

YÜKSEK PLASTİSİTELİ TABAN ZEMİNİ KİLLERİNİN PROJELENDİRME KRİTERLERİ

H. Turan Durgunoğlu¹
Fatih Kulaç²
Turhan Karadayılar²
Gökalp Baştürk²

SUMMARY

The two main criteria for the subsoils in the design of engineering structures are adopted as strength and deformations. In other words, all engineering structures should be sufficiently strong under the estimated design loads and the resulting deformations should remain within acceptable limits. In the design of especially lightly loaded engineering structures located on highly plastic overconsolidated clay-claystones, as well as the bearing capacity, the heave properties of the foundation subsoil constitutes an important factor. For this purpose, the heave properties of the overconsolidated clay-claystones is determined as a function of plasticity index for the encountered typical formations within the (Tarsus Pozanti) Interchange-Adana-Toprakkale-Gaziantep Motorway Project. The relevant motorway technical specification is reviewed from the required strength and deformation criteria point of view. Consequently, the evaluations on the heave criteria regarding the design of lightly loaded engineering structures with special emphasis to cuts and embankments with highly plastic and overconsolidated clay-claystones are given.

ÖZET

Mühendislik yapılarının projelendirilmesinde taban zemini için iki esas kriter mukavemet ve deformasyon olarak kabul edilir. Başka bir deyişle, tüm mühendislik yapıları öngörülen proje yükleri altında yeterli mukavemette olmalı ve sonuçta oluşacak deformasyonlar kabul edilebilir sınırlar içinde kalmalıdır. Aşırı konsolide ve yüksek plastisiteli kil-kiltaşları üzerinde yer alan özellikle hafif mühendislik yapılarında taban zemininin taşıma gücünün yanı sıra şişme özellikleri de projelendirmede önemli bir kriter teşkil etmektedir. Bu amaçla, (Tarsus-Pozanti) Ayrımı-Adana-Toprakkale-Gaziantep Otoyolu Projesi çerçevesinde rastlanan yöreye özgü aşırı konsolide kil-kiltaşlarının şişme özellikleri, taban zemininin plastisite indisinin bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. İlgili otoyol teknik şartnamesi, taban zemini için öngörülen mukavemet ve deformasyon kriterleri açısından değerlendirilmiştir. Sonuçta, aşırı konsolide ve yüksek

¹ Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü

² İnş. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.

plastisiteli kil-kiltaşları üzerinde yer alacak mühendislik yapılarının şişme kriteri açısından projelendirilmesine yönelik değerlendirmeler, özellikle yarma ve dolgu açısından incelenerek sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Doğgun olmayan yüksek plastisiteli zeminler üzerinde inşa edilen hafif mühendislik yapıları inşaat sonrası taban zeminin mevsimsel hacimsel değişimlerinden etkilenmektedir. Bu nedenle aşırı konsolide ve doymun olmayan zeminler üzerinde inşa edilecek mühendislik yapılarının projelendirilmesinde taşıma gücünün yanı sıra taban zeminin şişme özellikleri de belirleyici olmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda yaygın olarak yürütülen otoyol inşaatları çerçevesinde bu tür zeminlerle karşılaşılması, projelendirme açısından konunun önemini daha da arttırmaktadır. Bu amaçla, (Tarsus-Pozantı) Aynımı-Adana-Toprakale-Gaziantep Otoyolu projesi kapsamında karşılaşılan yöreye özgü aşırı konsolide ve yüksek plastisiteli kil ve kiltaş zeminler için şişme potansiyeli endeks özelliklerine bağlı olarak ifade edilmiştir. Böylelikle geliştirilen yöntemle aşırı konsolide kil-kiltaş zeminlerde şişme özelliklerini bu tür zeminlerin endeks özelliklerine bağlı olarak genelleştirilmesi mümkün olmaktadır.

2. OTOYOL TEKNİK ŞARTNAMESİ KOŞULLARI

Otoyollarda terasman kotu altında kalan malzemeler taban zemini olarak tanımlanmaktadır. Taban zemini, tahmin edilen proje yükleri altında otoyol platformunun aşırı deformasyonunu önleyecek şekilde platforma sürekli mesnet oluşturmaktadır. Bu nedenle, ilgili Teknik Şartname (1) taban zemininin kalitesi ile ilgili bazı koşulların yerine getirilmesini öngörmektedir.

Şartnamenin ilgili maddeleri 608, 609 ve 615 olup sağlanması istenen koşullar aşağıda özetlenmektedir. Teknik Şartnamenin 609. maddesinde aşağıda verilen koşula uygunluk öngörülmektedir.

"Kazı ve dolgu alanlarının üst 500 mm'lik kısmında kullanılmak üzere seçilen malzemeler AASHTO-T193'e göre kontrol edildiklerinde CBR (California Bearing Ratio) değerleri en az %10 olmalıdır. Bu gerekliliklere cevap veremeyen her türlü taban malzemesi kazılmalı ve yerine madde 615'e uyumlu seçme 'capping' tabakası malzemesi serilmeli ve madde 608'e göre sıkıştırılmalıdır."

Diğer bir deyişle, yarma ve dolgu kesimlerinde terasman kotunun altında ilk 500 mm'de bulunan malzemenin minimum CBR değeri %10'dan daha az değilse bu malzeme taban yüzeyi olarak kabul edilebilir ve ek bir kazıya veya "capping" tabakasına gerek yoktur. Ancak, aksi bir durumla karşılaşıldığı takdirde yani, ilk 500 mm içinde CBR < 10 ise) aynı teknik şartnamenin 615 ve 608 maddeleri uygulanmalıdır.

Teknik şartnamenin 615. maddesi "capping" tabakası olarak adlandırılan dolgu malzemesini "Zayıf Zeminler Üzerine Gelen Seçme Malzemedan Oluştur-

rumuş Dolgu" başlığı altında tanımlamaktadır. 615. maddenin ilgili kısımları aşağıda özetlenmektedir.

- * Malzemenin BS1377 Test no. 16'ya göre belirlenmiş CBR değeri %15'den az olmamalıdır.
- * Sıkıştırılmış tabanın (seçme malzemeden oluşan üst tabakanın) mini mum kalınlığı 500 mm'den az olmamalıdır.
- * Sıkıştırılmış tabanın (seçme malzemeden oluşan üst tabakanın) altında bulunan taşıyıcı katmanın CBR değeri %3'den az olmamalıdır."

Ayrıca, 608. maddede, "capping" tabakasının kohezyonlu malzemeyle inşa edilmesi halinde minimum modifiye Proctor'un %92'si (Standard Proctor'un %97'si) sağlanacak şekilde, granüler malzemeyle inşa edilmesi halinde ise minimum modifiye Proctor'un %95'i (Standard Proctor'un %100'ü) sağlanacak şekilde sıkıştırılması öngörülmektedir. Ayrıca, 615. maddede "....BS1377 test no. 14'e göre belirlenecek optimum su içeriği değerinin %1 üstünde veya %2 altında miktarında sıkıştırılmalıdır." denilmektedir.

Ancak, görüldüğü gibi teknik şartname sadece taşıma gücü açısından bir sınırlama getirmekte ve deformasyonları sınırlayıcı bir önlem getirmemektedir. Çünkü, şartnamede yalnız minimum CBR değeri esas alınmıştır. Söz konusu otoyol güzergahında rastlanan aşırı konsolide yüksek plastisiteli kil-kiltaşlarında tahkik edilmesi gereken ikinci bir kriter su muhtevası değişimi altında meydana gelen hacim değişiklikleridir. Bu nedenle, otoyol terasman kotu altında ilk 50 cm içerisinde CBR > %10 şartıyla birlikte şişme kriteri de dikkate alınmalı ve uygulanacak "capping" tabakası kalınlığı "mukavemet" kriterinin yanı sıra, "deformasyon" kriteri de gözönünde bulundurulularak belirlenmelidir.

3. ZEMİN NUMUNELERİ VE LABORATUVAR DENEYLERİ

(Tarsus-Pozantı) Ayrımı-Adana-Toprakkale-Gaziantep Otoyolunun birinci ve ikinci kesimlerinde yöreye özgü yüksek plastisiteli, aşırı konsolide kil ve kilttaşları mevcuttur. Otoyol güzergahının ilgili kesimleri üzerinde rastlanan ve çeşitli yerlerden elde edilen toplam 22 (yirmiiki) zemin numunesi üzerinde en-deks ve şişme özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Laboratuvarlarında gerçekleştirilen bu deneylerde 15 (onbeş) zemin numunesi için 0.0, 10.0, 20.0 ve 40.0 kN/m² olmak üzere dört ayrı karşı yük basıncı altında yüzde şişme değerleri belirlenmiştir.

Yapılan şişme deneylerinde zemin numuneleri şişmeye karşı daha hassas olması gözönünde bulundurulularak, optimum su muhtevasının kuru tarafında hazırlanmıştır. Bu gaye ile teknik şartnamede belirtilen minimum su muhtevası ($w = w_{opt} - \%15$) değeri esas alınmıştır. Bu nedenle, deney sonuçlarından elde edilen yüzde şişme değerleri oluşabilecek en kötü durumu temsil etmektedir. Yapılan tüm laboratuvar deney sonuçları Tablo 1'de özetlenmektedir.

TABLO 1- TARSUS-POZANTI AYRIMI-ADANA-TOPRAKALE-GAZİANTEP OTYOLU
SİŞE DENEYLERİ LABORATUVAR SONUÇLARI

Yeri Km	Su İçeriği %		γ _s	Atterberg Limitleri			Sisne Yüzdesi %					Sisne Bas. kg/cm ²	Elek. Analizi #200(%)
	W _{opt}	W		LL %	PL %	PI %	0	0.1	0.2	0.4	0.6		
49-900 50-500	26 0	21 0	2.595	51	24	27	3.3	2.9	1.7	0.4			--
50-800 50-900	29 0	25 0	2.511	59	27	32	7.9	2.8	2.1	1.4			94
54-950 55-950	26 0	21 0	2.549	60	24	36	7.1	4.1	3.3	1.5			89
65-855 66-140	25 0	20 0	2.615	36	20	16	1.0	0.6	0.3	0.0		0.23	--
66-200 66-300	25 0	20 0	2.611	48	23	25	2.8	0.9	0.5	0.3			--
85-600	23 0	25 0	2.639	56	27	29	7.4	3.1	2.1	1.1			38
86-100	22 0	17 0	2.646	55	25	30	11	3.2	3.0	1.8		0.59	59
90-925	18 0	13 0	2.635	46	24	22	3.6	0.7	0.4	0.0		0.18	43
91-200	26 0	21 0	2.582	66	28	38	8.0	4.4	2.8	1.9			28
97-100 98-220	25 5	30 5		71	23	48							
97-900	26 5			71	24	47							
98-890 98-890	22 0	17 0		69	23	46	9.3	5.4	4.4	3.0			
98-890				67	22	45							
99-280 99-780	17 0	12 0		48	20	26	9.6	3.4	2.9	1.4	0.9		
100-020	27 0	22 0		59	23	36	14	7.8	2.8	3.2	2.9		
98-790	24 0	19 0		42	29	13							
99-800	23 0	18 0		49	21	28							97
100-020 100-480	23 0	18 0		60	25	35	9.0	5.7	2.0	1.9			
100-100	18 0	13 0		55	23	32	7.7	3.6	2.2	0.2	0.1		
100-206	17 0			40	21	19							
102-255 102-520	23 0	18 0		52	22	30							
102-400	17 0	12 0		42	19	23	7.2	3.0	1.3	1.0			

4. ŞİŞME POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİNDE AMPİRİK YÖNTEM

Şişmeye karşı duyarlı zeminlerle inşa edilecek olan dolgularda şişme miktarının tayini önemli bir husustur. Bu amaçla, Van der Merwe (2) tarafından verilen ampirik yöntem kullanılarak şişmeye karşı duyarlı zeminlerle inşa edilen dolgularda meydana gelebilecek şişme miktarları belirlenebilir.

Bu yöntemde, toplam şişme miktarı aşağıda verilen ampirik bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta H = F \cdot e^{0.377D} \cdot (e^{0.377T} - 1) \quad (1)$$

Burada; ΔH = Toplam şişme miktarı, m

D = Şişmeye karşı duyarlı zemin üzerindeki granüler tabaka kalınlığı, m

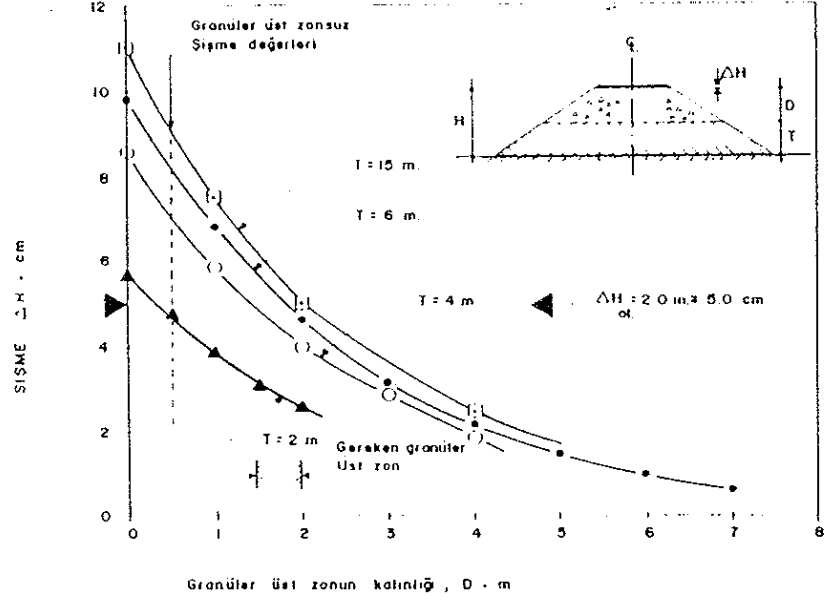
T = Şişme potansiyeli olan zemin kalınlığı, m

F = Şişebilirlik faktörü

(Tarsus-Pozantı) Ayrımı-Adana-Toprakkale-Gaziantep Otoyolu projesi çerçevesinde karşılaşılan zeminler, ölçülen ortalama plastisite indisi değerine, kil yüzdesine bağlı olarak Williams (3) tarafından verilen abaklara göre "Yüksek Aktiviteli" olarak sınıflandırılmaktadır. Van der Merwe bu tip zeminler için şişebilirlik faktörünü $F = 0.11$ olarak almaktadır. Sonuç olarak, değişik şişebilir zemin ve üst granüler tabaka kalınlıkları için yukarıda verilen ampirik bağıntıya göre hesaplanan şişme miktarları Şekil 1'de sunulmaktadır. Bu şekilden de görülebileceği gibi toplam şişme miktarını, $\Delta H=2.0$ in. =5.0 cm ile sınırlamak için gerekli granüler üst tabaka kalınlığının 1.5 m ilâ 2.0 m arasındadır. Ancak, Van der Merwe tarafından verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan şişme değerlerinin yeterli sayıda deney sonuçları ile tahkik edilmesi uygun olacaktır.

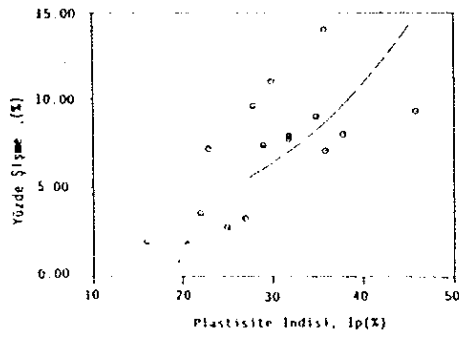
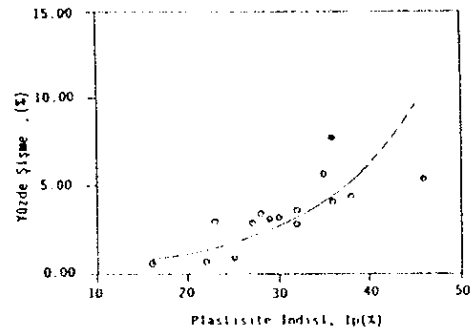
5. ŞİŞME POTANSİYELİNİN ZEMİNİN PLASTİSİTE İNDİSİNİN BİR FONKSİYONU OLARAK DENEYSEL TAYİNİ

Yukarıda özellenen tipteki zeminlerde şişme potansiyeli, zeminin plastisite indisinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. (2) Bu nedenle, (Tarsus-Pozantı) Ayrımı-Adana-Toprakkale-Gaziantep Otoyolu güzergahında rastlanan zeminlerden elde edilen değişik numuneler üzerinde gerçekleştirilen şişme deneyleri sonucunda belirlenen yüzde şişme değerleri, değişken plastisite indisi değerleri için 0.0, 10.0, 20.0, ve 40.0 kN/m² olmak üzere dört ayrı karşı yük basıncı altında grafikler halinde ifade edilerek Şekil 2 - 5'te sunulmaktadır.



Şekil 1 - Şişme miktarının granüler üst tabaka cinsinden değişimi

(Van der Merwe, 2)

Şekil 2 0.0 kN/m²'lik Kontra Basınc için
Plastisite Indisi ile Yürde Şişme DeğişimiŞekil 3 10.0 kN/m²'lik Kontra Basınc için
Plastisite Indisi ile Yürde Şişme Değişimi

Bu grafiklerdeki korelasyon bağıntısını bulmak amacıyla deney sonuçlarından uygun bir bilgisayar programı kullanılarak üstel bir "en iyi korelasyon" grafiği elde edilmiştir. Özellikle aşırı konsolide, yüksek plastisiteli killeri için elde edilen bu grafiklerle, değişik karşı yük basınçları altında ve belirli plastisite indisi değerleri için yüzde şişme miktarı belirlenebilecektir. Başka bir deyişle, plastisite indisi değeri bilindiği takdirde, beklenen yüzde şişme miktarı ilgili şekil kullanılarak bulunabilecektir.

Ancak, yüzde şişme doğrudan toplam şişme miktarını belirlemeye yeterli değildir. Toplam şişme miktarı

(a) beklenen karşı yük basıncı altında taban zemininin şişme potansiyeli,

(b) taban zemininin şişme basıncı,

(c) şişmesi beklenen taban zemini kalınlığı parametrelerinin birlikte bilinmesi halinde belirlenebilir.

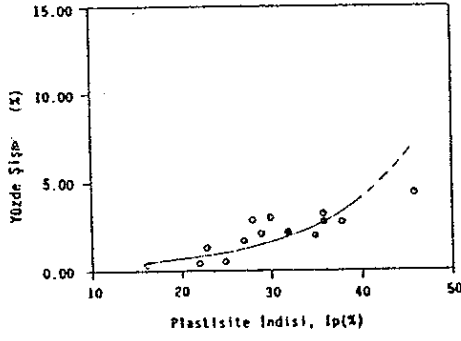
Yukarıdaki parametrelerden şişme potansiyelini Şekil 2 ilâ 5'te sunulan grafiklerden belirlemek mümkündür. Ancak, şişme basıncı, taban zemininin ortalama plastisite indisi değerine göre, şişme deneyinin değişik şekilde yorumlanması sonucunda elde edilebilir. Şişme basıncından daha yüksek jeolojik yük altında bulunan taban zemininin toplam şişmeye katkıda bulunmayacağı bilindiğinden şişmesi beklenen toplam taban zemininin kalınlığı da şişme basıncının belirlenmesi ile bulunabilir. (4)

Ortalama bir plastisite indisi için 0.0 ile 60.0 kN/m² lik değişik karşı yük basınçları, P altında beklenen yüzde şişme miktarları yüzde şişme - log P grafiği halinde Şekil 6'te sunulmaktadır. Bu şekilden, sıfır yüzde şişmeye karşılık gelen basıncı, (diğer bir deyişle şişme basıncı) P_{sw} = 80 kN/m² olarak bulunabilir.

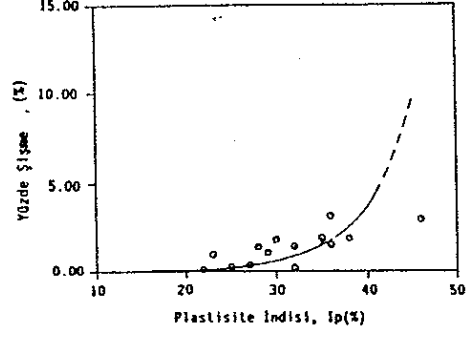
Bu şişme basıncı değerinin, ortalama bir plastisite indisi, I_p için hesaplandığından I_p = %25 ilâ I_p = %40 arasındaki bir plastisite indisi aralığı için geçerli olacağı düşünülebilir.

Yukarıda belirlenen P_{sw} = 80 kN/m² lik şişme basıncı değeri kullanılarak şişmesi beklenen taban zemini kalınlığı $\gamma_n = 18.0 \text{ kN/m}^3$ olarak alınabilecek bir ortalama birim hacim ağırlık için $h = 80/18 \approx 4.5 \text{ m}$ olarak bulunabilir.

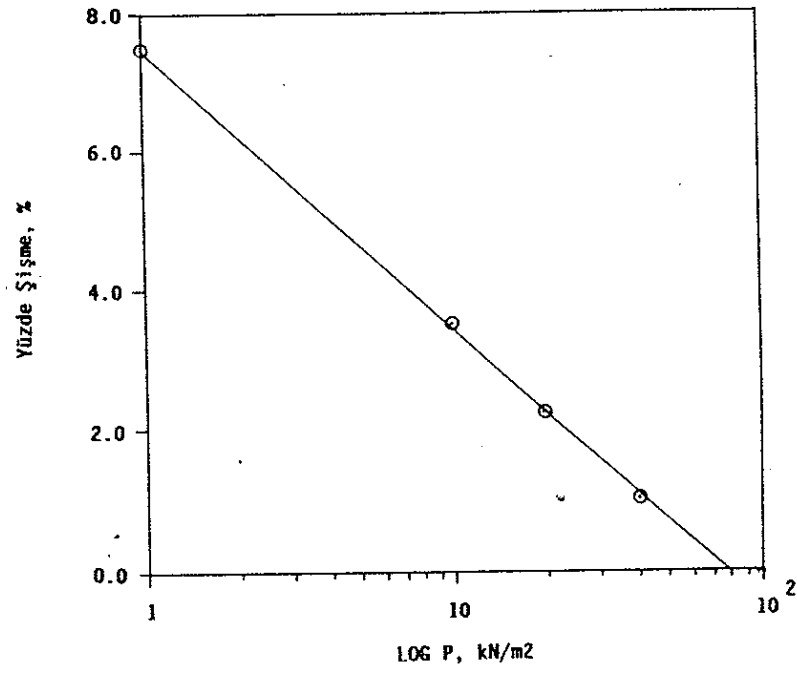
Herhangi bir dolgu veya yarma taban zemini olarak şişmesi beklenen tabaka kalınlığı 4.5 m olarak alınarak 8 (sekiz) eşit alt tabakaya bölünmüş ve her alt tabakanın şişme miktarı, ΔH farklı karşı yük basınçları altında ve farklı plastisite indisi değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplarda değişik plastisite indisi, I_p değerleri için 0.0, 10.0, 20.0 ve 40.0 kN/m² lik karşı yük basınçları altındaki yüzde şişme değerleri Şekil 2 ilâ 5'te verilen grafiklerden alınmış, diğer karşı yük basınçları için yüzde şişme değerleri ise lineer enterpolasyonla belirlenmiştir. Her bir alt tabakanın şişme miktarı, her 10.0 kN/m² lik karşı yük arttırımına



Şekil 4 - 20.0 kN/m²'lik Kontra Basınc İçin Plastisite İndisi ile Yüzde Şişme Değişimi



Şekil 5 - 40.0 kN/m²'lik Kontra Basınc İçin Plastisite İndisi ile Yüzde Şişme Değişimi

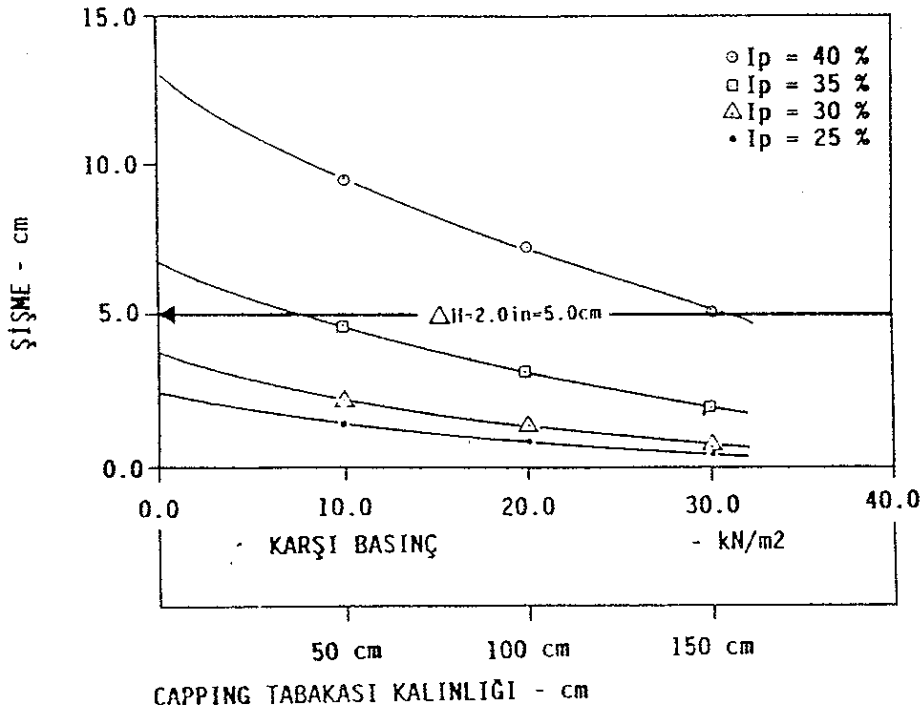


Şekil 6 - Log P ile Yüzde Şişme Değişimi

karşılık gelecek zemin kalınlığı, $\Delta h = 10/18 = 0.55$ m için bu karşı yük arttırımına tekabül eden şişme yüzdesinin, $\Delta h=0.55$ m ile çarpılması ile belirlenmiştir (5) Gerçekleştirilen şişme miktarı hesabı Tablo 2'de özetlenmektedir.

Sonuç olarak, değişik karşı yük basınçları, P için hesaplanan toplam şişme miktarları, ΔH farklı plastisite indisi değerleri, I_p için Şekil 7'de verilmektedir. Bu şekilden değişik plastisite indisi değerlerine tekabül eden ve belirli bir müsaade edilebilir toplam şişme miktarı için uygulanması gereken karşı yük basıncı belirlenebilir.

Otoyollarda, otoyol platformu esnek bir yapı olarak düşünüldüğünde müsaade edilebilir şişme miktarı $\Delta H = 2.0$ inç = 5.0 cm olarak alınabilir. Bu durumda şişmeyi önleyici karşı yük basıncı, otoyol terasman kotu altında uygulanacak olan "capping" tabakası kalınlığı cinsinden ifade edilebilir. Örneğin, Şekil 7'deki grafikteki karşı yük basıncı değerleri otoyol terasman kotu altında uygulanacak "capping" tabakası kalınlığı cinsinden yazıldığında plastisite indisi, I_p değerleri $I_p=\%30$ 'a kadar olan zeminlerde şişmeyi müsaade edilebilir sınırlarda tutmak için ek bir "capping" tabakasına gerek olmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil 7 - Değişik Plastisite İndisi, I_p Değerleri için Şişme Miktarlarının Capping Tabakası kalınlığı ile değişimi

TABLO 2- ŞİŞME MİKTARI HESABI

Sıra No.	KARSI BASINÇ KN/m ²	Ip=25%		Ip=30%		Ip=35%		Ip=40%	
		ŞİŞME (1) (%)	ŞİŞME (2) (cm)	ŞİŞME (1) (%)	ŞİŞME (2) (cm)	ŞİŞME (1) (%)	ŞİŞME (2) (cm)	ŞİŞME (1) (%)	ŞİŞME (2) (cm)
1	10.0	1.75	0.96	2.75	1.51	4.00	2.20	6.25	3.44
2	20.0	1.00	0.55	1.50	0.83	2.50	1.38	4.00	2.20
3	30.0	0.70	0.39	1.05	0.58	2.00	1.10	3.88	2.13
4	40.0	0.40	0.22	0.60	0.33	1.50	0.83	3.75	2.06
5	50.0	0.30	0.17	0.45	0.25	1.12	0.62	2.82	1.55
6	60.0	0.20	0.11	0.30	0.17	0.75	0.41	1.88	1.03
7	70.0	0.10	0.06	0.15	0.08	0.37	0.20	0.94	0.52
8	80.0(3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(1) Şişme değerleri değişik Ip değerleri için 1 ila 4 no'lu seküllerden 0.0, 10.0, 20.0 ve 40.0 KN/m² kontra yükler için alınmıştır. Diğer kontra yük değerleri altında beklenen % şişme değerleri lineer enterpolasyonla bulunmuştur.

(2) Şişme miktarı, her 10.0 KN/m²'lik yük arttırımına karşılık gelecek zemin kalınlığı olan 10/18=0.55 m için şişme yüzdesi (%) ile 0.55 m çarpılarak belirlenmiştir.

(3) Şişme basıncı

Ayrıca, toplam şişme miktarını, $\Delta H=2.0$ inç=5.0 cm ile sınırlamak amacı ile uygulanması gereken projelendirme önlemi olarak Şekil 7'den bulunan granüler "capping" tabakası kalınlığı, Van der Merwe tarafından önerilen ampirik yöntemle hesaplanan ve Şekil 1'de verilen üst granüler zon kalınlığı ile karşılaştırılmıştır. Karşılaşılan tipte zeminlerde Şekil 1'de Van der Merwe tarafından önerilen yöntem ile 4.0, 6.0 ve 15.0 m şişebilir zemin kalınlıkları için hesaplanan "capping" tabakası kalınlığının 1.5 m - 2.0 m arasında değiştiği görülmektedir. Bu değer yüksek plastisiteli killerde şişebilir taban zemini kalınlığının 4.5 m olması hali için hesaplanan ve Şekil 7'de verilen grafikten 1.5 m ve/veya daha kalın bir tabaka olarak bulunmaktadır. Sonuç olarak, literatürde verilen ampirik yöntemle hesaplanan değerler, şişme potansiyelinin plastisite indisinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmesi sonucu hesaplanan değerlerle belirli uyum içindedir.

6. SONUÇ

Aşırı konsolide kil-kiltaşlarında toplam şişme miktarı zeminin plastisite indisine bağlı olarak yukarıda verilen yöntemle belirlemek mümkündür. Böylelikle, şişmeye karşı duyarlı zeminlerde şişmeyi önleyici gerekli tedbirleri oluşturmak üzere uygulanması gereken karşı yük basıncı değerleri plastisite indisinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilmektedir. Sonuç olarak, aşırı konsolide ve yüksek plastisiteli kil-kiltaşları üzerinde inşa edilecek hafif mühendislik yapılarının projelendirmesinde iki kriterin aynı anda sağlanması gerekmektedir.

- (a) Mukavemet kriteri; yani taban zeminin öngörülen taşıma gücü sınırlamalarını sağlaması,
- (b) Şişme kriteri; yani taban zeminin plastisite özelliklerine bağlı olarak toplam şişme miktarının müsaade edilebilir sınırlar içinde kalması.

Bu tür zeminler üzerinde yer alacak özellikle hafif mühendislik yapılarının inşaat sonrası oluşabilecek defromasyonlardan etkilenmemesi için gerekli projelendirme önlemlerinin, şişme kriterinin getirdiği sınırlamaları da sağlayacak nitelikte olması gözönünde bulundurulmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu makalede yeralan özel şişme deneylerinin gerçekleştirilmesini sağlayan Karayolları Genel Teknik Araştırma Dairesi Başkanı Sayın Tankut Balkır ile emeği geçen tüm ilgili daire teknik elemanlarına teşekkür ederiz. Bu verilerin teminindeki yardımları ve proje boyunca gösterdikleri yakın işbirliği dolayısıyla, proje firması SPEA-TECNIC Ortak Girişimi ile müteahhit firma Tekfen-Impresit Ortak Girişimine ayrıca teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- (1) (Tarsus-Pozantı) Ayrımı-Adana-Toprakkale-Gaziantep Otoyolu Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü
- (2) Van der Merwe, D.H. (1964), "The Prediction of Heave from the Plasticity Index and Percentage Clay Fraction", The Civ. Eng. in SA, Vol.6, no. 6, sf. 103-107
- (3) Williams, A.A.B. (1958), Discussion of paper "The Prediction of Total Heave from the Double Odometer Test", Trans. SA Inst. Civ. Eng., Vol. 8, no. 6, sf. 121-128
- (4) Rao, R.R., Rahardjo, H. ve Fredlund, D.G. (1988), "Closed- Form Heave Solutions For Expansive Soils", ASCE, Journal of Geotechnical Eng'g., Vol. 114, No. 5, May 1988, sf. 573-588
- (5) Li, K.S., Discussion of paper "Closed- Form Heave Solutions For Expansive Soils", ASCE, Journal of Geotechnical Eng'g., Vol. 115, No. 12, Dec 1989, sf. 1819-1823

**IX. PANAMERİKAN ZEMİN MEKANİĞİ VE
TEMEL MÜHENDİSLİĞİ KONFERANSI**

KONU : Zemin Mekaniđi ve Temel Mühendisliđi
(26 - 30 Ağustos 1991)

BAŞVURU : Özetleri kabul edilen tebliğler 30 Kasım 1990'dan önce Milli Komitelere gönderilmelidir. Milli Komiteler orijinali ve iki kopyayı 31 Ocak 1991'den önce Organizasyon Komitesine ulaştıracaktır. Tebliğ yayım esasları Milli Komitelerden temin edilebilir.

ADRES :

IX PCSMF E Organizing Committee
Mr. Luis Valenzuela, Secretary General
San Martin 352 / Santiago, CHILE
Telex : 240501 BOOTH CL
Fax : (56 -2) 41217