km) oluşturmaktadır. Zaman içerisinde bu yollar, bitümlü sıcak karışımli yollara dönüşmektedir. 01.01.2019 tarihli KGM verilerine göre toplam yol ağı uzunluğu 67.333 km'ye çıkarken sathi kaplamalı yolların toplam uzunluğu 39.333 km'ye düşmüştür.

Sathi kaplama, düşük trafik hacmine sahip yollarda uygulanan bir üstyapı tipidir. Taşıtların ağırlıklarından dolayı, üstyapılarda her taşıt geçişi, esnek ve kalıcı şekil değişimleri meydana getirir. Esnek şekil değişimi, gerilme ortadan kalktığı zaman eski haline döner; kalıcı şekil değişimi ise gerilme ortadan kalksa da sabit kalır. Sathi kaplamaların yük taşıma kapasitesi aşıldığı zaman kalıcı şekil değiştirmelerin miktarı önemli oranda artar. Bu yüzden, ortalama ömrü zaten az olan sathi kaplamalardan yeterli performans elde edilemez ve bozulmalar daha hızlı meydana gelir. Bozulmalar zamanında tespit edilip bakım - onarımı gerçekleştirilmezse kaplama tabakasının proje ömrünü tamamlamadan yeniden inşa edilmesi gerekir; bu durum da ciddi maddi zararlara yol açar.

Vonk ve Korenstra (2004), sathi kaplamanın kalitesini artırmanın, dolayısıyla ömrünü uzatmanın veya onu daha yoğun trafikli yollarda kullanabilmenin en önemli yolunun, bağlayıcıyı değiştirmek suretiyle kaplamanın kohezyon mukavemetini artırmak olduğunu belirtmişlerdir. Bu amaçla çalışmalarında bir blok kopolimer olan ve SBS olarak adlandırılan bir modifikatör kullanmışlardır. Yüzeysel kaplamalar açısından önemli bir özellik olan kayma direnci performansı, Uz ve Gökalp (2017) tarafından araştırılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada, doğal agregalardan ve cürüflardan oluşan farklı agrega tür ve tane boyutları ile gradasyonunda üretilen yüzeysel kaplamaların kayma direnci performansı değerlendirilmiştir. Yüzeysel kaplamaların kayma direnci karşılaştırıldığında, her boyut ve gradasyonda cürüfler ile üretilmiş numunelerin, doğal agrega ile üretilmiş numunelerden daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Sathi kaplamalar ile ilgili literatürde oldukça fazla çalışma yer almaktadır ve bunlar arasında, yolları oluşturan tabakaların dayanımlarının ve yapısal durumlarının belirlenmesi için tahribatsız deneylerin gerçekleştirildiği çalışmalar da mevcuttur.

Kaplama performansını etkileyen faktörler arasında yer alan taşıma gücünde iklim koşullarına göre meydana gelen değişim, Gürer vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, sathi kaplamalı bir güzergahta, iki farklı marka Hafif Düşen Ağırlık Deflektometresi (LWD) kullanılarak yerinde yapılan tahribatsız deneyler ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her iki LWD cihazıyla ölçülen deformasyon değerleri, birbirine yakın olmakla birlikte cihazlardan biriyle yapılan ölçümlerden elde edilen LWD sonuçlarının daha tutarlı olduğu görülmüştür. Kleyn (1975), laboratuvar çalışmasında 2000 örnek üzerine yapmış olduğu Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) ve

Dinamik Koni Penetrasyon (DCP) testleri neticesinde, CBR ve DCP batma indeksi (BI) değerleri arasında bir korelasyon geliştirmiş ve arazide uygulanan DCP testi ile tabakaların yerinde taşıma güçlerinin belirlenebileceğini ifade etmiştir. Ese vd. (1994), Norveç'te DCP testinin üstyapı iyileştirme ve takviye tabakası tasarım çalışmalarında kullanılabilirliği üzerine kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. Granüler temel tabakası dayanımı ve DCP batma indeksi arasında güçlü bir bağlantı olduğunu belirtmişlerdir. Bahsedilen deneysel yöntemlerin, birbirleriyle ilişkilendirilerek yol üstyapılarının değerlendirilmesi için aynı çalışma içinde kullanımı da mümkündür. Nageshwar vd. (2008), çalışmalarında üstyapı performansının büyük ölçüde taban zemini dayanımına bağlı olduğunu belirtmişler ve son yıllarda LWD testi ile taban zemini dayanımının belirlenmesinin arttığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, bu yöntemle belirlenen taban zemini elastisite modülü değerlerinin, CBR ve DCP gibi diğer test yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile ilişkilendirilmesine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır. Hindistan'ın Karnataka eyaletinin değişik bölgelerindeki taban zeminleri üzerinde yaptıkları DCP, CBR ve LWD testlerinden elde ettikleri sonuçları regresyon analizine tabi tutmuşlar, LWD - CBR ve LWD - DCP - BI arasındaki ilişkileri tahmin eden modeller kurmuşlardır. Elde ettikleri modellerin sonuçlarını (Şekil 3), literatürde yer alan diğer modeller ile karşılaştırarak bu modellerin yüksek korelasyon katsayılarına (R^2) sahip olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 3. LWD modülü ile DCP-BI arasındaki ilişki (Relationship between LWD module and DCP-BI) (Nageshwar vd., 2008)

Bu çalışmada, Isparta İl Özel İdaresi yol ağında bulunan Merkez ve Gönen ilçeleri kapsamındaki Bozanönü, Senirce ve Gelincik köy yollarının tabakalarının dayanımları ve yapısal durumlarını görmek için DCP ve LWD tahribatsız deneyleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen tüm yollar karşılaştırıldığında, Gelincik köy yolunda meydana gelen kalıcı şekil değiştirmelerin, Bozanönü ve Senirce köy yollarına göre daha yoğun olduğu görülmüştür. Bu durumun ana nedeni ise incelenen diğer iki yola göre Gelincik köy yolunu kullanan araç trafiğinin fazla olmasıdır. Deneylerden elde edilen veriler birbirleriyle karşılaştırılarak sathi kaplamalar hakkında ulaşılmaya çalışılan bilgiler değerlendirilmiş, deney sonuçlarının birbirini desteklemesine dayanarak edinilen bilgilerin doğruluğuna kanaat getirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bu çalışmada, Isparta İl Özel İdaresi yol ağında bulunan Merkez ve Gönen ilçeleri kapsamındaki köy yollarını oluşturan sathi kaplamaların yapısal performanslarının değerlendirilmesinde, DCP ve LWD tahribatsız deneylerinin kullanımı incelenmiştir. Isparta Merkez ilçesine bağlı Bozanönü, Gelincik ve Senirce köy yollarının performans analizleri yapılmıştır. Bu bölümde belirlenen köy yollarına ait yol envanter ve güzergah bilgileri verilmiş, kullanılan deneysel yöntemlerden kısaca bahsedilmiştir.

2.1. Kırsal Yollarda Kullanılan Malzemeler (Materials Used in Rural Roads)

Isparta İl Özel İdaresi yol ağında bulunan Merkez ve Gönen ilçeleri kapsamındaki köy yollarıyla ilgili parametreler Tablo 1 - 3'te verilmiştir. Arazide ölçümler olarak seçilen kırsal yolların yapısal durumlarını karşılaştırmak için DCP ve LWD deneyleri, her yolda farklı mevsimlerde ve hava şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Ölçüm alınan yollar ve kaplama tabakasında kullanılan agrega türü (Roads measured and aggregate type used in pavement)

İlçe	Yolun Tanımı	Agrega Türü
Merkez	Bozanönü	Kireçtaşı
Merkez	Gelincik	Kireçtaşı
Gönen	Senirce	Kireçtaşı

Tablo 2. Ölçüm alınan yollarda kullanılan bağlayıcı türleri ve agrega gradasyonları (Binder types and aggregate gradations used in the roads measured)

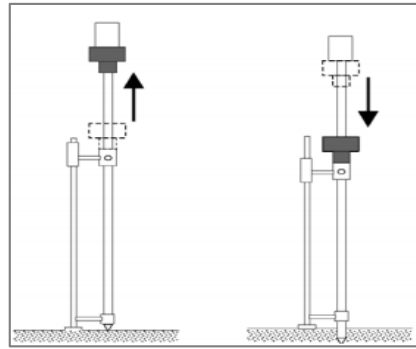
Yolun Tanımı	Bağlayıcı Türü	Astar	Agrega Gradasyonu (mm)
Bozanönü	Bitüm 160/220	FM2 B2	13-18
Senirce	Bitüm 160/220	FM2 B2	18-25
Gelincik	Bitüm 160/220	FM2 B2	13-18

Tablo 3. Çalışma güzergahı envanter bilgileri (Work route inventory information)

İlçe	Yolun Tanımı	Yol Yapım Yılı	Takviye Tabaka Sayısı	Genişlik (m)	Çalışma Yapılan Uzunluk (m)
Merkez	Bozanönü	03.08.2015	3	6	2150
Merkez	Senirce	05.08.2015	2	6	1550
Gönen	Gelincik	04.08.2015	1	6	1960

2.2. DCP Deneyinin Yapılışı (Performing of DCP Test)

DCP, üstyapıların kalite kontrol ve değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan ve etkinliği, yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmış tahribatsız bir test yöntemidir (Nazzal, 2003). DCP deneyinde, hiçbir tabaka kazılmadan düşü yapılarak batma yüksekliğindeki bütün tabakaların dayanımına ulaşılabilir. Temel, alttemel ve taban zemini için ayrı ayrı DCP deneyi yapılmasına gerek yoktur; tek deneyde tüm tabakaların dayanımları incelenebilir. DCP deney cihazı, 8 kg ağırlığındaki DCP çekici, çekicinin 575 mm sabit yükseklikten serbest düşmesine olanak sağlayan üst çubuk, ucunda 60°'lik konik uç bulunan 20 mm çapındaki alt çubuk, batma derinliklerinin okunacağı cm ve mm ölçeklerine ayrılmış cetvel ve tutma aparatı gibi parçalardan oluşmaktadır. Arazide ölçüm almak için cihaz kurulduktan sonra hiç düşü yapılmadan cetvelden o noktadaki değer okunur ve bu değer sıfır kabul edilir. Daha sonra düşü yapılmak üzere DCP çekici tutma aparatına kadar kaldırılır. Burada deney aletinin dik pozisyonda olmasına dikkat edilmelidir. Düşü yapılarak deneye başlanır ve her düşü sayısından sonra cetvelden okunan değerler not kaydedilir. DCP deney cihazına ait şematik çizim ve çalışma prensibi Şekil 4'te verilmiştir.

**Şekil 4.** DCP deneyinin şematik gösterimi ve cihazın çalışma prensibi (Schematic representation of DCP test and working principle of device)

2.3. LWD Deneyinin Yapılışı (Performing of LWD Test)

LWD, düşük hacimli, birden fazla tabakalı yol üstyapılarının yapısal özelliklerinin değerlendirilmesinde ve performans takibinde kullanılan tahribatsız deney yöntemidir (Baiz, 2007). LWD deneyinde, hareketli trafiğin üstyapıda oluşturduğu dinamik darbe basıncı, belirli bir yükseklikten düşürülen ağırlıkla simüle edilir. Deney, uygulanan yük altında oluşan en büyük deformasyonlar ve yol üstyapısının durumu hakkında bilgi sağlar. LWD deney cihazı, tutma kolu, tutma kilidi, denge çubuğu, düşen ağırlık, emniyet pimi, sıçrama süngerleri ve yükleme aparatı gibi kısımlardan oluşmaktadır. Deneyde kullanılan düşen ağırlık, yaklaşık 20 kg'dır; bu ağırlığa göre deney aletinin kullanma kılavuzunda kullanımı önerilen sıçrama süngerleri seçilir ve yerine yerleştirilir. Daha sonra LWD cihazı ve cep bilgisayarında eşleniği olan program açılarak bağlantı sağlanır. Deney cihazı ve cep bilgisayarını hazır hale geldiğinde düşü yapılmaya başlanır. Belirlenen her nokta için üç farklı yükseklikten (25 inç, 20 inç, 15 inç) üçer defa sağlıklı düşü yapılır ve elde edilen değerler cep bilgisayarına kaydedilir, kaydedilen bu veriler ham verilerdir. Dynatest'e ait LWDMod programı ile bu veriler işlenir ve uygulanan yük, direnç, deflektometre ve elastisite modülü bilgileri elde edilir. Düşü yapılan noktada elde edilen deformasyon ve uygulanan yük birleştirilerek geleneksel Boussinesq Statik analizi kullanmak şartıyla rijitlik modülleri hesaplanır. Denklem 1'de ölçülen merkez deformasyon ile FWD dinamik deformasyon modülü verilmiştir.

$$E_{FWD} = \left(\frac{K(1-\theta^2)P*r}{\delta_c} \right) \quad (1)$$

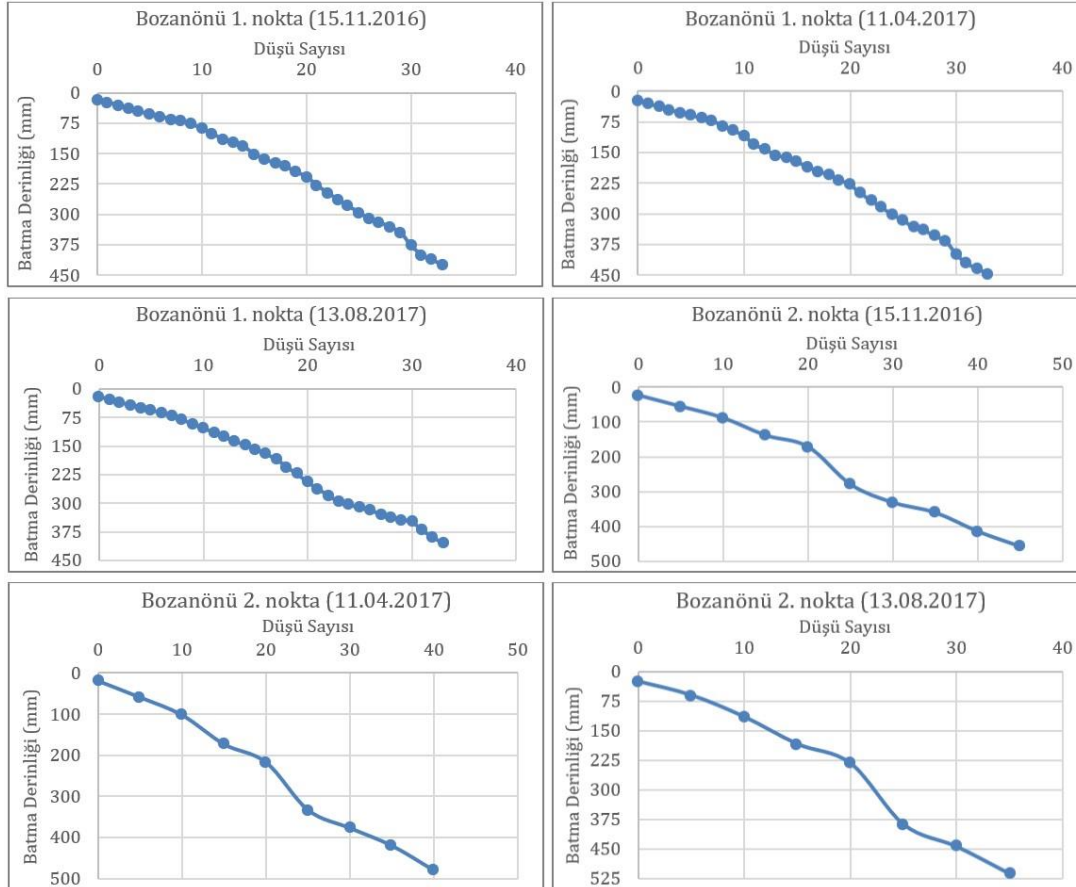
Burada; E_{FWD} = FWD dinamik modülü, $K= \pi/2$ ve 2, sırasıyla rijit ve esnek kaplamalar için, δ_c = Merkez deformasyonu, P = Uygulanan gerilmeyi, r = Plakanın yarıçapını (300 mm) ifade etmektedir.

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Bu bölümde, Isparta çevresindeki bazı sathi kaplamalı yolların belirli kesimlerinde alınan ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Isparta Merkez ve Gönen ilçeleri kapsamındaki köy yollarını oluşturan sathi kaplamalı yolların tabakalarının dayanımları ve yapısal durumlarının belirlenmesi için kaplama üzerinde sırasıyla DCP ve LWD tahribatsız deneyleri gerçekleştirilmiş, deneylerden elde edilen sonuçlara bu bölümde yer verilmiştir. Çoğunlukla trafik ya da mevsimsel etkilerden dolayı beklenenden daha erken dönemlerde bozulmaların meydana gelmesine müsait olması nedeniyle sathi kaplamalı yollarda, yapısal durumun değerlendirilmesi önem taşır. Çünkü sathi kaplama altında yer alan tabakaların rijitlik modülleri kaplama tabakasında oluşan bozulmalar üzerinde oldukça etkilidir (Bahia vd., 2008). Çalışmada, belirlenen üç farklı güzergahta, yukarıda anlatılan yöntemlere göre sathi kaplamalı yolların yapısal durumları tespit edilmiştir. Arazi ölçüm yapılacak noktaların seçiminde, yol uzunlukları etkili olmuştur; toplam yol uzunluklarının eşit aralıklara bölünmesiyle ölçümlerin alınacağı kesimler belirlenmiştir.

3.1. Bozanönü Köy Yolunda Yapılan DCP Deney Sonuçları (DCP Test Results On Bozanönü Village Road)

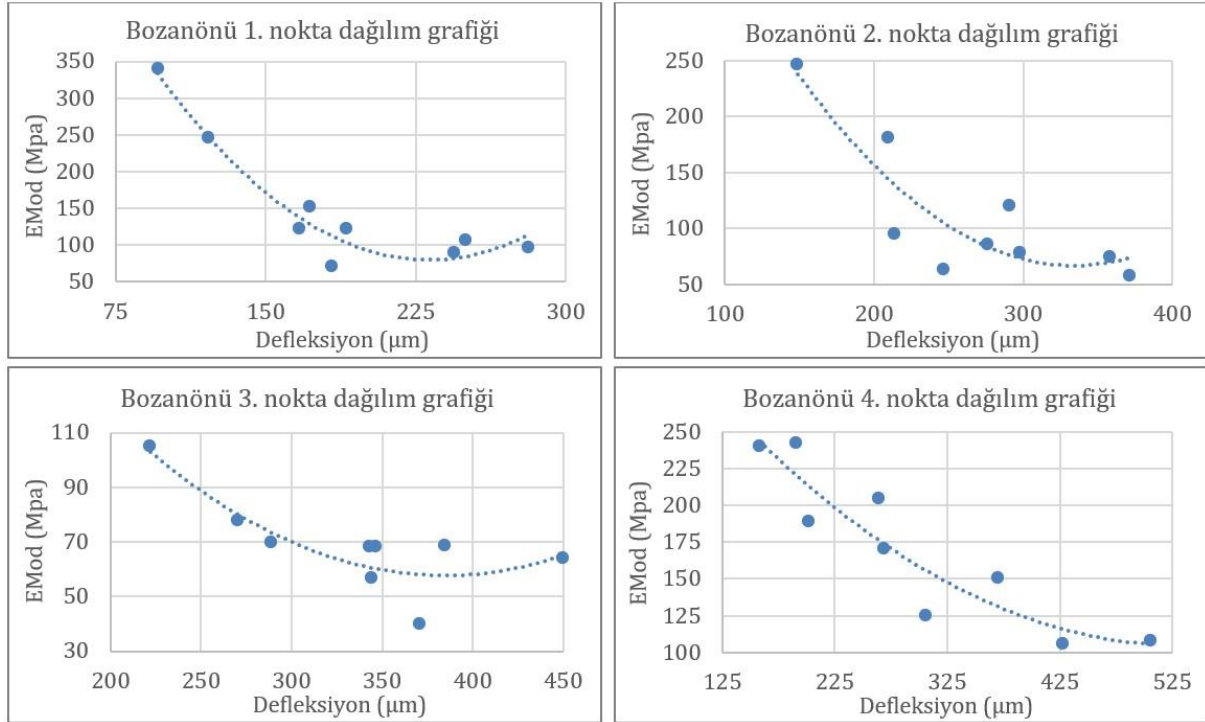
Bozanönü köy yolunda üç farklı tarihte ve farklı noktalarda yapılan DCP deneyleri sonucunda elde edilen batma derinliği değerleri, Şekil 5'te verilmiştir. Bozanönü köy yolu için birinci noktada 0 – 33 düşü sayısına kadar, ikinci noktada 0 – 45 düşü sayısına kadar batma derinliği ölçümü alınmıştır. Grafiklerden de görülebileceği gibi birinci noktada her düşü için batma derinliği değeri verilirken, ikinci nokta için her 5 düşüde bir batma derinliği değeri verilmiştir. Bunun nedeni, peş peşe gerçekleştirilen düşüler arasında belirgin bir batma derinliği farkının görülememesidir. Batma derinliğinin en yüksek değeri, ikinci noktada 513 mm olarak elde edilmişken, en düşük değeri birinci noktada 405 mm olarak belirlenmiştir. DCP deney aleti ile hem tabaka derinlik bilgilerine ulaşılmış hem de tabakaların mevsimsel olarak sertlikleri gözlemlenmiştir. Taşların bulunduğu bölgelere denk geldiği belirlenen bazı derinliklerde uyumsuz sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5. Bozanönü köy yolu için DCP deney sonuçları (DCP test results for Bozanönü village road)

3.2. Bozanönü Köy Yolunda Yapılan LWD Deney Sonuçları (LWD Test Results On Bozanönü Village Road)

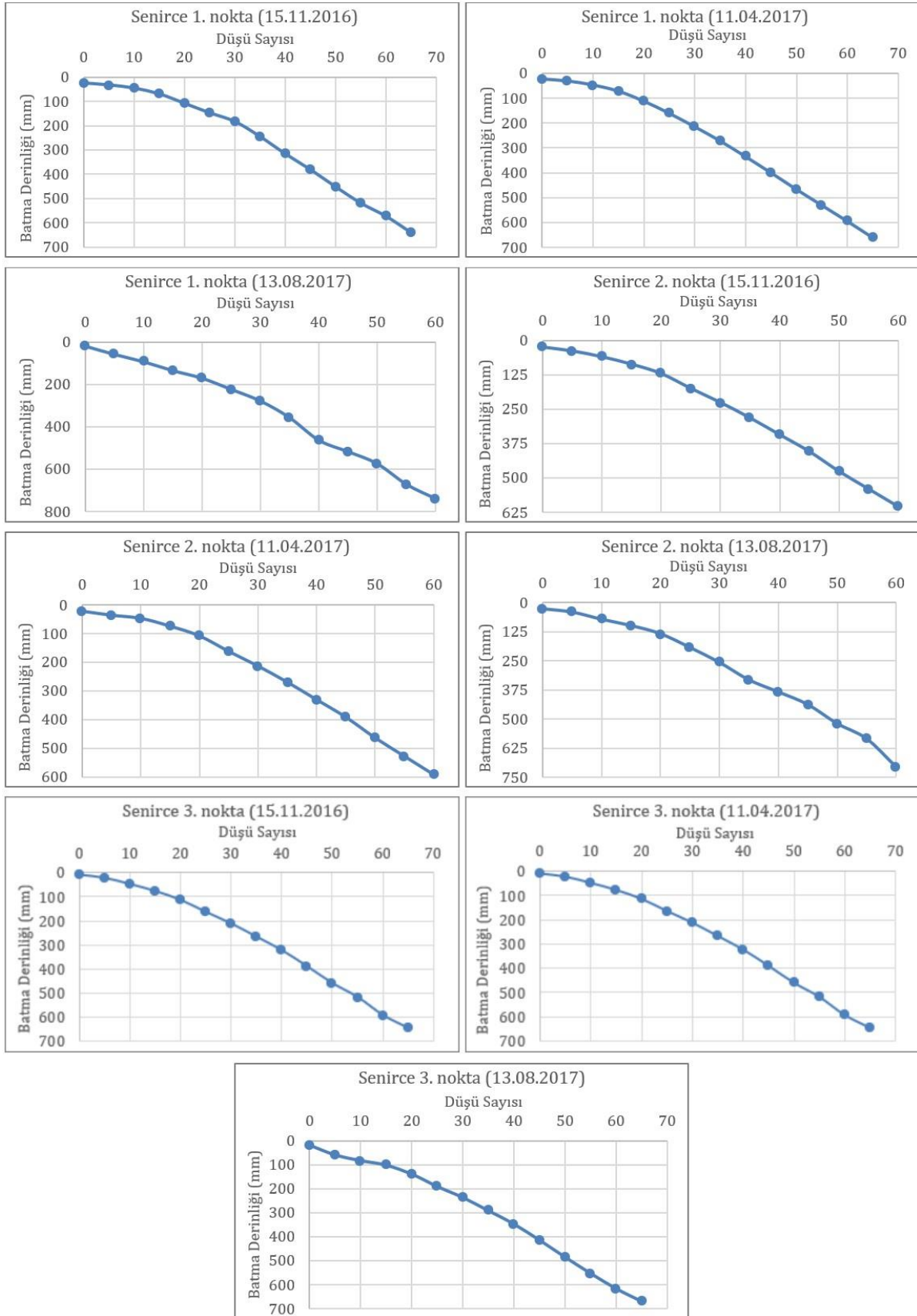
Bozanönü köy yolu için, üç farklı tarihte, dört farklı noktada ve üç farklı yükseklikten düşü yapılarak gerçekleştirilen LWD deneyi sonuçlarına göre çizilen arazi ortamındaki EMod - Defleksiyon dağılımı grafikleri Şekil 6'da görülmektedir. Bozanönü köy yolunda yapılan LWD ölçümlerinden, elastisite modülünün zaman geçtikçe düştüğü anlaşılmaktadır. Bu duruma, mevsimsel şartların ve yolda meydana gelen bozulmaların neden olduğu düşünülmektedir. Bazı mevsimlerde farklı sonuçların elde edilmiş olması, mevsimsel olarak su muhtevasında gerçekleşen değişimlere bağlanabilir.



Şekil 6. Bozanönü köy yolu için LWD deney sonuçları (LWD test results for Bozanönü village road)

3.3. Senirce Köy Yolunda Yapılan DCP Deney Sonuçları (DCP Experiment Results On Senirce Village Road)

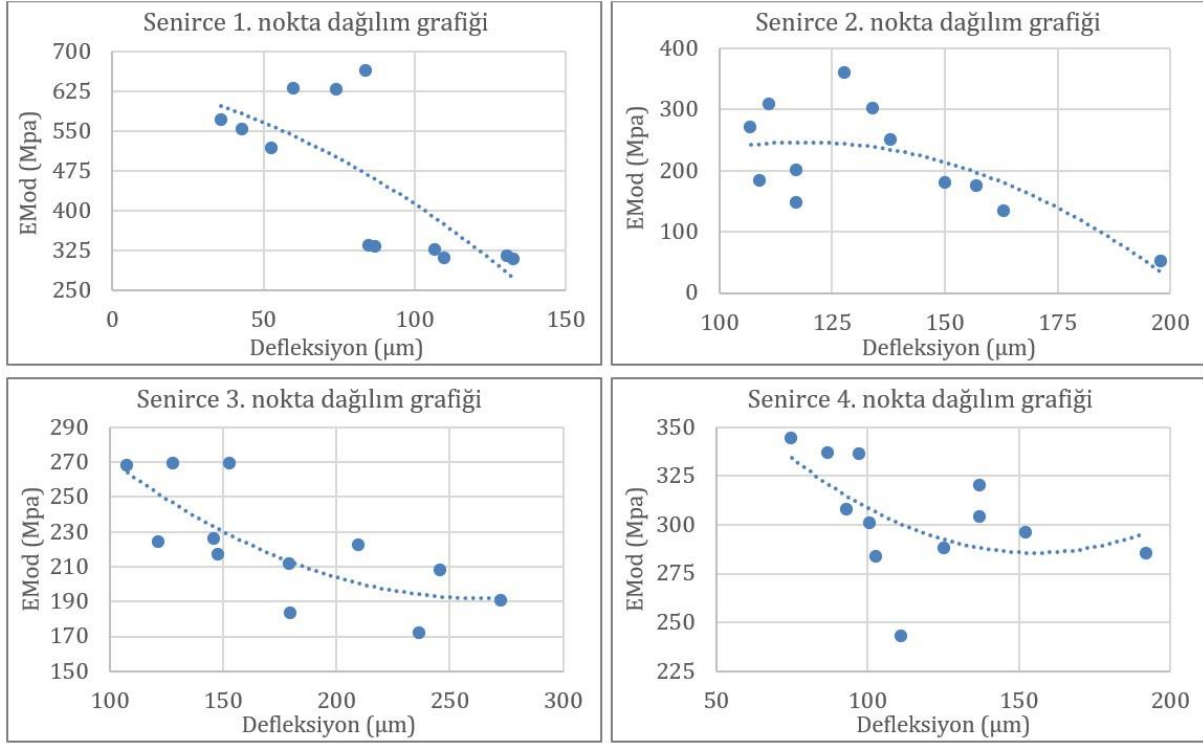
Senirce köy yolunda üç farklı tarihte ve noktada yapılan DCP deneyleri sonucunda elde edilen batma derinliği değerleri, Şekil 7'de verilmiştir. Senirce köy yolu için birinci ve üçüncü noktada 0 - 65 düşü sayısına kadar, ikinci noktada 0 - 60 düşü sayısına kadar batma derinliği ölçümü alınmıştır. Grafiklerden de görülebileceği gibi ölçüm alınan tüm noktalar için her 5 düşüde bir batma derinliği değeri verilmiştir. Bunun nedeni, peş peşe gerçekleştirilen düşüler arasında belirgin bir batma derinliği farkının görülememesidir. Batma derinliğinin en yüksek değeri, ikinci noktada 741 mm olarak elde edilirken, en düşük değeri birinci noktada 592 mm olarak belirlenmiştir. DCP deney aleti ile Senirce köy yolu için hem tabaka derinlik bilgilerine ulaşılmış hem de tabakaların mevsimsel olarak sertlikleri gözlemlenmiştir. Bu yol üzerinde de taşların bulunduğu bölgelere denk geldiği belirlenen bazı derinliklerde uyumsuz sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 7. Senirce köy yolu için DCP deney sonuçları (DCP test results for Senirce village road)

3.4. Senirce Köy Yolunda Yapılan LWD Denei Sonuçları (LWD Experiment Results On Senirce Village Road)

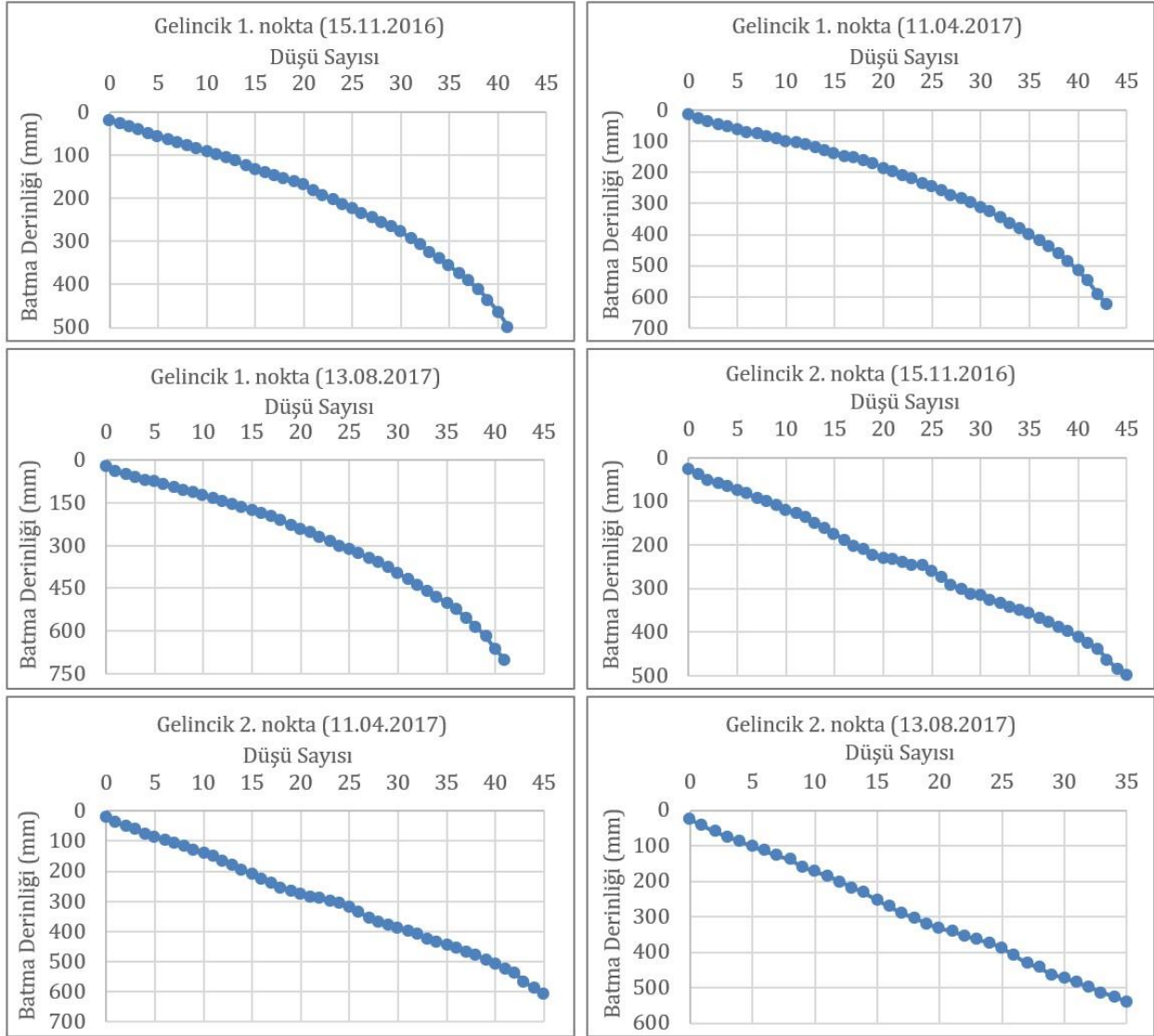
Senirce köy yolu için, 2016 – 2019 yılları aralığına rastlayan dört farklı tarihte, dört farklı noktadan ve üç farklı yükseklikten düşü yapılarak gerçekleştirilen LWD deneyi sonuçlarına göre çizilen arazi ortamındaki EMod – Defleksiyon dağılımı grafikleri Şekil 8’de görülmektedir. Bozanönü köy yolunda olduğu gibi, Senirce köy yolunda yapılan LWD ölçümlerinde de elastisite modülünün zamanla düştüğu görülmektedir.



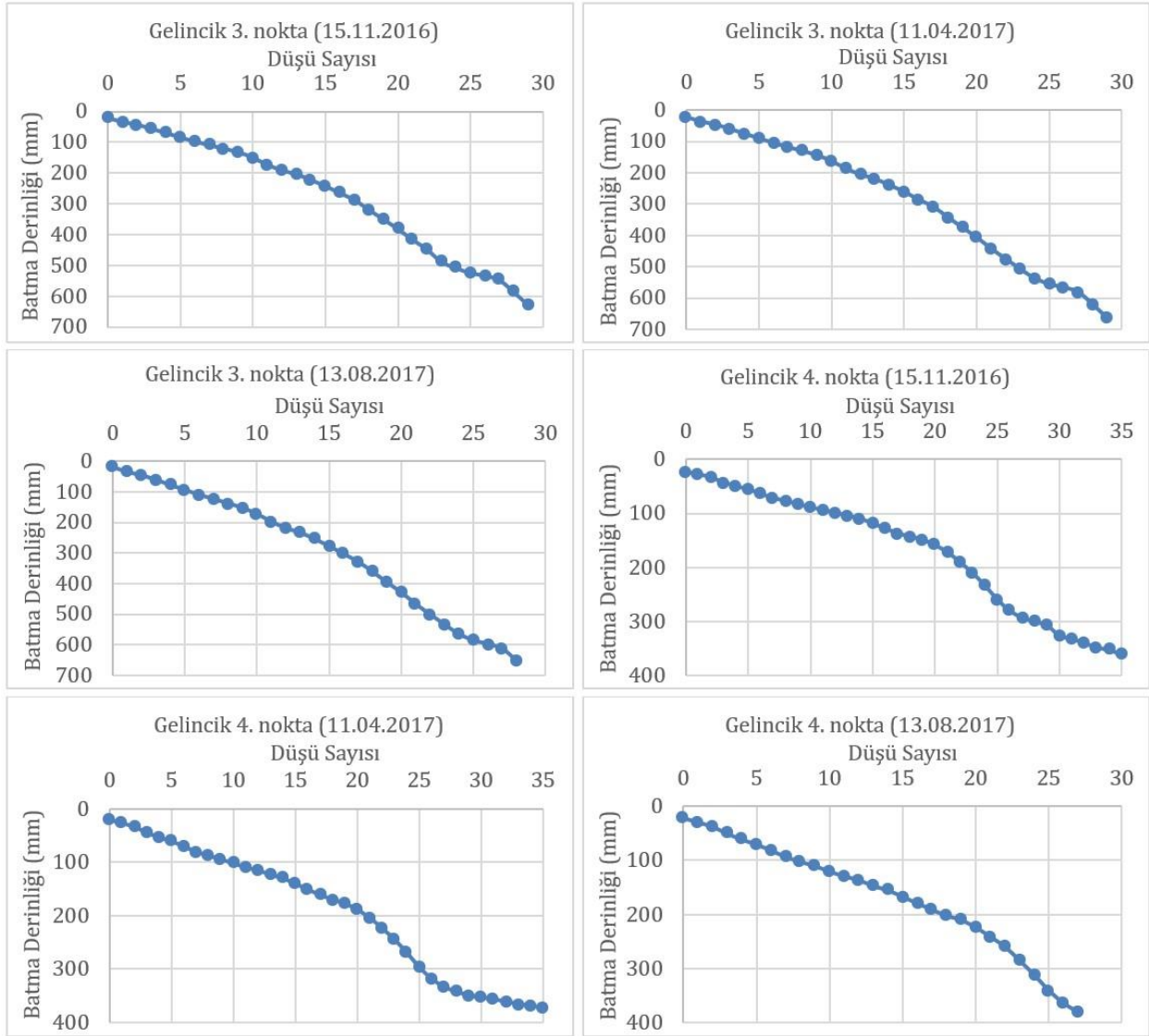
Şekil 8. Senirce köy yolu için LWD deney sonuçları (LWD test results for Senirce village road)

3.5. Gelincik Köy Yolunda Yapılan DCP Denei Sonuçları (DCP Test Results On Gelincik Village Road)

Gelincik köy yolunda üç farklı tarihte ve dört farklı noktada yapılan DCP deneyleri sonucunda elde edilen batma derinliği değerleri, birinci ve ikinci noktalar için Şekil 9’da, üçüncü ve dördüncü noktalar için ise Şekil 10’da verilmiştir. Gelincik köy yolu üzerinde belirlenen birinci noktada 0 – 43 düşü sayısına kadar, ikinci noktada 0 – 46 düşü sayısına kadar, üçüncü noktada 0 – 29 düşü sayısına kadar, dördüncü noktada ise 0 – 35 düşü sayısına kadar batma derinliği ölçümü alınmıştır. Batma derinliğinin en yüksek değeri, birinci noktada 701 mm olarak elde edilirken, en düşük değer dördüncü noktada 361 mm olarak belirlenmiştir. DCP deney aleti ile Gelincik köy yolu için hem tabaka derinlik bilgilerine ulaşılmış hem de tabakaların mevsimsel olarak sertlikleri gözlemlenmiştir. Bu yol üzerinde de taşların bulunduğu bölgelere denk geldiği belirlenen bazı derinliklerde uyumsuz sonuçlar elde edilmiştir.



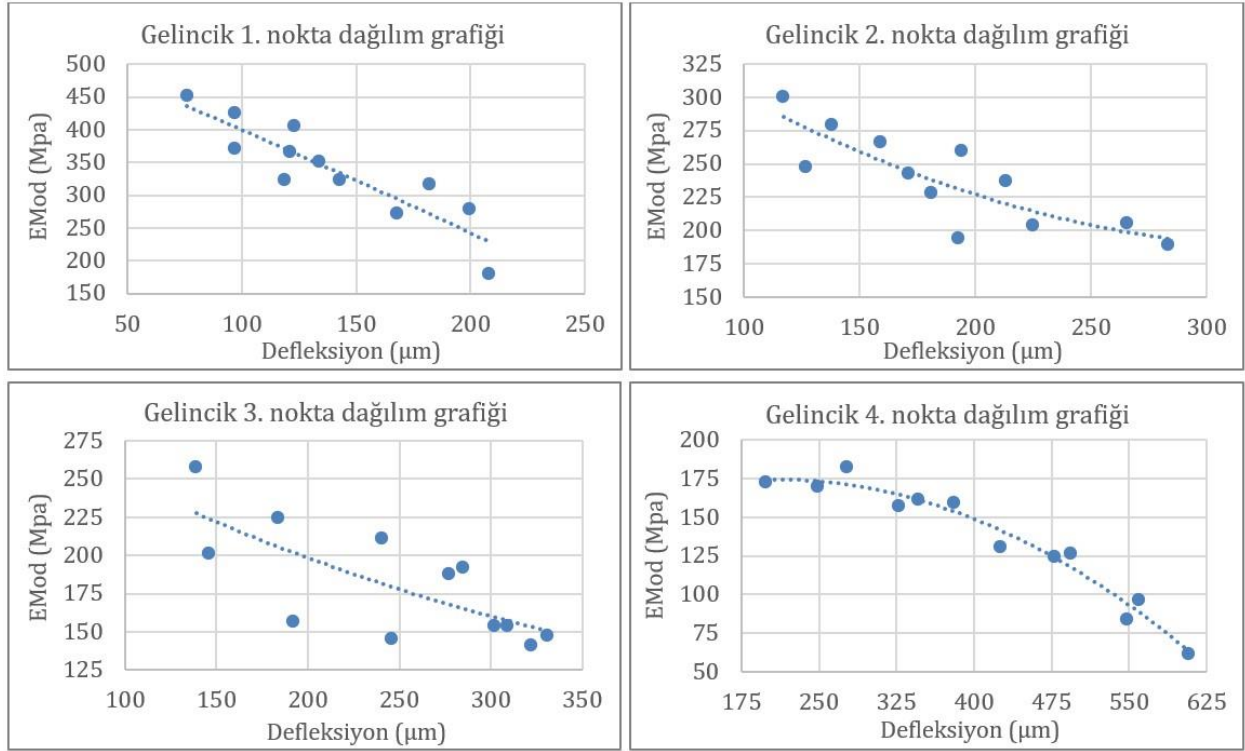
Şekil 9. Gelincik köy yolu 1. ve 2. noktaları için DCP deney sonuçları (DCP test results for 1st and 2nd points of Gelincik village road)



Şekil 10. Gelincik köy yolu 3. ve 4. noktaları için DCP deney sonuçları (DCP test results for 3rd and 4th points of Gelincik village road)

3.6. Gelincik Köy Yolunda Yapılan LWD Deney Sonuçları (LWD Test Results On Gelincik Village Road)

Gelincik köy yolu için de 2016 - 2019 yılları aralığına rastlayan dört farklı tarihte, dört farklı noktadan ve üç farklı yükseklikten düşü yapılarak gerçekleştirilen LWD deneyi sonuçlarına göre çizilen arazi ortamındaki EMod - Defleksiyon dağılımı grafikleri Şekil 11'de görülmektedir. Diğer iki köy yolunda olduğu gibi, Gelincik köy yolundan da elde edilen LWD ölçümlerinde elastisite modülü zamana bağlı olarak düşmektedir.



Şekil 11. Gelincik köy yolu için LWD deney sonuçları (LWD test results for Gelincik village road)

Tüm deneylerden elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- ✓ Isparta çevresindeki bazı kırsal yolların belirli kesimlerinde DCP ve LWD deneyleri gerçekleştirilerek alınan ölçümlerden elde edilen verilerle sathi kaplamalı yolların tabakalarının dayanımları ve yapısal durumları değerlendirilmiştir.
- ✓ DCP deney aleti kullanılarak arazide yapılan ölçümler sonucu, tabaka dayanımları hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Bazı derinliklerde elde edilen uyumsuz DCP sonuçlarının da taşların olduğu bölgelere rastlayan düşülerden ileri geldiği belirlenmiştir.
- ✓ LWD deney aleti kullanılarak arazide farklı mevsim ve hava koşullarında, farklı noktalarda, farklı yüksekliklerden düşü yapılarak ham veriler alınmıştır. Ham veriler LWDMOD programı ile analiz edilerek düşü yapılan noktalardaki defleksiyon ve elastisite modülü değerleri bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre defleksiyon değerlerinde artış, elastisite modülü değerlerinde düşüş saptanmıştır. Elastisite modülündeki düşüşün esnekliği artırdığı, buna bağlı olarak incelenen yollarda kalıcı şekil değiştirmelerin meydana geldiği yorumu yapılmıştır.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Çalışma kapsamında, belirlenen sathi kaplamalı kırsal yolların tabakalarının dayanımları ve yapısal durumlarını görmek için tahribatsız deneyler yapılmıştır. DCP ve LWD deneyleri sathi kaplamalarda etkin şekilde kullanılabilir. Deneylerden elde edilen veriler birbirleriyle karşılaştırılarak sathi kaplamalar hakkında ulaşılabilecek bilgiler değerlendirilmiş, deney sonuçlarının birbirini desteklemesine dayanılarak edinilen bilgilerin doğruluğuna kanaat getirilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen tüm yollar karşılaştırıldığında, Gelincik köy yolunda meydana gelen kalıcı şekil değiştirmelerin, Bozanönü ve Senirce köy yollarına göre daha yoğun olduğu görülmüştür. Bu durumun ana nedeni ise incelenen diğer iki yola göre Gelincik köy yolunu kullanan araç trafiğinin fazla olmasıdır. Bu çalışma, DCP ve LWD yöntemlerinin sathi kaplamalar için yapılacak değerlendirmelerde kullanımı ile elde edilecek bilgilerin doğru olacağını ortaya koyarak literatüre katkı sağlamaktadır. Çalışma, sathi kaplamaların yapısal durumunun analizi adına yol gösterici niteliktedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 4807-YL1-16 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Destekleri için teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Adams, J.M., Richard Kim, Y., 2014. Mean Profile Depth Analysis of Field and Laboratory Traffic-Loaded Chip Seal Surface Treatments. *International Journal of Pavement Engineering*, 15, 645-656.
- Bahia, H., Jenkins, K., Hanz, A., 2008. Performance Grading of Bitumen Emulsions for Sprayed Seals. 1st Sprayed Sealing Conference.
- Baiz, S., 2007. Using Road Weather Information Systems (RWIS) to Optimize the Scheduling of Load Restrictions on Northern Ontario's Low-Volume Highways. Yüksek Lisans Tezi. Waterloo Üniversitesi, Canada.
- Ese, D., Myre, J., Noss, P.M., Vaernes, E., 1994. The Use of Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for Road Strengthening Design in Norway. *International Conference on Bearing Capacity of Road and Airfield*, 3-22.
- Gürer C., Çetin S., Karaşahin M., Akbulut H., 2011. Bir Sathi Kaplamalı Yol Üst Yapısının Taşıma Gücü Değişimlerinin Prima 100 ve Dynatest 3031 Hafif Düşen Ağırlık Deformasyon Ölçer Cihazları ile İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1-12.
- Karavaşahin M., Ağar E., 2004. Sathi Kaplamalar Üzerine Bir Değerlendirme. 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu, 131-140.
- Karavaşahin M., Gürer C., Sathi Kaplamalarının Performansına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi Ve Bir Performans Modeli Geliştirilmesi. *Karayolları Genel Müdürlüğüne Verilmiş Brifing Notları*.
- Kleyn, E.G., 1975. The Use of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Transvaal Roads Department, Rep. No. 2/74, South Africa.
- Nageshwar R., Varghese G., Shivashankar R., 2008. PFWD, CBR and DCP Evaluation of Lateritic Subgrades of Dakshina Kannada, India. *12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)*, Goa, 4417-4423.
- Nazzal, M., 2003. Field Evaluation of in situ Test Technology for QC/QA Procedures during Construction of Pavement Layers and Embankments. Yüksek Lisans Tezi. Louisiana State Üniversitesi, Baton Rouge.
- Pratico F.G., Vaiana R., Iuele T., 2015. Macrotecture Modeling and Experimental Validation for Pavement Surface Treatments. *Construction and Building Materials*, 95, 658-666.
- Uz, V.E., Gökalp, İ., 2017. Farklı Tür Agregalarla Üretilen Yüzeysel Kaplamaların Kayma Direnci Performanslarının İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1), 109-120.
- Vonk, W., Korenstra, J., 2004. Geliştirilmiş Sathi Kaplamalar için SBS Modifiye Bitüm Emülsiyonu. 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 106-116.