

Zemin Mekanik ve Temel Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, 1994, ODTÜ, Ankara.

OTURMA KOLONU İLE ALETSEL GÖZLEM YAPILMASI ÜZERİNE BİR VAKA ANALİZİ

Prof.Dr. Turan DURGUNOĞLU, Boğaziçi Üniversitesi

İnş.Yük.Müh. Selim İKİZ, ZETAŞ

İnş.Yük.Müh. Fatih KULAÇ, ZETAŞ

İnş.Yük.Müh. Turhan KARADAYILAR, ZETAŞ

ÖZET

Otoyol dolguları ve baraj gövdelerinde yapılan oturma ölçümlerinde oturma kolonu adı verilen düşey tüplerin kullanılması yeni yeni yaygınlaşan bir uygulamadır. Bu alet sayesinde hem dolgularda hem de bunun altındaki doğal zeminde değişik derinliklerde bir referans kotuna göre oturmaları ölçmek mümkün olmaktadır.

Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Otoyolu'nun oturmalar bakımından kritik olan bazı kesimlerinde oturma kolonları kullanılarak hem zaman hem de maliyet yönünden faydalar sağlanmıştır. Otoyolun bu gibi kesimlerinde yer alan sanat yapıları ve bunların yaklaşım dolgularında oluşacak zamana bağlı konsolidasyon oturmalarının yapı inşaa edilmeden hızla tamamlanmasını sağlamak ve yapı kazıklı temellerinde oluşacak negatif çeper sürtünmelerini azaltarak veya ortadan kaldırarak daha ekonomik bir proje uygulanmasını mümkün kılmak amacıyla kum drenler ve geçici yükleme dolguları inşa edilmiştir. Bu dolgular altında hesaplanan bekleme sürelerini arazideki oturma kolonu gözlemleriyle birebir karşılaştırarak daha etkin ve gerçekçi dolayısıyla da ekonomik bir iş planlaması yapılması sağlanmış, sözü edilen bekleme süreleri minimize edilmiştir.

SUMMARY

The use of so-called settlement column as a monitoring instrument has recently been a commonly used application in observation of settlement in motorways and dam structures. It makes possible to measure the settlement in different depths in both natural soil and embankment fill with regard to a certain benchmark.

The use of settlement columns have introduced many benefits in time and costs in some sections which are critical for the problem of settlement in Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Motorway. In such sections, sand drains and temporary fills have been used to increase the time rate of consolidation which occurred in foundation soil of structures and approach fills. This rapid completion of the consolidation settlement before the construction of foundations has made possible to ignore the negative skin friction in pile design and consequently brought cost reductions. The use of settlement columns have made possible to make a more economical and more realistic work schedule and has minimized the waiting periods.

1. GİRİŞ

Bu çalışma kapsamında, inşaatı kısmen tamamlanmış, kısmen devam etmekte olan Tarsus-Pozantı Ayrımı - Adana - Toprakkale - Gaziantep (TAG) Otoyolu Projesi bünyesinde yürütülen aletsel gözlem çalışmalarından bir örnek, vaka analizi olarak incelenmiştir.

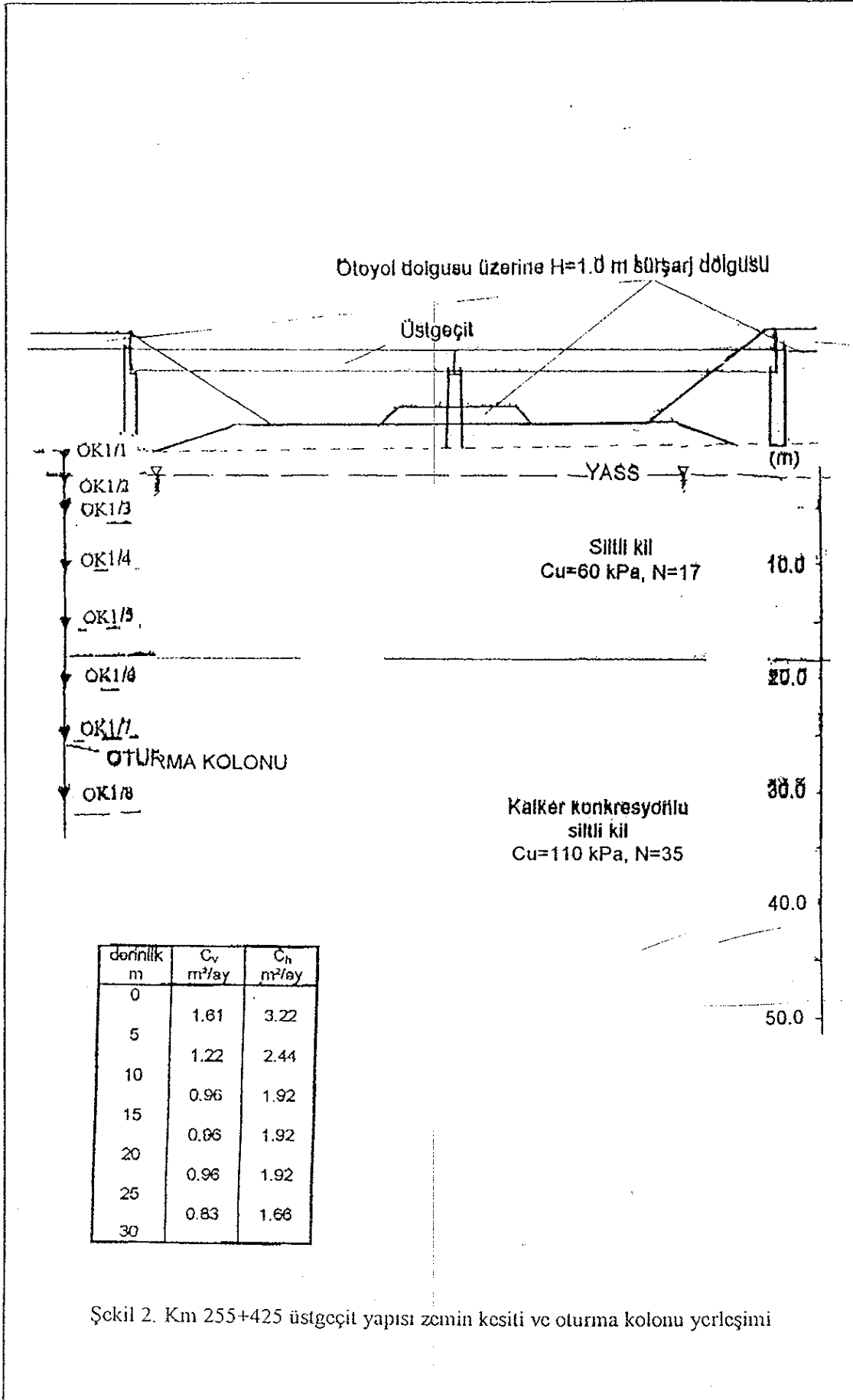
Otoyol yapım programlarına uyulabilmesi ve aynı zamanda inşaatın yeterli güvenlikle yürütülebilmesi için, özellikle zayıf taban zemini ve zamana bağlı önemli oturmaların olduğu kesimler, özel çözümlerin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Oluşturulan çözümlerin optimizasyonunda aletsel gözlemler büyük önem taşımaktadır. Bu tür aletsel gözlemler ile inşa programlamalarının daha sağlıklı yapılabilmesi zaman ve dolayısıyla maliyetler açısından ekonomi sağlamaktadır.

TAG Otoyolu bünyesinde Km 252+200 ile Km 259+500 arasında yer alan üç adet üstgeçit ve bir adet altgeçit ve bu altgeçitin yaklaşım dolgularında yapılan uygulamalar bu çalışma kapsamında sunulmuştur.

2. ZEMİN KOŞULLARI VE PROJE

Aletsel gözlem yapılan büyük sanat yapıları ve yaklaşım dolguları TAG Otoyolunun Km 252+200 - Km 259+500 arasındaki "Evri bataklığı" adı verilen kesimde yer almaktadır. Bu kesimde taban zemini üstte siltli kil tabakası, sonra kalker konkresyonlu katı-çok katı kil tabakalarından oluşmaktadır. Yeraltısuyuna doğal zemin yüzeyinden itibaren ortalama 4.0 m derinlikte rastlanmıştır. Bu çalışmada örnek olarak alınan Km 255+425 üstgeçit yapısı planı Şekil 1'de, bu yapı yerindeki geoteknik profil ise Şekil 2'de sunulmaktadır. Bu zemin koşullarında ve sözkonusu büyük sanat yapılarının özellikleri dikkate alındığında kazıklı temel uygulaması öngörülmüştür. Temel zemininde farklı kalınlıktaki ve sıkışabilir nitelikte kil tabakalarının varlığı ciddi oturma problemlerine işaret etmektedir.

Km 255+425 yapısı yerindeki zemin koşulları gözönüne alınarak ve laboratuvarında ölçülen geoteknik parametreler kullanılarak H=9.0 m yüksekliğinde üstgeçit yaklaşım dolgusu altında kenar ayak çevresinde 39cm mertebesinde konsolidasyon oturması hesaplanmıştır.



Şekil 2. Km 255+425 üstgeçit yapısı zemin kesiti ve oturma kolonu yerleşimi

Kazık taşıma kapasitesi hesaplarının yapının uzun konsolidasyon sürecinde inşa edileceği ve konsolide olan üst siltli kil seviyesinin kazık çeperlerinde negatif çeper sürtünmesine yol açacağı hususu dikkate alınarak yapılması gerekmiştir. Ancak zemin ıslahı yoluna gidilmesiyle negatif çeper sürtünmelerinin ortaya çıkmasına mani olunarak daha ekonomik bir kazık projesi uygulanmasının mümkün olacağı ortaya çıkmıştır. Bu amaçla $d_e=50.0\text{cm}$ çapında $s=5.0\text{m}$ aralıklı $L=28.0\text{m}$ boyunda kum drenler (Şekil 1) önerilerek 15 aylık bekleme süresi içinde 9m'lik dolgu altında oturmanın %96'sının gerçekleşeceği hesaplanmıştır. Ancak negatif çeper sürtünmesinin takriben 1.5cm'lik (0.6 inç) bir oturma ile bile tamamen mobilize olacağı dikkate alınarak hesaplanan oturmanın 1.0m ek sürşarj uygulanması sonucunda tamamının kazık imalatına geçilmeden gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Bu durumda $H=10.0\text{m}$ dolgu altında gerçekleşecek toplam oturma $s_{\text{ult}}=43\text{cm}$ olarak hesaplanmıştır. Bu şekilde sürşarj yükü altında bekleme süresi zarfında meydana gelecek 41cm oturma ile asıl dolgu yüksekliği olan $H=9.0\text{m}$ altında gerçekleşmesi beklenen 39cm'lik oturmanın tamamının gerçekleşmesi sağlanmış olacaktır. Ayrıca gerçekleşecek konsolidasyon sonucu ortaya çıkan zemin ıslahı dolayısıyla taban zemininin drenejsiz kayma mukavemetinin de artacağı kazık kapasitesi hesabında dikkate alınmıştır.

Otoyolun bu kesimindeki Tablo 1'de verilen büyük sanat yapıları ve yaklaşım dolgularında yukarıda sözü edilen yaklaşımla benzer hesaplamalar yapılmış ve her yapı yeri için değişen zemin şartları ve üstyapı yüklerine göre ayrı konfigürasyonlarda kum dren uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. TAG Otoyolu Km 252+200 - 259+500 Kum Dren ve Aletsel Gözlem İstasyonları.

İstasyon adı	Km	Yapı	Kum dren
ST1	255+425	üstgeçit	$L=28.0\text{m}$, $d_e=50\text{cm}$
ST2	257+103	üstgeçit	$L=28.0\text{m}$, $d_e=50\text{cm}$
ST3	258+570	üstgeçit	$L=28.0\text{m}$, $d_e=50\text{cm}$
ST4	259+120	yaklaşım	$L=15.0\text{m}$, $d_e=30\text{cm}$
ST5	259+260	altgeçit	$L=30.0\text{m}$, $d_e=50\text{cm}$
ST6	259+350	yaklaşım	$L=20.0\text{m}$, $d_e=30\text{cm}$

Ancak zemin laboratuvarı sonuçlarından alınan verilere göre yapılan hesaplamalar sonucu öngörülen bekleme sürelerinin ve oturma miktarlarının yerinde tahkiki ve konsolidasyonun beklenenden daha hızlı gerçekleşmesi halinde bekleme sürelerinin daha kısaltılabilmesi, daha yavaş gerçekleşmesi halinde ek sürşarj yükleri uygulayarak iş programında öngörülen sürenin sağlanması için oturma kolonu ile gözlem yapılması ve böylece gerçekleşen oturmaların zaman içinde gelişiminin belirlenmesi bu projenin bir parçası haline gelmiştir.

3. ALETSEL GÖZLEM VE EKİPMAN

Otoyolun bu kesiminde konsolidasyon oturmalarını gözlemek için oturma kolonları kullanılmıştır. Oturma kolonları ile hem dolguda hem de bunun altındaki doğal zeminde değişik derinliklerde bir referans kotuna göre zaman bağı konsolidasyon oturmalarını milimetre hassasiyetinde ölçmek mümkün olmaktadır.

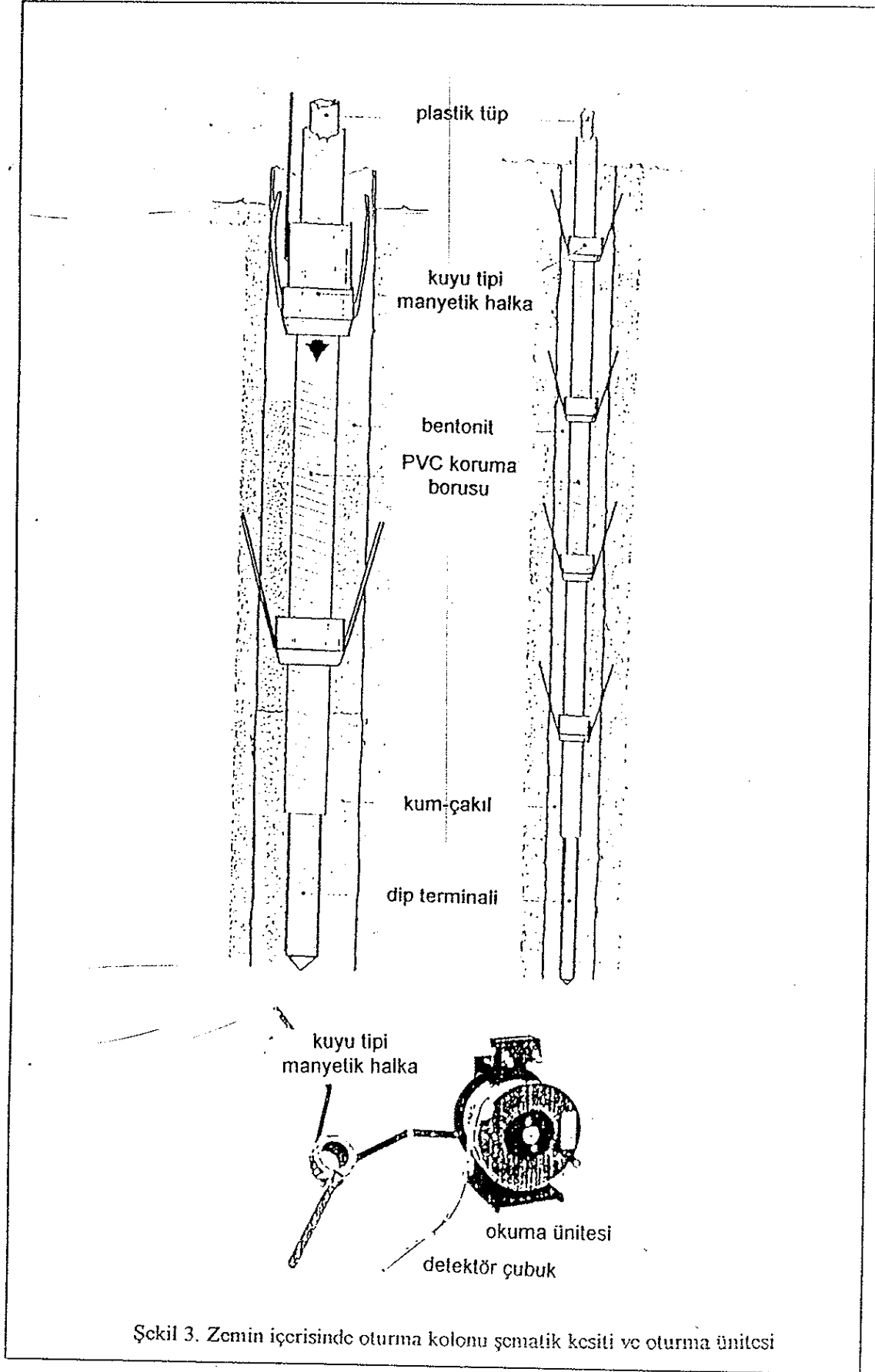
Sistem bir kolon düzeneği, gerekli sayıda manyetik halka ve bir okuma ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 3). Kolon düzeneği uçları dışı 1.5m veya 3.0m'lik borular halinde birbirine eklenen katı plastik tüp, PVC'den mamül dış koruma borusu, sağlam zemine ankraji sağlayan dip terminali ve en üstte yeralan üst başlıktan oluşmaktadır. İki çeşit manyetik halka kullanılmaktadır; kuyu tipi manyetik halka sondaj kuyusuna yerleştirilmek üzere özel şekillendirilmiş çelik yaylara sahiptir. Dolgu tipi olan ikincisi ise dolgunun inşası sırasında yerleştirilmek üzere plaka üzerine monte edilmiştir.

Oturma kolonun yerleştirilmesi için zeminde takriben 15cm çapında bir kuyu açılır. Kolonun ucu kuyunun dibinde oturmadan etkilenmeyen sağlam zeminde ankrajlandıktan sonra, yine sondaj makinası ile manyetik halkalar projede belirlenmiş derinliklere yerleştirilir. Dolgu tipi manyetik halka ise dolgu çalışmaları ilerledikçe kademe kademe yerleştirilebilir. Bu işlem sırasında kolon da yeni borular eklenerek uzatılır. Dolgunun tamamlanmasından sonra üst başlık takılır. Yerleştirme işlemi tamamlanmış bir dolgu üzerinde de yapılabilir.

Okuma ünitesi bir detektör çubuk ve milimetrik olarak işaretlenmiş olan 50m veya 100m uzunluktaki çelik metreden oluşmaktadır. Kablonun üzerine sarıldığı ana gövde üzerinde ses sinyali veren pille çalışan bir cihaz vardır. Ölçüm yapılırken okuma ünitesinin detektör çubuğu katı plastik tüpün içine sarkıtılır. Çubuk manyetik halka seviyesine indiğinde okuma ünitesi ana gövdesindeki cihaz ses sinyali verir ve böylece halkaların buldukları derinlikler kolon ucuna göre ölçülür. Hergün veya güneşin alınan okumalarla konsolidasyon oturmalarının ilerleyişi izlenebilmektedir.

4. GÖZLEM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada örnek olarak alınmış olan ve ST1 aletsel gözlem istasyonu olarak adlandırılan TAG Otoyolu Km 255+425 üstgeçit yapısı yerinde, doğal zemin kotuna göre -1.0, -2.5, -5.0, -10.0, -15.0, -20.0, -25.0 ve -30.0m derinliklerde toplam sekiz adet halka ile bir adet oturma kolonu yerleştirilmiştir. Aletlerin 12.05.92 tarihinde



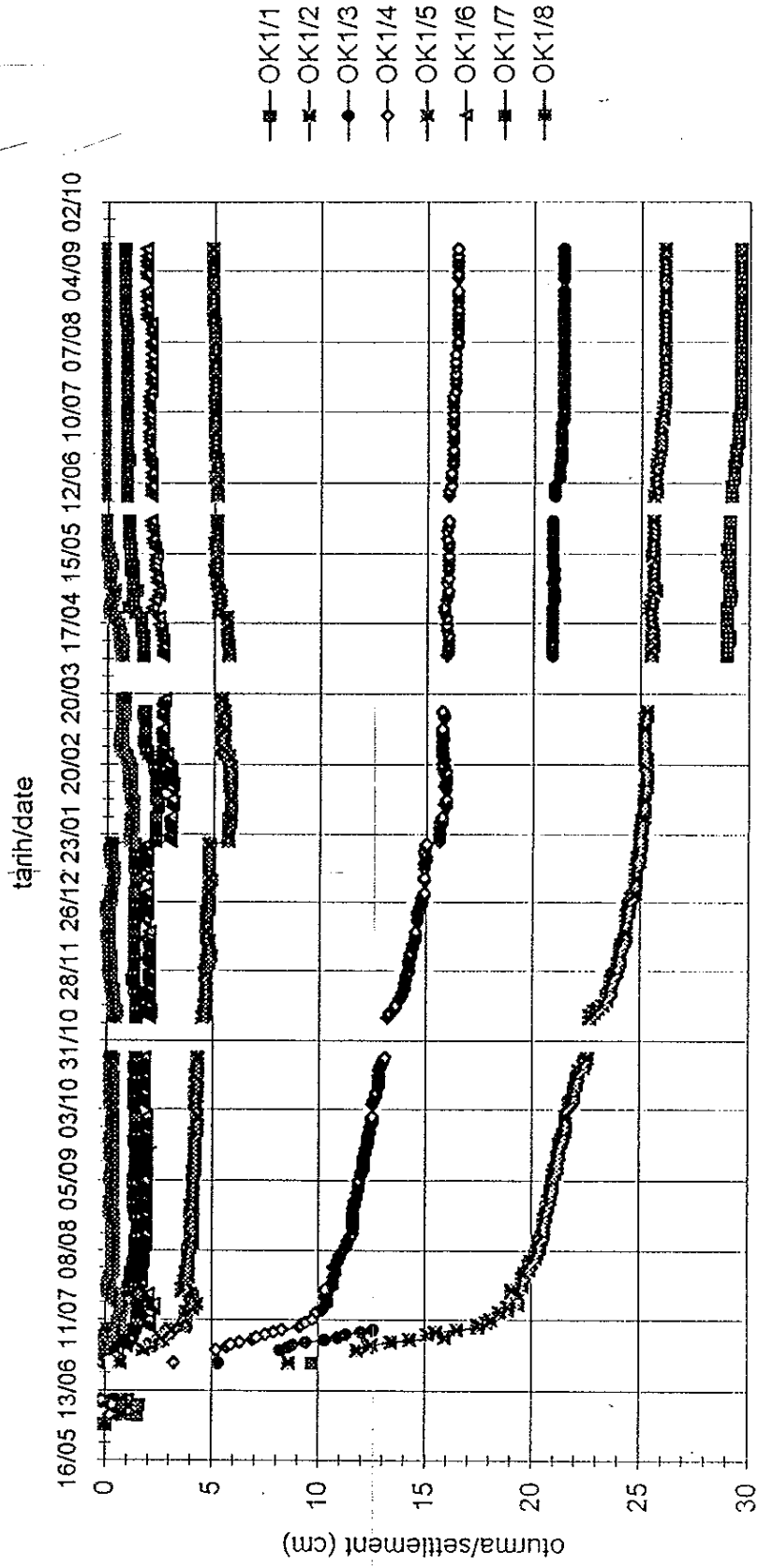
yerleştirilmesinden sonra otoyol yapım programına göre 15/06-30/06 tarihleri arasında sözkonusu yapı yerinde projesine uygun olarak sürşarj yüküyle birlikte kenar ve orta ayak dolguları gerçekteşirilmifştir, Şekil 1.

Dolgunun yapıldığı tarihten itibaren oturmaların ilerleyişi ve konsolidasyonun gerçekteşme yüzdesi araziden alınan oturma verilerinin incelenmesiyle aylık ara raporlar halinde ortaya konmuştur. Sonuçta takriben 13.5 aylık bir bekleme süresi sonucunda yapı yerindeki dolgular altındaki oturmaların beklenenden daha önce son bulduğu belirlenmiştir. Sonuçta Şekil 4'den de görüldüğü gibi oturma, -1.0m kotundaki en üst manyetik halkada 29.6cm olarak gerçekteşmiştir. Oturmanın sona erdiği zaman-oturma grafiğinden başka Asaoka prosedürüne göre de incelenmiştir. Bu yöntemde bir oturma halkasından alınan okumaların bir eksene, aynı okumaların bir ya da iki hafta kaydırılarak diğerk eksene konulması ve grafiğın x=y eksenine yaklaşması ile toplam konsolidasyon oturmasının ne zaman ve ne değerde gerçekteşeceğinin tahminini yapmak mümkün olmaktadır (Şekil 5). Bu şekilde yapılan analiz sonucunda oturmaların Temmuz '93 ortasında sona ermiş olduğı anlaşılmıştır. Böylece sürşarj dolgusu kaldırılarak üst geçit ayak temel kazıklarının imalatına vakit kaybetmeden geçilmesi mümkün olduğı gibi, negatif çeper sürtünmesi ile birlikte hesaplandığında büyük maliyetler getiren kazık proje yüklerinin azaltılmasının bu uygulama ile gerçekteştirilmesi sağlanmıştır.

5. SONUÇ

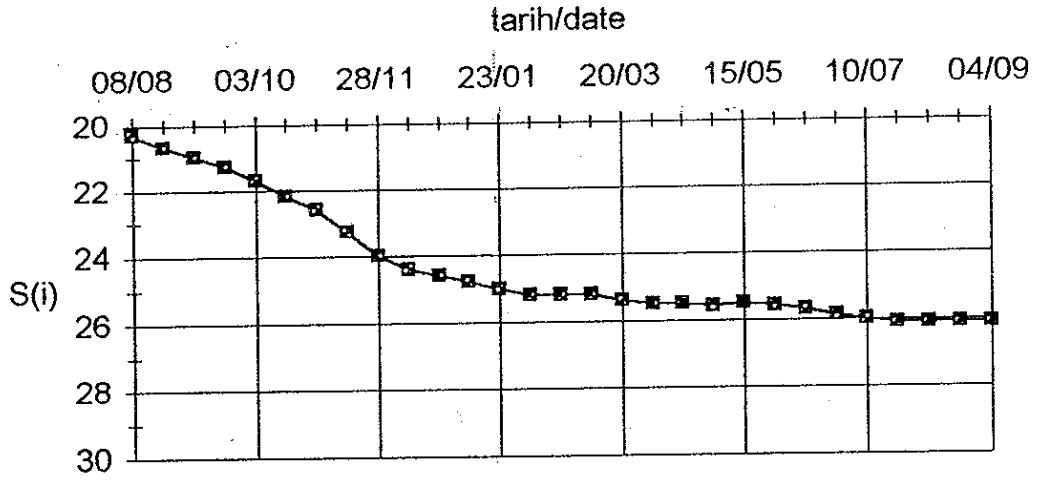
TAG Otoyolunun Km 252+200 - Km 259+500 arasında kalan kesiminde yer alan sanat yapıları ile bunların yaklaşım dolguları için uygulanan zemin ışlahı ile, yapı temellerinin altındaki kil tabakalarında beklenen konsolidasyon oturmalarının hızlandırılması, bu sayede kazıklı temellerin daha ekonomik projelendirilebilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında hızlandırılan konsolidasyon oturmalarının aletsel olarak gözlenmesi incelenmiştir. Bu amaçla kullanılan oturma kolonları bazı yapı yerlerinde oturmaların beklenenden hızlı gerçekteştiğini göstermiş, hem zaman ve de maliyetler açasından tasarruf sağlamıştır.

TAG OTOYOL/MOTORWAY Km 255+425 (ST1) Oturma okumaları/Settlement readings

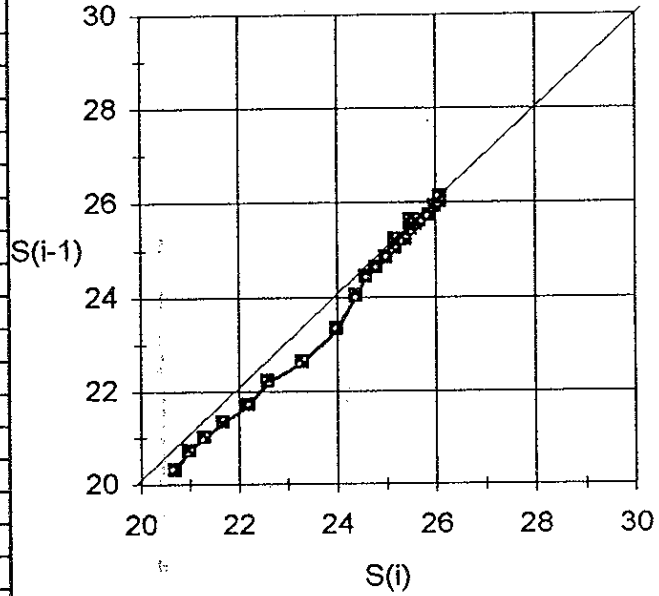


Şekil 4. Km 255+425 Üstgeçit Yapısı Oturma Kolonu Zamana Göre Oturma Grafiği

OK1/2'DE OTURMA/SETTLEMENT OF OK1/2



tarikh date	S(i) (cm)	S(i-1) (cm)
08/08	20.3	
22/08	20.7	20.3
05/09	21.0	20.7
19/09	21.3	21.0
03/10	21.7	21.3
17/10	22.2	21.7
31/10	22.6	22.2
14/11	23.3	22.6
28/11	24.0	23.3
12/12	24.4	24.0
26/12	24.6	24.4
09/01	24.8	24.6
23/01	25.0	24.8
06/02	25.2	25.0
20/02	25.2	25.2
06/03	25.2	25.2
20/03	25.4	25.2
03/04	25.5	25.4
17/04	25.5	25.5
01/05	25.6	25.5
15/05	25.5	25.6
29/05	25.6	25.5
12/06	25.7	25.6
26/06	25.9	25.7
10/07	26.0	25.9
24/07	26.1	26.0
07/08	26.1	26.1
21/08	26.1	26.1
04/09	26.1	26.1
		26.1



Şekil 5. Km 255+425 Üstgeçit Yapısı Aşaoko Prosedürüne Göre Oturma Tahmini

TEŞEKKÜR

Sözkonusu kesime ait geoteknik uygulama projesi çalışmaları Tekfen Mühendislik proje grupları bünyesinde ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş. tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapı yerindeki kum drenler ve kazıklar TREVI grubu tarafından inşa edilmiştir. Makaleye konu olan aletsel gözlemler bünyesindeki piyezometre ve oturma kolonları SIS-GEO, Milano firmasından temin edilmiş ve aletlerin yerleştirilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş. tarafından gerçekleştirilmiştir. Tüm proje çalışmaları boyunca devamlı koordinasyon ve işbirliğini gerçekleştiren, özellikle böyle bir uygulamada önerilen arazi ölçümlerinin gerçekleşmesini temin eden TEKFEN-IMPRESIT O.G. merkez ve şantiye grubu teknik elemanlarına ve kontrollük teşkilatı TEMAT-DAR-DMM O.G.'nin proje grubu teknik elemanlarına teşekkür ederiz.

REFERANSLAR

ASAOKA A., (1978), "Observational Procedure of Settlement Prediction," Soils and Foundation, Vol. 18, 4 Dec. 1978, p.87-101 Japan.

ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş., (1992), "TAG Otoyolu IV. Kesim Km 255+425 Üstgeçit Köprüsü Uygulama Projesi Geoteknik Raporu," Şubat 1992.

ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş., (1992), "TAG Otoyolu IV. Kesim Km 252+200 - Km 259+500 Arası Dolgu İnşası Gözlemleri Teknik Raporu," Ağustos 1992.

ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş., (1992), "TAG Otoyolu IV. Kesim Km 252+200 - Km 259+500 Arası Aletsel Gözlem Değerlendirmeleri ve İmalat Programı Hakkında Öneriler; Haziran-Eylül 1992 Dönemi," Kasım 1992.

ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş., (1992), "TAG Otoyolu IV. Kesim Km 252+200 - Km 259+500 Arası İmalat Programı ve Proje Terminlerinin Değiştirilmesi ile İlgili Değerlendirmeler," Aralık 1992.