

TÜBİTAK MAG
Proje No: 104M387

**Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesinde
Koni Penetrasyon Deneyi (CPT)
Sönümlenme Yönteminin Uygulanması**

Prof. Dr. Akın ÖNALP
Yrd. Doç. Dr. Ersin AREL
Yrd. Doç. Dr. Ertan BOL
Yrd. Doç. Dr. Aşkın ÖZOCAK
Yrd. Doç. Dr. Sedat SERT

ARALIK 2007
ADAPAZARI / SAKARYA

ÖNSÖZ

Su altındaki düşük nitelikli zeminler deprem ivmelerinden olumsuz etkilenirler. Beliren sıvılaşma ve çevrimsel hareketlilik binalarda aşırı oturma, yan yatma, hatta yıkıma neden olabilir.

Önceleri depremde yenilen zeminlerin sadece üniform gevşek kumlar olduğu sanılırken, siltler hatta killerin de aynı biçimde etkilendiği anlaşılmıştır.

Bu araştırma programında özellikle Adapazarı Ovası'nda yaygın bulunan ve 1999 depreminde yenilen siltlerin sıvılaşma ve çevrimsel hareketliliğe yönelik tanınmalarını hızlı biçimde sağlayacak bir yöntem ele alınmıştır.

Su altında bulunan bir zeminin içine itilmekte olan bir rijit sondanın ucunda ve yanında drenajsız koşullarda yükselen boşluk suyu basınçlarının zaman içinde sönümlenme hızına bakılarak bu tanımlamanın yapıp yapılamayacağı incelenmiştir. Bu süreçte, Adapazarı kent merkezinden alınan çok sayıda örselenmemiş zemin numunesi de incelendiğinden, kent geotekniğine önemli katkı sağlanmış olmaktadır.

Örgütlü araştırma gelişmiş toplumların yaşamında önemli bir bölümdür. Bu toplumlar gelişmemiş toplumların aynı biçimde örgütlenmemesi için gerekli önlemleri alırlar. Sunulmakta olan bu proje TÜBİTAK'ın deprem geotekniği araştırmalarının bir Anadolu üniversitesinde örgütlü olarak başlatılabilmesi için sağladığı kararlı desteğin önemli bir örneğidir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ

ÇİZELGE LİSTESİ

FOTOĞRAF LİSTESİ

EKLER LİSTESİ

ÖZET

ABSTRACT

1 GİRİŞ 1

1.1 Araştırmanın Amacı 1

2 GENEL BİLGİLER 3

2.1 Zeminde Yenilmeyi Getiren Koşullar 3

2.1.1 Sıvılaşma Koşulları 4

2.2 Tekrarlı Gerilmeler Altında Yenilme 4

2.2.1 Çevrimsel Hareketlenme 4

2.2.2 Sıvılaşma 5

2.2.3 Sıvılaşmanın Tayini 6

2.2.4 Sıvılaşma Kriterleri 9

2.2.5 Kil İçeriğinin Yenilmeye Etkisi 11

2.3 Adapazarı'nda Durum 11

2.4 Ödometrede Konsolidasyon 12

2.4.1 Deneyin Amacı 12

2.4.2 Deneyin Prensipleri 12

2.4.3 Tanımlamalar 12

2.5 Hidrolik Hücre (Rowe) 14

2.6 Sönümlenme Deneyi 17

2.6.1 Tekdüze Sönümlenme (monotonic dissipation) 18

2.6.2 Genleşme (Kabarma) Sönümlenmesi (dilatatory dissipation) 19

2.6.3 Sönümlenmede Etkenler 20

2.6.4 Sönümlenme Deneylerinin Yorumlanması 21

2.7 Kalibrasyon Silindiri 36

3 YÖNTEM 39

3.1 Gerekçe ve Strateji 39

3.2 Sondajlar 40

3.2.1 Kuyu Tabanında Katı Madde Birikim Sorunu 43

3.2.2 Ulaşım 44

3.2.3 Sıkı Tabakalarda UD Alımında Makina Basma Kapasitesinin Aşılması 45

3.2.4 Örselenmiş (UD) ve Örselenmemiş (D) Numune Alımı 46

3.2.5 Sondaj Logları 48

3.3 Ödometrede Konsolidasyon Deneyleri 50

3.3.1 Genel 50

3.3.2 Siltli Zeminlerde Konsolidasyon Deneyleri	50
3.3.3 Tek Yönlü Drenaj Sistemli Konsolidasyon Deneyleri	51
3.4 Hidrolik Hücrede Sönümlenme	52
3.4.1 Deney Prosedürü	52
3.5 Sondalama Çalışmaları	54
3.5.1 Deneyin Yapılışı	55
3.5.2 Ölçümler ve Tanımlamalar	57
3.6 Sönümlenme Deneyi	60
3.6.1 Arazi Sönümlenme Eğrisinin Özellikleri	61
3.7 Kalibrasyon Silindiri Çalışmaları	63
3.7.1 Kalibrasyon Silindirinin Özellikleri	63
3.7.2 Numune Karışımı Hazırlanması	65
3.7.3 Yükleme Sistemi	66
3.7.4 Kalibrasyon Silindirinde CPTU Deneyi	68
3.7.5 Kalibrasyon Silindirinden Numune Alınması	68
3.7.6 Kalibrasyon Silindiri Deneylerinin Geliştirilmesi	70
4 VERİLER	71
4.1 İndeksleme	71
4.1.1 Sondaj ve Sondalama Noktaları İçin İndeksleme	71
4.1.2 Numunelerin İndekslenmesi	72
4.2 Veritabanı ve Yapısı	72
4.3 Ödometre' de Konsolidasyon Verileri	73
4.4 Rowe Hücresinde Sönümlenme Deney Sonuçları	74
4.5 Arazi Sönümlenme Deney Verileri	75
4.6 Silindirde Sönümlenme Deneyi Verileri	75
5 BULGULAR	78
5.1 Ödometrede Konsolidasyon Deney Sonuçları	78
5.2 Rowe Sönümlenme Deney Bulguları	84
5.3 Sönümlenme Eğrisi Tipleri	88
5.3.1 Hidrolik Hücrede Sönümlenme Eğri Tiplerinin Arazi ve Ödometre Eğri Tipleri ile Karşılaştırılması	92
5.3.2 Sönümlenme Eğrilerinin Modellenmesi	92
5.3.3 Sönümlenme Eğrisi Yorumlamaları	95
5.4 Sönümlenme Deneyi Değerlendirmeleri	98
5.4.1 Sönümlenme Eğrisi Tipi-Zemin Sınıfı Değerlendirmesi	98
5.4.2 Sönümlenme Eğrisi Tipi-Sıvılaşma Değerlendirmesi	100
5.4.3 Sönümlenme Zamanları ve Sıvılaşma Değerlendirmesi	101
5.4.4 İnce Daneli Zeminlerin Sıvılaşmasında "Test" Bölgesi	107
5.4.5 Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Sönümlenmeye Etkileri	110
5.5 Silindirde Sönümlenme Deneyi Sonuçları	115
5.5.1 Silindir Numunesinin Sınıflandırılma Sonuçları	115
6 SONUÇ VE ÖNERİLER	117
7 REFERANSLAR	123
EKLER	128

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1. İzotrop konsolidasyonlu üç eksenli deneyde akma sıvılaşması 6
- Şekil 2. Plastisite kartının sıvılaşabilirlik tanısında kullanılması 9
- Şekil 3. Rowe hidrolik konsolidasyon hücresinin temel özellikleri 15
- Şekil 4. Rowe hücresi drenaj ve yükleme durumları 16
- Şekil 5. Boşluk suyu basıncı ölçümü için filtrenin koni üzerinde farklı konumları 18
- Şekil 6. Yumuşak kilde tipik tekdüze sönümlenme eğrisi 19
- Şekil 7. Aşırı konsolide kilde genleşme tipi sönümlenme eğrisi 19
- Şekil 8. Doygun killerde başlangıç boşluk suyu basıncı dağılımı (Sully vd., 1988) 20
- Şekil 9. Silt ve kumlarda koni etrafında oluşan boşluk suyu basınçlarının dağılımı 20
- Şekil 10. Tipik sönümlenme eğrileri 21
- Şekil 11. Zorlanma modülü (M)-düzeltilmiş koni uç direnci (qt) (Senneset vd., 1988) 23
- Şekil 12. Zorlanma modülünün değişimi 24
- Şekil 13. Zorlanma modülünün koni direncinden bulunması 24
- Şekil 14. Bothkennar deney alanından sönümlenme deneyi sonuçları 25
- Şekil 15. Torstensson metodu için zaman faktörleri (T) a) silindirik çözüm, b) küresel çözüm 26
- Şekil 16. Zaman faktörünün (T) tayini (Senneset ve diğ., 1982) 28
- Şekil 17. Sönümlenme deneyinin değerlendirilmesinde terminoloji 28
- Şekil 18. Oran faktörünün tayini 29
- Şekil 19. Teorik çözümle normalleştirilmiş sönümlenme eğrileri 29
- Şekil 20. Monotonik sönümlenme eğrisinde u₁ ve u₂ filtre için modifiye edilmiş zaman faktörleri (T*) 30
- Şekil 21. Normalleştirilmiş aşırı boşluk suyu basıncı eğrisinin doğrusal kısmında eğimin hesaplanması 30
- Şekil 22. Ortalama laboratuvar ch değerleri ve CPTU sonuçları (Rob., 1992) 31
- Şekil 23. Rijitlik indisinin tayini 33
- Şekil 24. Rijitlik indisinin OCR ve IP' den tayini (Keaveny ve Mitchell, 1986) 33
- Şekil 25. 10 cm² kesitli piyezokonide kh' nin bulunması için abak 35
- Şekil 26. Tekdüze tipte sönümlenme eğrisinde t₅₀ değerinden k' nin tayini (Parez ve Fauriel, 1988) 36
- Şekil 27. 1. ve 2. yükleme adımı sonunda fazla boşluk suyu basınçları (kPa) 38
- Şekil 28. Koni çevresinde oktohedral kayma birim deformasyon dağılımı 38
- Şekil 29. Adapazarı kenti mahalle haritası ve araştırma yapılan yerler 41
- Şekil 30. Susuz sondaj yöntemi için imal edilen helezon (burgu) 43
- Şekil 31. Sondaj makinası sabitleme düzeneği 45
- Şekil 32. STYG01 nolu sondaja ait örnek sondaj logu 49

Şekil 33. Siltli zeminde tipik log-zaman/sıkışma eğrisi	51
Şekil 34. Rowe hücresi sönümlenme deneylerinde kullanılan deney düzeneği	53
Şekil 35. Toplanan verilerle oluşturulmuş sönümlenme eğrisi	54
Şekil 36. Kablosuz CPT sistemi	55
Şekil 37. Proje kapsamında kullanılan CPTU ekipmanının arazide önden ve yandan görünümü	56
Şekil 38. Sonda ve konik ucun şematik gösterimi	57
Şekil 39. Arazi sönümlenme eğrisi (normalleştirilmemiş)	62
Şekil 40. STYG01, 5.83 m. sönümlenme deneyi U-zaman grafikleri a) aritmetik, b) logaritmik, c) karekök-zaman	62
Şekil 41. STYG01, 5.83 m sönümlenme deneyi (1-U)-t grafikleri a) aritmetik, b) logaritmik, c)karekök- t	63
Şekil 42. 50 cm' lik borunun plan ve kesiti	65
Şekil 43. Sondaj, CPTU ve CDPTU uygulamaları için tanıma yöntemi	71
Şekil 44. Kalibrasyon silindirinde CPTU deneyi	77
Şekil 45. Konsolidasyon deneylerinde σ -t (log) eğrilerinde beliren biçimler	79
Şekil 46. Konsolidasyon eğri tiplerinin histogramda gösterilişi	79
Şekil 47. CPTU Tip-1 eğrileri ile ödometre t50 ve t90 eğrilerinden oluşan eğimlerin karşılaştırılması	80
Şekil 48. CPTU sönümlenme eğrilerinden elde edilen eğimlerin konsolidasyon t50 eğrilerinden elde edilen eğimlerle karşılaştırılması	81
Şekil 49. ML siltte, ödometre t90-CPTU sönümlenme eğrilerinden elde edilen eğimlerin karşılaştırılması	83
Şekil 50. CL kilde, ödometre t90-CPTU sönümlenme eğrilerinden elde edilen eğimlerin karşılaştırılması	83
Şekil 51. Tip-I eğriye örnek, STYG06_C3_280-3.10 m, CL	84
Şekil 52. Tip-II eğriye örnek, STTE09_E3_4.25-4.40 m, CL	84
Şekil 53. Tip-III eğriye örnek, STTE09_A3_1.90-2.04 m, Cl	85
Şekil 54. Tip-IV eğriye örnek, STTE09_C3_3.15-3.30 m, CL	85
Şekil 55. Zemin cinslerine karşılık gelen sönümlenme zamanları	86
Şekil 56. Laboratuvar ve arazi sönümlenme zamanlarının karşılaştırılması	89
Şekil 57. Log t – (1-U) eksenlerine göre CPT arazi sönümlenme eğrileri tipleri	90
Şekil 58. Karekök t – (1-U) eksenlerine göre CPT arazi sönümlenme eğrileri tipleri	91
Şekil 59. Boşluk geometrisi modeli (Elsworth vd., 2006)	93
Şekil 60. G/cu =2; 20; 200 değerleri için fazla boşluk suyu basıncı dağılımlarının Af ile değişimi (Elsworth v.d., 2006).	94
Şekil 61. Boşluk genişlemesi modeliyle oluşturulan Tip-1 eğrisi	95
Şekil 62. Boşluk genişlemesi modeliyle oluşturulan Tip-4 eğrisi	95
Şekil 63. STYG01, 5.83 metre sönümlenme deneyi (1-U)-zaman grafikleri a) logaritmik, b) karekök (t)	96
Şekil 64. Sönümlenme eğrisinde başlangıçtaki yükselme miktarının alan hesabı	97
Şekil 65. Zeminlerinin U50, U90 ve U100 sönümlenme yüzdelerine karşılık gelen ortalama zamanlar	102

Şekil 66a. Tip-1 eğrisi için kumlar ve düşük plastisiteli siltlerde ortalama zamanlar	
103	
Şekil 66b. Tip-1 eğrisi için plastik siltler ve killerde ortalama zamanlar	103
Şekil 67. Tip-1 eğrisi için ortalama m değerlerinin grafiksel gösterimi	103
Şekil 68. ML siltlerde % kil ve U50, U90 ve U100 sönümlenme zamanları	104
Şekil 69. ML siltlerde $n_x(C/M)$ oranı ve sönümlenme zamanlar	105
Şekil 70. ML siltlerde ortalama dane çapı (D50) ve sönümlenme süreleri	106
Şekil 71. ML siltlerde likit limit (w_L) ve sönümlenme zamanları	107
Şekil 72. Tip-1, 2 ve 3 eğrileri için sıvılaşmanın “var, yok ve test” bölgelerinde ortalama zamanlar	109
Şekil 73. Sıvılaşmanın “var, yok, test” bölgelerinde ortalama yükselme miktarları	109
Şekil 74. ML siltlerde kil içeriğinin a) t50 b) t90 c) t100 sönümlenme zamanına etkisi	110
Şekil 75. ML siltlerde kil içeriğinin sönümlenme oranlarına etkisi	111
Şekil 76. ML siltlerde $n_x(C/N)$ oranının a) t50, b) t90 ve c) t100 sönümlenme zamanlarına etkisi	111
Şekil 77. ML siltlerde $n(C/M)$ oranının sönümlenme oranlarına etkisi	112
Şekil 78. Tip-3 eğrisinde (1-U)minalan yükselme alanı	113
Şekil 79. Tip-3 eğrisinde fiziksel özelliklerin (1-U)minalan ile olan ilişkileri	113
Şekil 80. %C ve $n(C/M)$ oranının (1-U)minalan ile olan ilişkisi	113
Şekil 81. Tip-3 eğrisinde fiziksel özelliklerin “n” eğimi ile olan ilişkileri	114
Şekil 82. Tip-4 eğrisinde (1-U)maxalan	114
Şekil 83. Tip-4 eğrisinde $n_x(C/M)$ ile (1-U)maxalan ilişkileri	115
Şekil 84. Kalibrasyon silindirinde sönümlenme deneyi sonucu (0.3 m)	116
Şekil 85. Kalibrasyon silindirinde sönümlenme deneyi sonucu (1.07 m)	116

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1. Rowe hücresi konsolidasyon deneylerinde ölçek katsayıları	17
Çizelge 2. Killi zeminler için zorlanma modülünün tayini (Sanglerat, 1972)	22
Çizelge 3. Değiştirilmiş zaman faktörü (T^*) (Teh ve Houlsby, 1991)	29
Çizelge 4. çiziminde sönümlenme eğrilerinin eğimi (MG), (Teh, 1987)	31
Çizelge 5. Killerin anizotrop hidrolik iletkenlik aralığı (kh/kv)	35
Çizelge 6. Robertson vd. (1986 ve 1990) CPT zemin davranışı tiplerinden hidrolik iletkenliğin tahmini	36
Çizelge 7. MAG 104M387 kapsamında gerçekleştirilen sondajların tanıtımı	42
Çizelge 8. Projede kullanılan CPTU ekipmanının özellikleri (Probe No: 3345)	55
Çizelge 9. Silindir için gerekli numune ağırlıkları	65
Çizelge 10. Veritabanında araştırma bölgesindeki mahalle adlarının kısaltmaları	71
Çizelge 11. Projeler tablosu alan içerikleri	72
Çizelge 12. Fiziksel özellikler tablosu alan içerikleri	72
Çizelge 13. Tek ve çift yönlü konsolidasyon deney sonuçları	74
Çizelge 14. Radyal konsolidasyon zaman faktörleri	75
Çizelge 15. Rowe hücresinde sönümlenme deney sonuçları	76
Çizelge 16. Zemin sınıfının konsolidasyon eğrisi tipleri ile bağlantısı	78
Çizelge 17. Sönümlenme ve konsolidasyon t50 eğrilerinden elde edilen eğimler	80
Çizelge 18. Sönümlenme ve konsolidasyon t90 eğrilerinden elde edilen eğimler	82
Çizelge 19. Hidrolik hücrede zemin sınıfına göre karşılaşılan eğri tipleri	86
Çizelge 20. Zemin sınıflarına göre ölçülen sönümlenme zamanları	86
Çizelge 21. Hidrolik hücrede ve ödometrede denenen numunelerin konsolidasyon katsayıları	87
Çizelge 22. Arazi/lab sönümlenme zamanları	88
Çizelge 23 Sönümlenme eğri tiplerinin sonda tipine göre dağılımları	89
Çizelge 24. Sönümlenme eğrilerinin sonuç formatı	98
Çizelge 25. u1 sönümlenmelerine ait zemin sınıfları	99
Çizelge 26. u2 sönümlenmelerine ait zemin sınıfları	99
Çizelge 27. ML zeminlerin eğri ve filtre tiplerinin sınıflama için karşılaştırılması	100
Çizelge 28. Tip-1 eğrisi için ortalama sönümlenme değerleri	101
Çizelge 29. Sınıflama kriterlerinin değerlendirilmesi	108
Çizelge 30. Sınıflama ölçütleri	108
Çizelge 31. Tip-1 eğrisi için sınıflamanın “var, yok ve test” bölgelerinde ortalama zamanlar	108

FOTOĞRAF LİSTESİ

- Foto 1. a) STYG04 ve b) STYG01 nolu araştırma sitelerinde sondaj çalışmaları 42
- Foto 2. Susuz sondajda kullanılan helezon sistemi a) yakından görünüm, b) uygulama 44
- Foto 3. Personel ve diğer ekipmanların nakliyesi için kullanılan araç. 44
- Foto 4. CPT makinesinin araziye naklinde kullanılan araç 45
- Foto 5. Sabitleme elemanlarının görünümü ve sondaj makinesinin sabitlenmiş durumu 46
- Foto 6. 75 mm çaplı paslanmaz krom çelik UD tüpleri 47
- Foto 7. UD numunelerinin alınması ve doğal su muhtevasını korumak için yapılan parafin uygulaması 47
- Foto 8. Burgu kanatlarında örselenmiş numune 48
- Foto 9. Örselenmiş numunelerin korunması 48
- Foto 10. Ödometre' de konsolidasyon deney düzeneği 50
- Foto 11. Tek ve çift yönlü konsolidasyon hücresi 52
- Foto 12. Rowe laboratuvar sönümlenme deneyleri düzeneğinden bir görünüş 53
- Foto 13. Koni penetrasyon deneyinin a) CTYG01 ve b) CTYG04 sitelerinde uygulanması 56
- Foto 14. a) Konik ucun ardına (u2) ve b) Konik uca yerleştirilen filtre (u1) 61
- Foto 15. İki farklı çapta kalibrasyon silindirleri 63
- Foto 16. Silindirin yerleştirme aşamaları 64
- Foto 17. Karışım hazırlanması ve silindire doldurulması 66
- Foto 18. Yükleme kirişi için reaksiyon ankrajlarının hazırlanması 67
- Foto 19. Yükleme sistemi 67
- Foto 20. Silindir içinde CPTU uygulaması 69
- Foto 21. Silindirden örselenmemiş numune alınması 69

EKLER LİSTESİ

- EK – I Sondaj ve Sondalama Logları
- EK – II Veri Tabanı (Zeminlerin Fiziksel Özellikleri)
- EK – III Ödometre Deney Sonuçları
- EK – IV Sönümlenme Eğrileri (CPTU, Rowe, Ödometre)
- EK – V Tek ve Çift Yönlü Ödometre Yapılan Numunelerin Sönümlenme Eğrileri
- EK – VI CPTU Sönümlenme Eğrileri Sonuçları

ÖZET

Bu araştırma programı deprem titreşimlerinden olumsuz etkilenen batık, ince daneli zeminlerde belirmesi olası çevrimsel hareketlenme ve sıvılaşma sonucu yenilmelerin fiziksel özellikler veya laboratuvar deneyleri ile ölçümü yerine arazide (*in situ*) hızlı ve güvenilir ölçümle tahmin edilmesine yönelik olarak başlatılmıştır. Bu çalışma kapsamında Adapazarı zeminlerinde 50 ayrı noktada sondaj ve sondalama çalışması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu sitelere ait numuneler laboratuvarda denenmiş ve büro çalışmalarıyla veriler değerlendirilmiştir.

Drenajsız koşullarda zemine itilen rijit bir sonda çevresinde oluşan fazla boşluk suyu basınçları (Δu_w) itme durdurulduğunda sönümlenmeğe başlamaktadır. Bu sönümlenmenin zamana karşı eğrisi çizildiğinde, bu eğrinin laboratuvarda icra edilen bir boyutlu konsolidasyon deneyinden gelen eğrilerle benzeştiği, bunların değerlendirilmesiyle zeminin sıvılaşma duyarlılığının tahmin edilebileceği düşünülmüştür.

Arazide profili ve özellikleri sondajla tesbit edilmiş zeminlerde paralel olarak yürütülmüş piyezo-koni penetrasyon deneyi (CPTU) verileri karşılaştırmalı değerlendirilerek amaca yönelinmiştir. Buna göre, koni ucu ve sırtına yerleştirilen piyezometre sönümlenme okumalarının (Δu_w-t) altı farklı tipte eğri ile temsil edilebileceği, bu eğrilerin de laboratuvar odometre ve hidrolik hücre eğrileri ile yakın benzerlik gösterdiği (4 tip eğri) gözlenmiştir. Adapazarı Kriteri' nin kullanımı ile fiziksel özelliklerinden sıvılaşır/sıvılaşmaz yargısı yapılan zeminlerin Δu_w-t eğrileri karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar sönümlenme eğrilerinin kullanımı ile siltlerde sıvılaşabilirliğin tahmin edilebileceği yolunda ümit verici olmuştur. Böylece, şimdiye kadar konsolidasyon katsayısı-hidrolik iletkenlik ölçümünde kullanılmış CPTU sönümlenme eğrilerinin sıvılaşma, hatta çevrimsel hareketlenme'nin teşhisinde de işlev kazanması olasılık kazanmıştır.

Sıvılaşma potansiyeli yüksek ML zeminler yanında, CL killerin de sıvılaşma potansiyeli bulunduğu; sıvılaşabilir ML siltlerde sönümlenmenin Tip-1 eğrilerin egemen ve sıvılaşma limitinin $t_{90} \leq 125$ s' de belirlediği yapılmış saptamalar arasındadır.

Anahtar sözcükler: İnşaat mühendisliği, geoteknik, deprem, Adapazarı, silt, kil, zemin yenilmesi, kum etki faktörü, sıvılaşma, çevrimsel hareketlilik, koni penetrasyon deneyi, CPTU, piyezokoni, boşluk suyu basıncı, sönümlenme, konsolidasyon, Casagrande, Taylor, hidrolik hücre, Rowe, odometre, kalibrasyon silindiri, curve fitting, Comsol.

ABSTRACT

Submerged fine grained soils are adversely affected by earthquake vibrations. This research programme aims to diagnose ground failures manifested in the form of cyclic mobility and liquefaction by the use of rapid and reliable in situ measurements instead of time consuming laboratory testing methods. In this research, borings and soundings have been performed in 50 sites in Adapazari, Turkey. Laboratory investigations have been done on soil samples from these sites.

A rigid probe penetrating into soil under undrained conditions generates excess porewater pressures. They start dissipating once penetration is halted. The dissipation curves have been observed to be similar to the compression-time curves of the one dimensional or radial consolidation curves in the laboratory in shape. It was reasoned that the dissipation curves could be used to recognise liquefaction susceptibility.

This was attempted by recognising the profile and properties of the layers through drilling, followed by comparing the data obtained during piezocone penetrations and dissipation measurements. It was found that the dissipation curves could be characterised by six distinct types which are remarkably similar to the compression-time curves from oedometer and Rowe hydraulic cell tests. The "Adapazari Criteria" which uses the physical characteristics of the fine grained soils were used to diagnose liquefiable and non-liquefiable soils to be compared to their respective dissipation curves.

The results were promising (4 types of curves) and the investigators were satisfied that dissipation curves may be used to determine liquefaction potential of fine grained soils, in addition to their use to obtain the coefficient of consolidation-permeability of such strata. The probability of the CL low plasticity clays to fail in earthquake conditions appeared to be reasonably high, in addition to the high susceptibility of ML-non plastic and low plasticity silts. The dissipation curves for the liquefiable ML silts concentrated in the Type-1 zone who indicate t_{90} times of below 125 seconds in situ.

Keywords: Civil engineering, geotechnical engineering, earthquake, Adapazari, silt, clay, ground failure, sand influence factor, liquefaction, cyclic mobility, cone penetration test, CPTU, piezocone, porewater pressure, dissipation, consolidation, Casagrande, Taylor, hydraulic cell, Rowe cell, oedometer, calibration chamber, curve fitting, Comsol.

1 GİRİŞ

Adapazarı zeminleri oluşum koşulları ve depremsellik açısından olağanüstü özellikler gösterirler. Bunları kentin merkezinde

- İstanbul Boğazı kapalı iken Karasu-Adapazarı-İzmit Boğazı' nın varlığı,
- Sakarya Nehri' nin (veya bir başka hızlı akarsuyun) sıkça yatak değiştirerek şimdiki kent merkezinden de geçmiş olması (Bol, 2003),
- Bu nedenle kentin ortasında sediment kalınlığının 1000 m' ye eriştiği yerlerin varlığı,
- Hızlı çökmenin, şimdilerde kentin doğu kenarından akan Sakarya Nehri' nin, 1965 yılına kadar merkeze uzanan yıllık taşkınlarıyla sürmüş olması,
- Kuzey Anadolu Fayı' na uzaklığın 7 km olması, buna bağlı olarak neredeyse 10 yıllık aralıklarla büyüklüğü $M_w=7\frac{1}{2}$ olan depremlerin etkisi,
- 1957 ve 1967' de görülmesi de, 1999 depreminde kent merkezinde ve Adapazarı Ovası' nda (Akova) gelişen yaygın zemin yenilmeleri

olarak özetlemek mümkündür.

Sonuçta, Adapazarı merkezi ve ovasında çok genç ve yatay/düşeyde değişken özellikte silt, kil ve kum profilleri ve depolarının oluştuğu saptanmıştır.

1999 Marmara depreminde Adapazarı' nın birçok mahallesinde binaların yetersiz taşıyıcı sistem yanında zemin koşullarından kaynaklanan aşırı olumsuz etkiler aldığı gözlemlenmiştir. Bu etkiler zeminde çevrimsel hareketlenme, sıvılaşma, temel taşıma gücünün aşılması, tekrarlı yükleme sonucu aşırı oturmalar, hatta yanal yayılma biçiminde sonuçlar getirmiştir.

Kamuoyunun en çok dikkatini çekmiş olay yüzeyde kum konilerinin oluşması ile de gözlemlenen sıvılaşma' dır.

1.1 Araştırmanın Amacı

Çevrimsel hareketlilik ve sıvılaşma ilk kez 1964 Niigata depreminde üniform kumlarda inceleme konusu olmuş, o tarihten başlayarak bu olayların kumlara özgü olduğu düşünülmüştür. Ancak, 1974 Tangshan depremlerinde siltler hatta killerin de etkilendiği öne sürülmüştür (Wang,1979). 1999 depreminde Adapazarı' nda ince daneli zeminlerde aynı olaylar çok açık biçimde gözlemlenmiştir.

Aradan geçen 30 yıl içinde siltlerin sivilaşma nedenleri yaygın olarak araştırılmıştır. Bu amaca yönelik olarak laboratuvarında fiziksel özellikler (likit limit, plastisite indisi, kil içeriği, doğal su muhtevası, ortalama dane boyutu) ve CTX ve DSS ile mekanik özellikler belirlenirken, arazi deneyiyle (CPT, CPTU, SCPTU) ölçümlerle de zeminleri tanıma gibi yöntemlere başvurulmuştur.

Sivilaşma esas olarak efektif gerilmenin sıfır' a yöneldiği boşluk suyu basıncı artışları olarak tanımlanırsa, olayı teşhis için deprem sırasında zemin ortamında bu artışın izlenmesinin en makul yol olacağı düşünülebilir.

Koni penetrasyon deneyi (CPT), konik uçlu sondanın zemine itilmesi sırasında ucun gördüğü direnç ve çevre sürtünmesini, ayrıca bu sondanın değişik yerlerine konulabilen algılayıcılarla boşluk suyu basınçlarını hareketli piyezometre kimliğinde ölçebildiği için amaca uygun bir arazi deneyi olarak değerlendirilmiştir.

Bu noktadan yola çıkarak, koninin penetrasyonu sırasında beliren fazla boşluk suyu basınçlarının statik ve hareketli değerlerinin ölçümü ve bunların sönümlenmesinin izlenmesi ile sivilaşmanın fazla incelenmemiş bir yüzünün bu Proje ile gündeme getirilmesi öngörülmüştür.

Böyle bir girişim sonucunda başarı sağlanırsa bir parsel hatta bölgede, sivilaşma potansiyelinin tüm zemin profili boyunca etkin ve çok hızlı biçimde tanınabileceği düşünülmüştür.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Zeminde Yenilmeyi Getiren Koşullar

Lew (2001) herhangi bir bölgede sıvılaşma açısından tehlikeli olan ve olmayan alanları birbirinden ayırmak için izlenecek adımları özetlemiştir. Buna göre, sıvılaşma açısından tehlikeli olarak görülebilecek bölgeler:

- a) Geçmiş depremlerde sıvılaşmanın gözlemlendiği alanlar,
- b) Sıvılaşmaya yatkın malzemelerin sıkıştırılmadığı veya düşük sıkıştırma yapılarak doldurulduğu yeni dolgu alanları,
- c) Mevcut geoteknik veriler kullanılarak yapılan analiz sonucu sıvılaşma yönünden tehlikeli çıkan alanlar,
- d) Geoteknik verilerin yeterli olmadığı durumlarda;
 - 1- Holosen yaşlı (1000 yıldan daha az yaşlı, mevcut nehir kanalları ve onların geçmişte geliştirdiği taşkın ovaları, bataklıklar ve gel-git sürecinin hakim olduğu bölgeler), yeraltı su seviyesinin 12.2 m' den daha yüksek ve maksimum zemin ivmesinin 0.1g' den büyük olduğu zeminleri içeren bölgeler,
 - 2- Holosen yaşlı (<11.000 yıl), yeraltı su seviyesinin 9.1 m' den daha az ve maksimum zemin ivmesinin 0.2g' den büyük olduğu zeminleri içeren bölgeler,
 - 3- Geç Pleyistosen yaşlı (11.000-15.000 yıl), yeraltı su seviyesinin 6.1 m' den yüksek ve $a_h > 0.3g$ olduğu zeminleri içeren bölgeler,

olarak sıralanabilir. Buna karşın, sıvılaşma açısından tehlikeli sayılmayacak bölgeler ise;

- a) Yeraltı su seviyesinin yüzeyden 15.2 m' den daha derinde olduğu bölgeler,
- b) Anakayanın yüzeylendiği veya yüzeye çok yakın olduğu siteler,
- c) Zemin cinsi ne olursa olsun standart penetrasyon deneyinden elde edilen darbe sayılarının düzeltilmesiyle elde edilen N_{60} ' ın 30' den büyük olduğu siteler veya sitede koni penetrasyon deneyi yapılmış ise düzeltilmiş koni penetrasyon direncinin (q_{c1N}) 160' den büyük olduğu siteler,
- d) Ön araştırmada sitede bulunan ince daneli zeminlerin literatürdeki kriterlere göre değerlendirilmesi sonucu "sıvılaşmaz" çıkan zeminler olarak sıralanabilir.

2.1.1 Sıvılaşma Koşulları

Sıvılaşma veya çevrimsel hareketlenme olaylarının Y.A.S.S. altındaki genç çökel ve kontrolsüz dolgularda oluşabildiği, bu nedenle birinci koşulun zeminin kayma direncinin $c_u < 30$ kPa karşılığı SPTN<5, $q_c < 1$ MPa olduğu kesinlikle söylenebilir. Aşırı konsolide (OCR>3) ya da çimentolanmış ortamlarda ise sıvılaşma olasılığı yok denecek denli düşüktür.

Sismik hatta statik nedenlerle kayma gerilmesi alan ortamda boşluk suyu basınçları yeterince hızla yükselebiliyor ise efektif gerilmenin sifıra yönelmesiyle yenilmeye ulaşılmaktadır. Öte yandan, σ_0' sifıra düşmesi dahi $\tau-\gamma$ eğrisinin doruğuna yaklaşıldığından birim deformasyonlar aşırı artmaktadır. Bir diğer deyimle, sonuçta sıvılaşma ve çevrimsel hareketlenme çok da farklı olayları tanımlamamaktadır. Konu boşluk suyu basıncı artışı ise, bu artışı yansıtacak zemin özelliklerinin

- Boşluk suyu parametresi A_f ,
- Geçirimlilik (hidrolik iletkenlik) katsayısı k ,
- Konsolidasyon katsayısı c_v'

den biri veya birkaçı olması beklenir. O halde, zemin yenilmesinin bu özelliklerin ölçümüne yönelik deneylerle incelenmesi en mantıklı yol olmaktadır.

2.2 Tekrarlı Gerilmeler Altında Yenilme

2.2.1 Çevrimsel Hareketlenme

Çevrimsel hareketlenme, ortamda etkiyen statik kayma gerilmesinin sıvılaşmış zeminin kayma gerilmesinden küçük olduğu durum olarak tariflenmiştir. Akma sıvılaşmasına benzemez olarak çevrimsel hareketlenmede oluşan şekil değiştirmeler, hem statik kesme gerilmeleri hem de çevrimsel gerilmeler tarafından oluşturulur (Kramer, 1996). Bir başka anlatımla, çevrimsel hareketlilik statik kayma gerilmesinin kalıcı dirençten küçük olduğu durumda görülebilmektedir. Dinamik kayma gerilmesi uygulandığında aşırı boşluk suyu basınçları gelişmektedir. Doğada yanal yayılma süreci deprem sırasında kalıcı deformasyonların yığılımlı birikmesi ile gerçekleşmektedir. Bu deformasyon değerleri gevşek zeminler yanında, sıkı zeminlerde de azımsanmayacak değerlere ulaşabilir (Kramer ve Elgamal, 2001).

Jefferies ve Been (2006) çevrimsel hareketlilikte, maksimum fazla boşluk suyu basıncı gelişiminin sınırının en gevşek durumda olmasından ziyade en yüksek gerilme bölgesinde oluşacağını, sönümlenme sırasında fazla boşluk suyu göçünün dirençte veya rijitlikte azalmaya sebep olabileceğini, bunun da gecikmeli yenilmeye sebep olacağını öne sürmektedir.

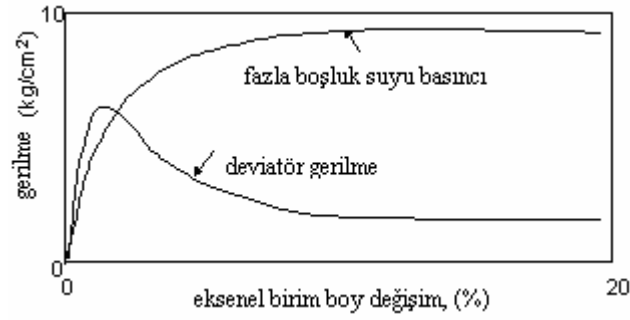
2.2.2 Sıvılaşma

Jefferies ve Been (2006) kumlarda sıvılaşma ve çevrimsel hareketlilik terimlerinin tanımlarını vermişler ve statik ve çevrimsel sıvılaşmanın bir bakıma aynı olay olduğunu öne sürmüşlerdir. Plastik birim kayma şekil değiştirmelerinin (γ) birikimi sırasında oluşan fazla boşluk suyu basınçları sönümlenemediğinden plastik birim hacim değişimlerinin hızla büyüdüğünü, bunun etkisi ile efektif gerilmeler azaldığından zeminin rijitlik ve direncinin aynı oranda düştüğünü, ifade etmişlerdir. Statik ve çevrimsel etkilerden doğan sıvılaşmada farkın plastik hacimsel birim değişimlerin ortaya çıkış biçiminden kaynaklandığını ve statik sıvılaşmada ön koşullardan birinin, artan gerilmelere direnememe için zeminin yeterince gevşek/yumuşak olması gerektiğini belirtmişlerdir. Statik sıvılaşma olayında gerekli koşullardan biri gerilme-birim deformasyon-kabarma sürecinde beliren plastik hacimsel birim deformasyonun (ϵ_v), uygulanmakta olan gerilmeye direnme sırasında zemin iskeletinin pekleşmesi (*work hardening*) için yapılan iç' ten daha büyük olmasıdır. Kritik durumdan daha gevşek her zeminde statik deformasyon gelişebilir.

Akma sıvılaşması, statik dengeyi sağlamak için gerekli gerilmenin zeminin kalıntı direncinden yüksek olduğu durumdur. Bu nedenle, sıvılaşmanın sadece düşük kalıntı dirence sahip gevşek zeminlerde oluşabileceği söylenebilir. Bu tür sıvılaşma çok büyük deformasyonlar oluşturabilir (örneğin, akma heyelanları). Ancak, bu deformasyonların statik kayma gerilmelerince oluşturulduğunu unutmamak gerekmektedir. Akma sıvılaşması doğa ve laboratuvarda statik ve dinamik yüklemeyle oluşabilir. Laboratuvarda akma sıvılaşması deneylerini gerilme kontrollü yükleme ile yapmak uygun olur. şekil 1' de gerilme kontrollü tekdüze yüklemeli bir deney sonucu verilmiştir. Burada artan deviatör gerilmeyle boşluk suyu basıncının arttığı görülmektedir. Deformasyon seviyesinin küçük olduğu durumda deviatör gerilme doruk noktasına ulaşmıştır ve bu noktada boşluk suyu basıncı oranı

$$r_u = \frac{\Delta u_w}{\sigma_0} \dots\dots\dots (1)$$

hala 0.5 düzeyindedir. Deviatör gerilme doruk noktasına ulaştıktan sonra deformasyon oranı ve boşluk suyu basıncı hızla yükselir. Böylece, akma sıvılaşmasının deviatör gerilmenin doruk noktasına ulaştığı noktada başladığı söylenebilmektedir. Zemin iskeletinin yapısı da böylece mevcut direncin kalıcı dirence eşit olmasına kadar bozulmaktadır. Deviatör gerilmenin kalıcı dirençten daha büyük olması durumunda numune statik dengede kalamayabilir ve sıvılaşma gelişir.



Şekil 1. İzotrop konsolidasyonlu üç eksenli deneyde akma sıvılaşması

Daha geniş açıdan bakıldığında çevrimsel hareketlenme ve başlangıç sıvılaşması arasında bir ayırım yapmanın kolay olmadığı, sıvılaşmanın bariz farkının burada boşluk suyu basıncının efektif gerilmeyi sıfıra düşürecek denli yükselmesi olduğu görülmektedir. Yoksa aşırı deformasyonlar, sıvılaşma ve çevrimsel hareketlenme olaylarında aynı düzeyde belirebilmektedir. O nedenle, laboratuvar deneylerinde yenilmeye ulaşıldığı söylenen birim deformasyonun %5, %10 hatta %20' de tariflenmesinin iki olayın ayırımında yardımcı olma olasılığı araştırılması gereken bir konu olarak göze çarpmaktadır. Ancak, boşluk suyu basıncı artışlarının öncelik taşımadığı hiçbir değerlendirmenin kesin sonuç vermeyeceği de kuşkusuz doğrudur.

2.2.3 Sıvılaşmanın Tayini

Deprem yeraltı su seviyesi altındaki zeminler üzerindeki etkisi birkaç on yıldır incelenmektedir. Bu etkilerin tümüne genellikle sıvılaşma denmekte ise de, olayların farklı etki ve sonuçları olduğu açıktır.

Deprem ivmelerinin zemine etkisi çevrimsel gerilme oranı ile ifade edilir (Seed ve Idriss, 1971)

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = 0.65 \left[\frac{a_{max}}{g} \right] \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad \dots\dots\dots(2)$$

Burada τ_{av} ortalama çevrimsel kesme gerilmesi; a_{max} zemin yüzeyinde maksimum yatay ivme; g yerçekimi ivmesi; σ_{vo} ve σ'_{vo} incelenen derinlikte etkiyen doğal toplam ve efektif gerilmeler ve r_d derinliğe bağlı azaltma faktörüdür. r_d ' nin tahmini için değişik araştırmacıların sunduğu bazı formülasyonlar bulunmaktadır. Seed ve Idriss (1971) aşağıdaki basit bağıntıları önermiştir.

$$\begin{aligned} r_d &= 1.0 - 0.00765z & (z < 9.15 \text{ m}) \\ r_d &= 1.174 - 0.0267z & (z > 9.15 \text{ m}) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Örneğin, dinamik üç eksenli deneyde (CTX) bu değer Mohr dairesinin çapını temsil eden deviatör gerilmeye bağlıdır:

$$CSR = \frac{\sigma_d}{2\sigma_3} \dots\dots\dots(4)$$

Zemin buna kayma direnci ile karşı durur. İnce daneli zeminlerin dinamik direncinin ölçümü laboratuvarda dinamik deneyler üç eksenli (CTX) (ASTM 5311/92), basit kesme (DSS) (ASTM D6528/00), içi boş silindirde burulma (DTST), arazide ise koni penetrasyon (CPTU) (Robertson ve Wride, 1998) ve sismik yöntemlerle (Andrus&Stokoe, 2000) yapılır.

Bu direnç arazide kumlarda standart penetrasyon değeri ile kolayca temsil edilebilirken, siltlerde koni penetrasyon direncinin daha uygun bir gösterge olduğu ve kum için geliştirilmiş

$$CRR_{7.5} = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \quad 50 < (q_{c1N})_{cs} \leq 160 \dots\dots\dots(5)$$

$$CRR_{7.5} = 0.833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad (q_{c1N})_{cs} < 50$$

denklemlerinin siltlere uyarlanabileceği öne sürülmüştür. Burada $(q_{c1N})_{cs}$ normalleştirilmiş eşdeğer temiz kum penetrasyon direncidir.

Robertson ve Wride (1998) normalleştirilmiş uç direnci için aşağıdaki formülü önermişlerdir:

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c (q_{c1N}) \dots\dots\dots(6)$$

Burada K_c zeminin dane karakteristiğini ifade eden bir düzeltme faktörüdür. Robertson ve Wride (1998) K_c ' nin tahmini için Robertson (1990) tarafından önerilen zemin davranış kartının ve zemin davranış tipi indisinin (I_c) kullanılmasını önermişlerdir,

$$I_c = \sqrt{[3.47 - \log Q]^2 + [1.22 + \log F]^2} \dots\dots\dots(7)$$

Burada Q, normalleştirilmiş CPT penetrasyon direncidir ve boyutsuzdur:

$$Q = q_{c1N} = \left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{P_{a2}} \right) \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n \quad \dots\dots\dots(8)$$

Benzer olarak normalleştirilmiş sürtünme oranının

$$F = \frac{f_s}{(q_c - \sigma_{v0})} \times 100 \quad \dots\dots\dots(9)$$

ifadesinde n: gerilme üstlüğü; f_s koni sürtünme direnci; σ_{v0} ve σ'_{v0} toplam ve efektif düşey örtü yükü basıncı; P_a , σ'_{v0} ile aynı birimde referans basıncı olup diğer bir referans basınç olan P_{a2} ise q_c ve σ_{v0} ile aynı birimdedir (q_c ve σ_{v0} MPa ise $P_{a2} = 0.1$ MPa). Robertson (2004) n değerinin önce $n = 1$ alınıp Q ve F' nin tayininden sonra bir I_c değerinin elde edilmesini ve buna göre de aşağıdaki yöntemin kullanılabileceğini bildirmiştir:

$$\begin{aligned} I_c < 1.64 & \Rightarrow n = 0.5 \\ I_c > 3.30 & \Rightarrow n = 1.0 \quad \dots\dots\dots(10) \\ 1.64 < I_c < 3.30 & \Rightarrow n = (I_c - 1.64)0.3 + 0.5 \end{aligned}$$

Burada gerilme sabitindeki değişim $\Delta n < 0.01$ sağlanıncaya kadar iterasyon yapılır. I_c ile K_c arasındaki ilişki şu formülle verilmiştir:

$$\begin{aligned} I_c \leq 1.64 & \Rightarrow K_c = 1.0 \\ I_c > 1.64 & \Rightarrow K_c = -0.403 I_c^4 + 5.581 I_c^3 + 33.75 I_c - 17.88 \quad \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

Yenilmeye karşı güvenlik te böylece

$$GS = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \times MSF \quad \dots\dots\dots(12)$$

olur (Youd ve diğ., 2001). Burada $MSF = 174/M^{2.56}$ ile deprem büyüklüğü ölçek faktörü olarak verilmiştir.

Siltin sismik koşullarda olası davranışını yansıtan zemin davranış tipi indisi I_c ' nin boşluk suyu basıncı etkisini yansıtmaması amacıyla ifadeye

$$B_q = \frac{u_w - u_0}{q_t - \sigma_{v0}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

eklenmesi sağlanmıştır. Burada u_w : penetrasyon sırasında ölçülen boşluk suyu basıncı, u_0 : statik su basıncı, q_t : u_w için düzeltilmiş uç direnci, σ_{vo} : toplam gerilmedir. Q' nun B_q ile birlikte kullanımı sayesinde özellikle ince daneli zeminleri (silt-kil) birbirinden ayırma olanağı böylece

$$I_c = \sqrt{\left\{3.25 - \log\left[Q(1 - B_q)\right]\right\}^2 + \left[1.5 + 1.3(1 + \log F)\right]^2} \quad \dots\dots\dots(14)$$

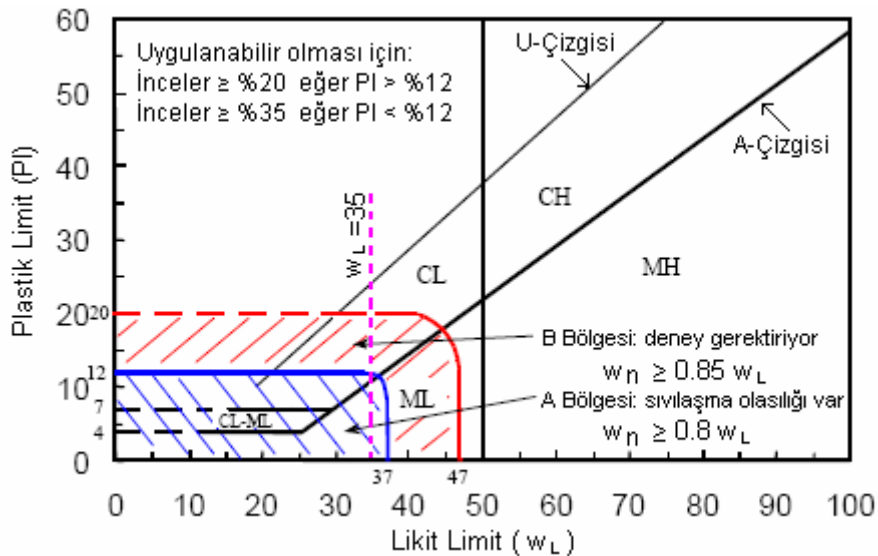
geliştirilmiş ifadesi ile mümkün olmaktadır (Kun Li vd., 2007).

Güncel bilgiler, yenilme teşhisinde I_c ' nin güçlü bir silah olabileceğini, örneğin sivilaşmayan zeminlerin tümünde $I_c > 2.50$ şartının sağlandığını kesinlikle göstermektedir.

2.2.4 Sivilaşma Kriterleri

Siltin sivilaşması yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı tanınması kolay olmayan bir olaydır. Ancak, yenilme aşırı boy ve şekil değiştirme olarak tarif edilirse bu tür zeminlerde sivilaşmanın kolayca gelişebildiği anlaşılacaktır.

Seed vd. (2003) ince daneli zeminlerde sivilaşmaya yatkınlığın ASTM plastisite kartından tanınabileceğini, bu amaçla Şekil 2' den yararlanılabileceğini bildirmişlerdir. Burada önemli olan bir nokta, önerilmiş sivilaşma hududunun TS1500' deki orta plastisite ayırımı düzeyi ile neredeyse çakışmasıdır. Daha basit bir deyişle, TS1500' deki MI ve CI bölgeleri sivilaşmayan silt ve killeri göstermektedir. Adapazarı silt ve killerinde ince yüzdesi her durumda 50' den fazla olduğundan Şekil 2' nin geçerliliği bulunmaktadır.



Şekil 2. Plastisite kartının sivilaşabilirlik tanısında kullanılması

Önalp ve diğ. (2006) sivilaşmayı belirlemede siltlerin içerisindeki kil oranının yanında sıvılık indisi ve likit limitin de göz önünde bulundurulması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Çalışmaları sonunda, Y.A.S.S. altındaki silt ortamlarında ve $M_w > 7$ olan depremlerde sivilaşmanın gerçekleşebilmesi için aşağıdaki tüm koşulların sağlanması gerektiğini söylemişlerdir:

- $I_L \geq 0.9$
- $w_L \leq 33$
- $C \leq \%10$
- $D_{50} > 0.02 \text{ mm}$

Burada w_L likit limit, w_n doğal su içeriği, %C $2\mu'$ den ince yüzdesi, yeni bir değişken olarak getirilen D_{50} ise ortalama dane boyutu olarak verilmiştir. Sıvılık indisi I_L , özellikle plastisite gösteren zeminlerde anlamlı olup,

$$I_L = \frac{w_n - w_p}{w_L - w_p} \dots\dots\dots (15)$$

olarak tanımlanmıştır. NP zeminde plastik limit ölçülemediğinden bu durumda birinci koşulun

$$\frac{w_n}{w_L} \geq 0.9 \dots\dots\dots (16)$$

olarak uygulanması doğru olacaktır.

Ancak, el ayası altında yuvarlama yöntemi ile ölçülemeyen w_p' nin koni düşürme deneyinde ölçülebilmesi olasılığı tartışmalı bir durum yaratmaktadır. Zeminin ortalama dane boyutu ise getirilen yeni bir kavram olup, bu değer karışımda sivilaşmayı ciddi biçimde etkileyebilen kumların etkisini yansıtmaktadır.

Bray ve Sancio (2006) Adapazarı' ndan ince daneli zeminlerin sivilaşma hassaslığını I_p ve w_n/w_L ile yargılamışlardır. 1994 Northridge, 1999 Kocaeli ve 1999 Chi Chi depremlerinde ince daneli zeminlerdeki sivilaşma olaylarının Çin kriteri ile uyuşmadığını yinelemişlerdir. Bu nedenle zeminlerin kil yüzdesinden ziyade I_p değerinin sivilaşma hassaslığını belirlemede daha iyi bir gösterge olacağını belirtmişlerdir. Dinamik üç eksenli deneyinde efektif konsolidasyon basıncı düşük olan deney sonuçlarına göre sivilaşma kriteri;

- $I_p \leq 12$ ve $w_n \geq 0.85 w_L$ olduğunda sivilaşma hassaslığının olduğu,
- $12 < I_p < 18$ ve $w_n \geq 0.80 w_L$ olduğunda sivilaşmaya kısmen hassaslık (deney) bulunduğu
- $I_p > 18$ ve $w_n < 0.80 w_L$ durumunda ise sivilaşmaya duyarsız

olduğu şeklinde vermişlerdir. Burada w_L likit limit, w_n doğal su içeriği, kil boyutu %C ise $2\mu'$ den incelerin yüzdesi olarak verilmiştir.

2.2.5 Kil İçeriğinin Yenilmeye Etkisi

Kimi araştırmacılar kil ve siltlerin sıvılaşmasında kil içeriğinin önemsiz olduğunu savunmakta iseler de (Boulanger&Idriss, 2007) laboratuvar ortamında dinamik üç eksenli (CTX) deneyi ile Adapazarı siltinde yapılan araştırmalar birçok başka çalışmacının bulduğu gibi $CSR=0.35$ için %13 kil içeriğinin sıvılaşma için alt limit olduğunu göstermiştir (Ural, 2008).

2.3 Adapazarı' nda Durum

Bilindiği gibi Adapazarı 1999 depreminde 0.4g' lik bir maksimum zemin ivmesine maruz kalmış olup, kent genelinde yeraltı su seviyesi yüzeye çok yakındır (0.00-2.00 m). Bununla birlikte, Adapazarı Sakarya Nehri ve Mudurnu suyunun getirdiği malzemelerle doldurulmuş bir çökme bölgesidir. Ovada tam bir taşkın ovası fasiyesi dağılımı görülmektedir. Taşkın ovasında karşılaşılabilecek kanal fasiyesi çökelleri, yarık yayılması sonucu biriken siltler ve ince kumlar, bataklık ortamları ve kanal seti depolarını kentin çeşitli kesimlerde ve farklı derinliklerde görmek mümkündür. Buna göre de, yukarıda sıralanan maddeler açısından Adapazarı zeminlerinin anakaya yüzeylenen tepelik kısımları haricinde tamamına yakınının sıvılaşma potansiyeline sahip olduğu tahmin edilebilir.

Bol (2003) 1999 depremini izleyerek çalışmasında kentte sıvılaşma olaylarının Sakarya nehrinin geçmişte kent içinden akarak bırakmış olduğu kumlarda değil, bu kumların etrafında gelişen alt fasiyeslerde yoğunlaştığını tespit etmiştir. Buna göre sıvılaşma en çok bataklık ortamı zeminlerde ve bu bataklıklara taşkınların fazla olduğu durumlarda kanal setinin yırtılarak yarık yayılması çökellerinin biriktirildiği bölgelerde yoğunlaşmıştır. Nitekim, kumlardan oluşan eski nehir kanalları yüksek darbe sayıları ($N_{60}>30$) ve penetrasyon dirençleri ($q_{c1N}>160$) ile belgindirler. Buna karşın, ince kum ve siltlerin hakim olduğu bölgeler düşük darbe sayıları ve düşük penetrasyon dirençleri ile belgindir. Eski nehir kanallarında bulunan kumların ortalama dane boyutları, yarık yayılması sonucu oluşan kumlarınkinden oldukça büyük olup, nehir kanalları kalın homojen kum katmanları ($D_{50}>1.00$ mm) sunmakta, yarık yayılmasında ise kumlar ince tabakalı (genellikle < 1.00 mm) ve plastik olmayan silt ara tabakalı olmaktadır.

1999 depremleri sonrasında Ansal vd. (2004) Adapazarı kentinde yapmış oldukları mikrobölgeleme çalışmalarında sıvılaşan ve sıvılaşmayan bölgelerin ayrımını yapmışlardır.

2.4 Ödometrede Konsolidasyon

Standart ödometre deneyi, Terzaghi tarafından doygun killerin bir boyutlu konsolidasyonu için geliştirilmiş bir deneydir. Ancak, bu proje kapsamında siltler üzerinde de ödometre deneyleri yapılmıştır. Siltlerde yapılan ödometre deneylerinde karşılaşılan zorluklara aşağıdaki bölümlerde değinilmiştir. Bu altbölümde, killerde yapılan deneylerden elde edilen bulguların standart olan sunum yöntemi ve siltli zeminler üzerindeki uygulamalardaki değişikliklerin analizleri ve geliştirilen yöntem tartışılmıştır.

2.4.1 Deneyin Amacı

Ödometrede konsolidasyon deneyi, düşük geçirimli zeminlerin sıkışma özelliklerini belirlemek için kullanılır. Deneyde sıkışma miktarı (sıkışma katsayısı, sıkışma indisi, zorlanma modülü) ve sıkışma hızı (konsolidasyon katsayısı) gibi iki özellik aranır.

2.4.2 Deneyin Prensipleri

Deney, yüksekliği çapının dörtte biri olan çevresi çelikle kuşatılmış bir örneğe, seri olarak (4 ile 8 arası) iki kat artışlı düşey yük uygulanması ile gerçekleştirilir. Seriyi oluşturan yük kademelerinin herbirinin oluşturduğu düşey sıkışma belli bir süre, genelde 24 saat, gözlenir. Yatay deformasyon oluşmadığı için buradan tek boyutlu (düşey) konsolidasyon parametresi bulunur.

2.4.3 Tanımlamalar

Bu araştırma programının amaçları açısından ödometrenin sakıncası, oluşan fazla boşluk suyu basınçlarının sönmelenmesinin doğrudan değil, numunede zamana bağlı beliren boy kısalmasının kullanımı ile dolaylı olarak bulunabilmesinden kaynaklanmaktadır.

2.4.3.1 Sıkışma Katsayısı (a_v)

Basınç değişimi sonucu gelişen konsolidasyona bağlı olarak her birim basınca karşı oluşan boşluk oranı değişimi,

$$a_v = -\frac{\Delta e}{\Delta \sigma} \quad (m^2 / kN) \quad \dots\dots\dots(17)$$

olarak tariflenir.

2.4.3.2 Hacimsel Sıkışma Katsayısı (m_v)

Bazı durumlarda hacim değişim modülü olarak ta tanımlanır. Basınç değişimi ile gelişen konsolidasyona bağlı olarak, her birim basınç için oluşan birim hacim değişimi,

$$m_v = \frac{a_v}{1+e_0} = -\left(\frac{1}{1+e}\right) \frac{\Delta e}{\Delta \sigma} \text{ m}^2 / \text{kN} \quad \dots\dots\dots(18)$$

ile gösterilir.

2.4.3.3 Sıkışma İndisi (C_c)

$$C_c = \frac{(e_2 - e_1)}{\log(\sigma_2 / \sigma_1)} \quad \dots\dots\dots (19)$$

2.4.3.4 Yeniden Sıkışma İndisi (C_r)

$$C_r = \frac{(e_2 - e_1)}{\log(\sigma_2 / \sigma_1)} \quad \dots\dots\dots (20)$$

2.4.3.5 Konsolidasyon Katsayısı (c_v)

Konsolidasyon sürecinde fazla boşluk suyu basıncının sönmelenmesini yansıtır. Fazla boşluk suyu basıncının numune boyunca eşit dağılımı varsayılarak çift yönlü drenajla konsolidasyon,

$$c_v = 0.197 \frac{(H/2)^2}{t_{50}} \quad (\text{m}^2 / \text{s}) \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$c_v = 0.848 \frac{(H/2)^2}{t_{90}} \quad (\text{m}^2 / \text{s})$$

Tek yönlü drenajla konsolidasyon ise,

$$c_v = 0.104 \frac{H^2}{t_{50}} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$c_v = 0.72 \frac{H^2}{t_{90}} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

olarak verilir. Buna bağılı olarak düşey yönde geçirimsizlik (hidrolik iletkenlik) katsayısı da

$$k_v = c_v \cdot m_v \cdot \rho_w \cdot g \quad \dots\dots\dots(23)$$

şeklinde hesaplanabilir.

2.4.3.6 Zorlanma Modülü

İnce daneli zeminlerin sıkışma özellikleri zorlanma modülünden (*constrained modulus, M*)

$$M = \frac{\partial \sigma'}{\partial \varepsilon} = \frac{2.3(1+e)\sigma'}{C_c} = \frac{1}{m_v} \quad \dots\dots\dots(24)$$

Şeklinde bulunur. Burada C_c : sıkışma indisi, e : boşluk oranı ve m_v : hacimsel sıkışma katsayısıdır.

İnce daneli zeminlerin toplam konsolidasyon sıkışması (S_∞) piyezokoni penetrasyon deneyi verisinden zorlanma modülünün tayini vasıtasıyla da tahmin edilebilir,

$$S_\infty = H_0 \frac{\Delta \sigma}{M} \quad \dots\dots\dots(25)$$

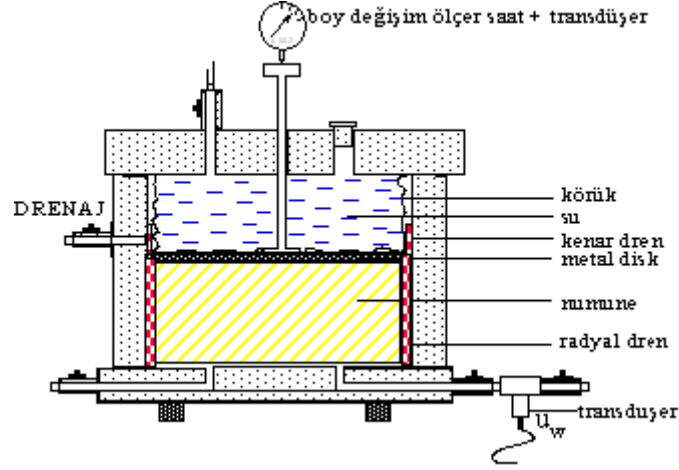
burada H_0 : sıkışabilir tabakanın ilk kalınlığı ve $\Delta \sigma$ uygulanan yüküdür. Konsolidasyon oranı, ileriki bölümlerde de tartışıldığı gibi piyezokoni sönümlenme verilerinden de elde edilebilen, düşey konsolidasyon katsayısı (c_v) kullanılarak hesaplanır.

$$c_v = k \cdot \frac{M}{\rho_w} \quad \dots\dots\dots(26)$$

M : problemin niteliğine göre bakir yükleme, boşaltma veya yeniden yükleme ayağındaki zorlanma modülü' dür.

2.5 Hidrolik Hücre (Rowe)

Ödometrede konsolidasyon ölçümünün getirdiği bazı eksiklikleri bertaraf etme amacıyla 1960' lı yıllarda geliştirilen Rowe hücresi, zeminlerin sıkışabilirliğinin daha iyi koşulların kontrol edilebildiği bir deneyde ölçülmesi fikrinden ortaya çıkmıştır. Şekil 3' de hidrolik konsolidasyon hücresi olarak da bilinen Rowe hücresi düzeni gösterilmektedir. Hidrolik hücre içinde konsolidasyon basıncı numuneye içi su dolu bir lastik körük vasıtasıyla



Şekil 3. Rowe hidrolik konsolidasyon hücresinin temel özellikleri

uygulanmaktadır. Hücre içinde numuneye düşey ve/veya radyal drenaj uygulanabilmekte, geri basınç ve drenaj genelde hücre kenarından sağlanmaktadır. Numune çapı 75, 100, 250 ve 500 mm olabilmekte, kalınlık ise 30 mm' den 200 mm' ye çıkabilmektedir. Deneyde basınç artışı uygulanırken drenaj vanaları kapalı tutulmakta, boşluk suyu basıncının maksimum değere ulaştığı görüldükten sonra vanalar açılmakta ve boşluk suyu basıncının sönmülmesi, sıkışma ve hacim ile birlikte sürekli olarak izlenmektedir.

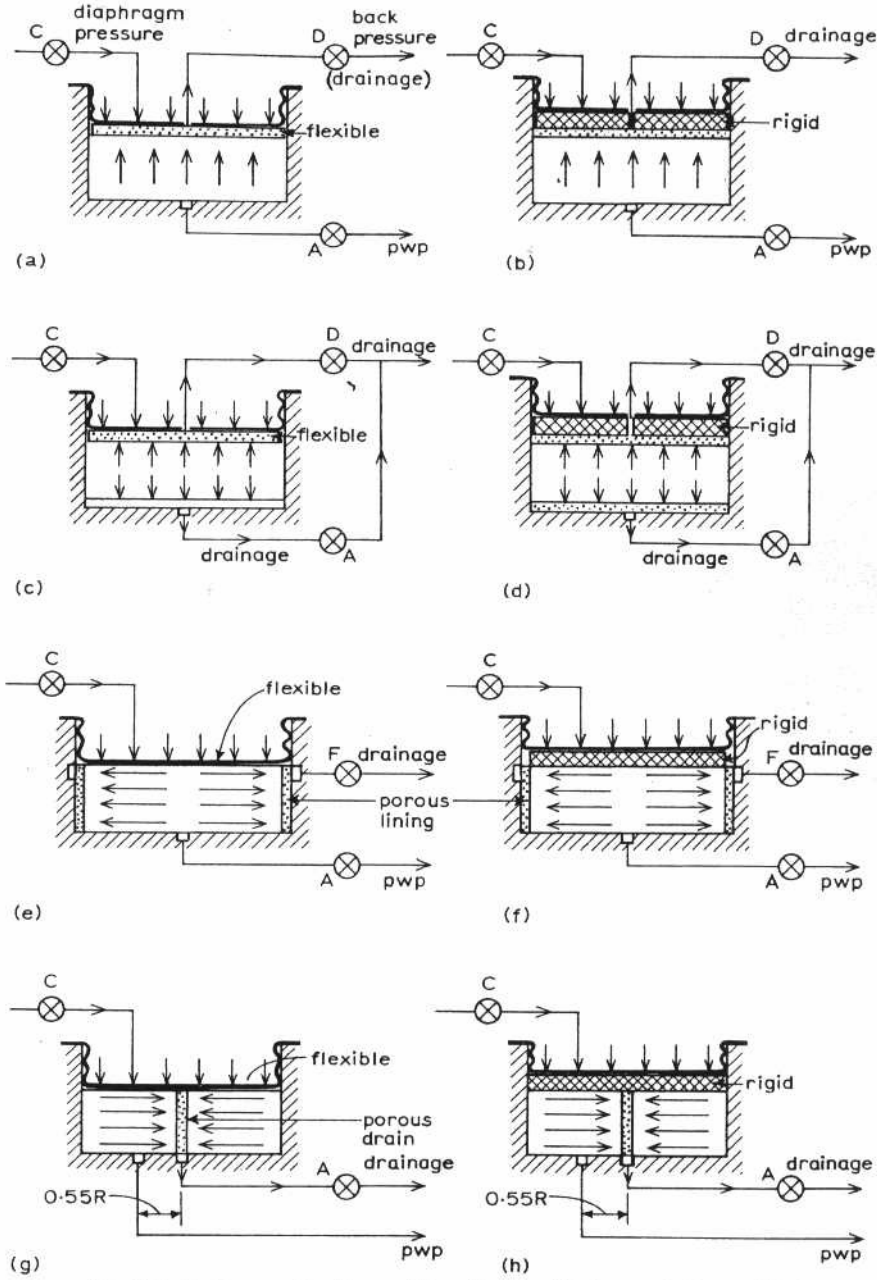
Radyal konsolidasyon deneyinde Şekil 4' te gösterildiği gibi drenajın içeriye veya dışarıya doğru yapılması mümkün olup, düşey drenaj tek yönlü, çift yönlü veya radyal olarak sağlanabilmektedir.

Zeminin yatay geçirimsizlik katsayısını ölçmek için numune hem çevre (plastik dren) hem de merkez dreni (kum) ile hazırlanabilir ve her gerilme artışı sonunda merkezden dışa ya da dıştan merkeze doğru akım sağlanarak yanal hidrolik iletkenlik katsayısı

$$k_h = \frac{Q \cdot \ln(r_e / r_w)}{2\pi \cdot \Delta D \cdot \Delta h} \dots\dots\dots(27)$$

ile hesaplanır. Burada Q sağlanan akımda denge debisi, r_w merkezdeki drenin yarıçapı, r_e eksenden dış drene olan uzaklık, Δh numuneye uygulanan hidrolik yük, ΔD ise numune kalınlığıdır. Yükleme durumu körük altına esnek veya rijit başlık

konmasıyla serbest şekil değiştirme veya eşit şekil değiştirme koşullarını yansıtabilmektedir. Şekil 4' te bu durumlar ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 4. Rowe hücresi drenaj ve yükleme durumları

Radyal konsolidasyon katsayısı karekök %50 ve %90 konsolidasyon için Çizelge 1' de verilen ölçek katsayılarının kullanımı ile aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanır.

$$T_r = \frac{c_h \cdot t}{r_e^2} \dots\dots\dots (28)$$

Çizelge 1. Rowe hücresi konsolidasyon deneylerinde ölçek katsayıları

Test	Drenaj	Sınır ş.d.	Kons. konumu	Teorik Zaman Faktörü			Zaman fonk.	Eğri eğimi	Kull. ölç.	Kons katsy/yıl
				t ₅₀		t ₉₀				
(a) ve (b)	Düşey, tek yön	Serbest ve eşit	Ortalama	0.197	T _v	0.848	t ^{0.5}	1.15	ΔV/ΔH**	c _v = 0.526 $\frac{T_v H^2}{t}$
			Merkezi	0.379		1.031			b.s.b.	
(c) ve (d)	Düşey, çift yön	Serbest ve eşit	Ortalama	0.197	T _v	0.848	t ^{0.5}	1.15	ΔV/ΔH	c _v = 0.131 $\frac{T_v H^2}{t}$
(e)	Radyal, dışa	Serbest	Ortalama	0.0632	T _{r0}	0.335	t ^{0.465}	1.22	ΔV	c _v = 0.131 $\frac{T_{r0} D^2}{t}$
			Merkezi	0.200		0.479			b.s.b.	
(f)	Radyal, dışa	Eşit	Ortalama	0.0866	T _{r0}	0.288	t ^{0.5}	1.17	ΔV/ΔH	c _v = 0.131 $\frac{T_{r0} D^2}{t}$
			Merkezi	0.173		0.374			b.s.b.	
(g)	Radyal, içe*	Serbest	Ortalama	0.771	T _{ri}	2.631	t ^{0.5}	1.17	ΔV	c _v = 0.131 $\frac{T_{ri} D^2}{t}$
			r=0.55R	0.765		2.625			b.s.b.	
(h)	Radyal, içe*	Eşit	Ortalama	0.781	T _{ri}	2.595	t ^{0.5}	1.17	ΔV/ΔH	c _v = 0.131 $\frac{T_{ri} D^2}{t}$
			r=0.55R	0.778		2.592			b.s.b.	

*: Drenaj oranı; **: ΔH sadece eşit şekil değiştirme için; T_v, T_{r0}, T_{ri}: teorik zaman faktörleri; t: zaman (dakika); H: numune boyu; D: numune çapı (mm)

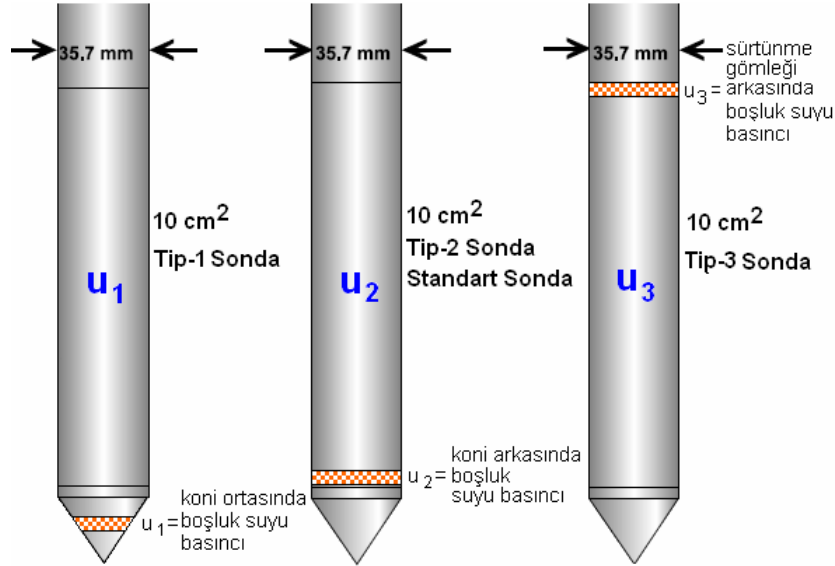
2.6 Sönümlenme Deneyi

CPT' de penetrasyonun herhangi bir aşamasında durulduğunda koni etrafında oluşan fazla boşluk suyu basınçları sönümlenmeye başlayacaktır. Sönümlenmenin oranı konsolidasyon katsayısına, dolayısı ile zeminin sıkışabilirliğine ve hidrolik iletkenliğine bağlıdır.

Bir sönümlenme deneyi, istenen derinlikte, penetrasyonun durdurulmasının ardından boşluk suyu basınçlarının (u) zamana bağlı olarak ölçümüyle yapılır. Sönümlenme deneyinde kullanılan filtrenin yerine göre u değişkeni 1, 2 veya 3 indislerinden birini alarak “u₁, u₂ veya u₃” şeklinde ifade edilir. Koninin ucuna veya koni yüzeyine yerleştirilen filtrede ölçülen boşluk suyu basıncı “u₁”, koninin hemen arkasında sürtünme gömleğinin altına yerleştirilen boşluk suyu basıncı “u₂” ve sürtünme gömleğinin arkasına yerleştirilen filtrede ise “u₃” olarak ifade edilir (Şekil 5).

Boşluk suyu basınçlarının sönümlenme oranı koni tijlerinin kilitleyip kilitlemediğine ve penetrasyonun durup durmadığına bağlı olabilir. Tijler sabit tutturulsalar bile, bunların içinde gelişen elastik deformasyon enerjisinden ve koni yükünün azalmasından dolayı çok yavaş ta olsa hareket halinde olabilirler. Söz konusu hareket konik ucun etrafındaki zeminde toplam gerilmeyi değiştirebilir. Bu da boşluk

suyu basınçlarının zamana bağlı olan dağılımını etkiler. Bu olumsuz durumun daha çok koni üzerine takılan (u_1) filtrelerde önemli boyutlarda olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5. Boşluk suyu basıncı ölçümü için filtrenin koni üzerinde farklı konumları

Sönümlenmede tüm zeminler için deneye, sönümlenmenin belirli bir periyoduna (*fixed period of dissipation*), bazen de önceden belirlenmiş bir sönümlenme oranına (U , *degree of dissipation*) ulaşıncaya kadar devam edilir. Sönümlenme oranı,

$$U = \frac{u_t - u_o}{u_i - u_o} \dots\dots\dots(29)$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

u_t : t zamanında boşluk suyu basıncı,

u_o : arazide dengedeki boşluk suyu basıncı (*equilibrium pore pressure in situ*)

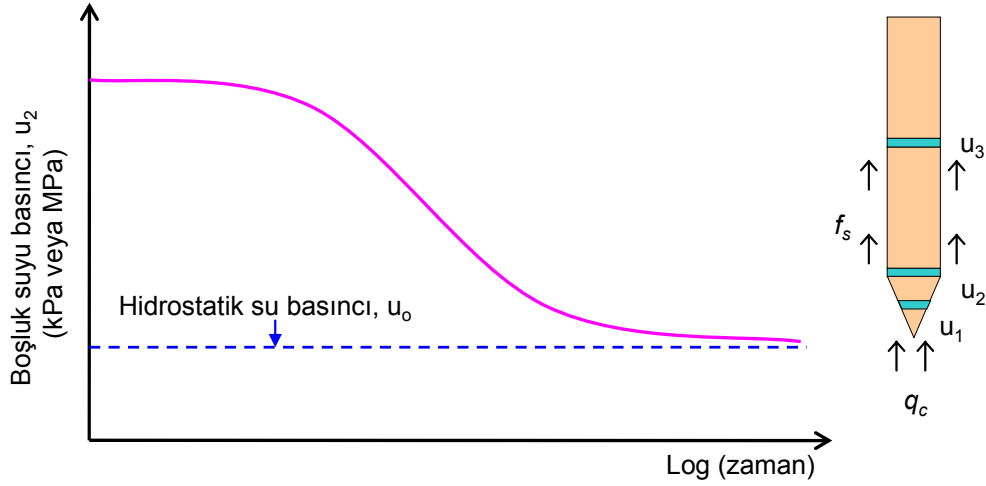
u_i : sönümlenme deneyi başlangıcındaki boşluk suyu basıncı, olmaktadır.

Deney genellikle sönümlenme oranının en az yüzde elliye ulaştığı zamana ($U=50\%$) kadar sürdürülür. Denge boşluk suyu basıncını elde etmek gerekiyorsa deneye boşluk suyu basınçlarında herhangi bir değişim gözlenmediği ana kadar devam etmek gerekir. Bu, kumlarda çok hızlı gerçekleşir, ancak yüksek plastisiteli killerde sönümlenme birkaç güne giden bir süreçtir. Boşluk suyu basınçları zamana karşı kaydedilir. Sönümlenme, deney başlangıcında hızlı geliştiğinden, veri toplanmasına sönümlenmenin oldukça erken safhalarında başlanılmasına özen gösterilmelidir.

2.6.1 Tekdüze Sönümlenme (*monotonic dissipation*)

Killerde yapılan sönümlenme deneyinde, Tip-1 konilerinde u_1 her zaman için zamanla azalır. Buna karşın, Tip-2 konilerde yumuşak killerde Δu_2 zamanla azalırken aşırı konsolide killerde önce artmakta, bir maksimum değere ulaşmakta ve tekrar hidrostatik su basıncı seviyesine doğru yönelmektedir (Sully, 1991).

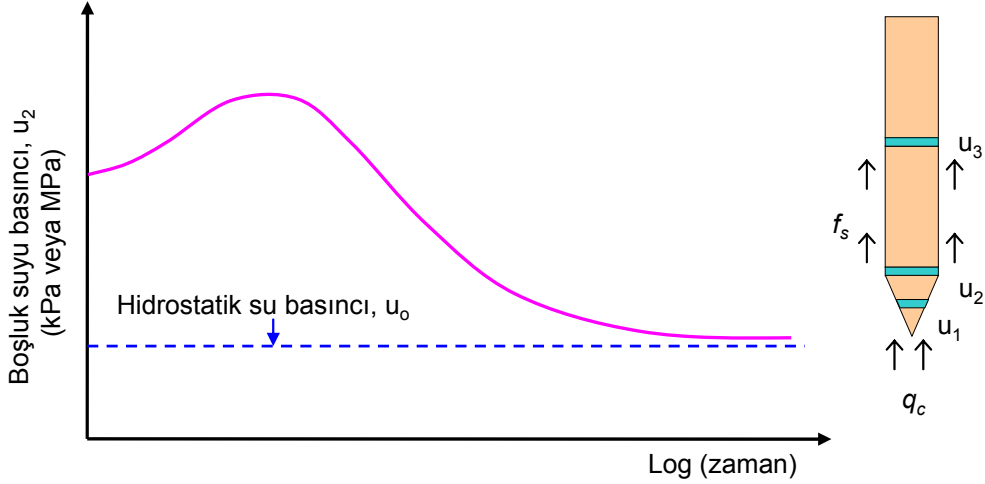
Temsili bir tekdüze sönümlenme deney sonucu Şekil 6' da gösterilmiştir. Bu tip sönümlenmede eğri zamana bağlı olarak devamlı bir azalma sunmakta ve hidrostatik su basıncı seviyesine kararlı olarak yönelmektedir.



Şekil 6. Yumuşak kilde tipik tekdüze sönümlenme eğrisi

2.6.2 Genleşme (Kabarma) Sönümlenmesi (*dilatatory dissipation*)

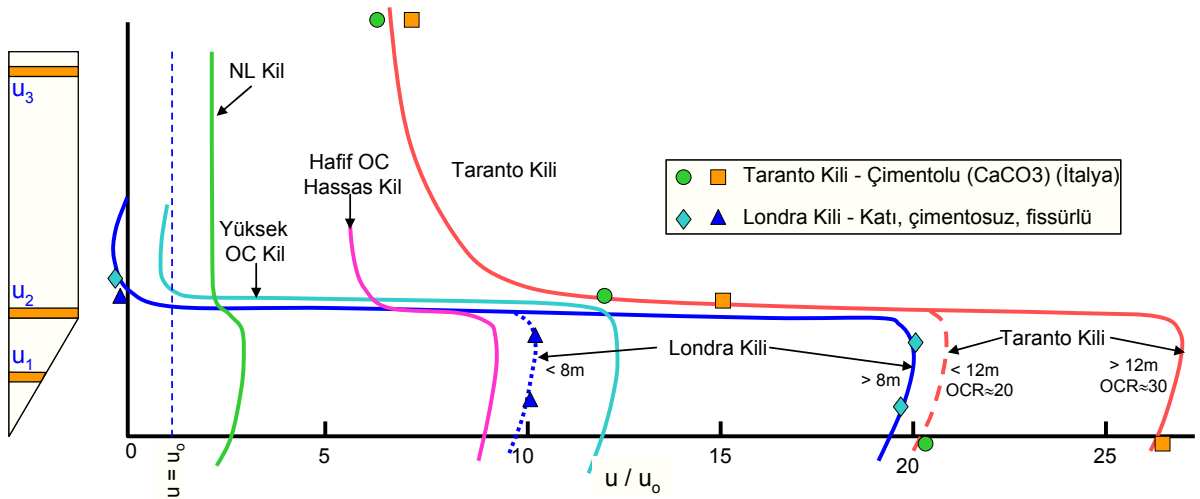
Birçok aşırı konsolide kil ve fisürlü ortamda yapılan sönümlenme deneyinde $\Delta u'$ da başlangıçta zamanla bir artış olmakta ve bir doruk değere ulaşılmaktadır, ancak sönümlenmenin ileri aşamalarında u zamanla düşerek statik su seviyesine yönelmektedir. Bu davranış kabarmanın (*dilation*) bir sonucu olduğundan bu tip sönümlenmeye kabarma sönümlenmesi denmektedir (Şekil 7). Bu durumda t_{50} tayini kesin yapılamadığından konsolidasyon katsayısının hesaplanması pek mümkün olamamaktadır.



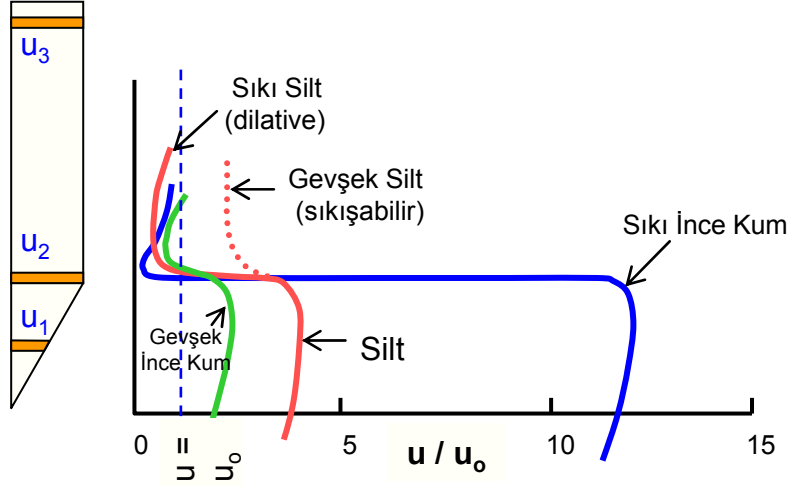
Şekil 7. Aşırı konsolide kilde genişleme tipi sönümlenme eğrisi

2.6.3 Sönümlenmede Etkenler

1. Başlangıç boşluk suyu basınçlarının dağılımı (*initial pore pressure*): Deneyimler koni çevresindeki başlangıç boşluk suyu basınçlarının koniden uzaklaştıkça ve koni şaftı boyunca Şekil 8’ de gösterildiği gibi değiştiğini göstermektedir. Katı, aşırı konsolide killerde koniden şafta doğru gittikçe boşluk suyu basıncı değerlerindeki çok büyük eğimler bu tür zeminlerde negatif boşluk suyu basınçları oluşturur. Sıkı kumlarda oluşabilecek dilatasyondan dolayı koni arkasında ölçülen (u_2) boşluk suyu basınçlarında negatif okumalar alınabilir (Şekil 9). Boşluk suyu basınçları sönümlenmeye başlamadan önce yerel bir yeniden dağılım (*local redistribution*) meydana gelir ki bu da koni arkasındaki boşluk suyu basınçlarının başlangıçta artmasına neden olur (Şekil 10).

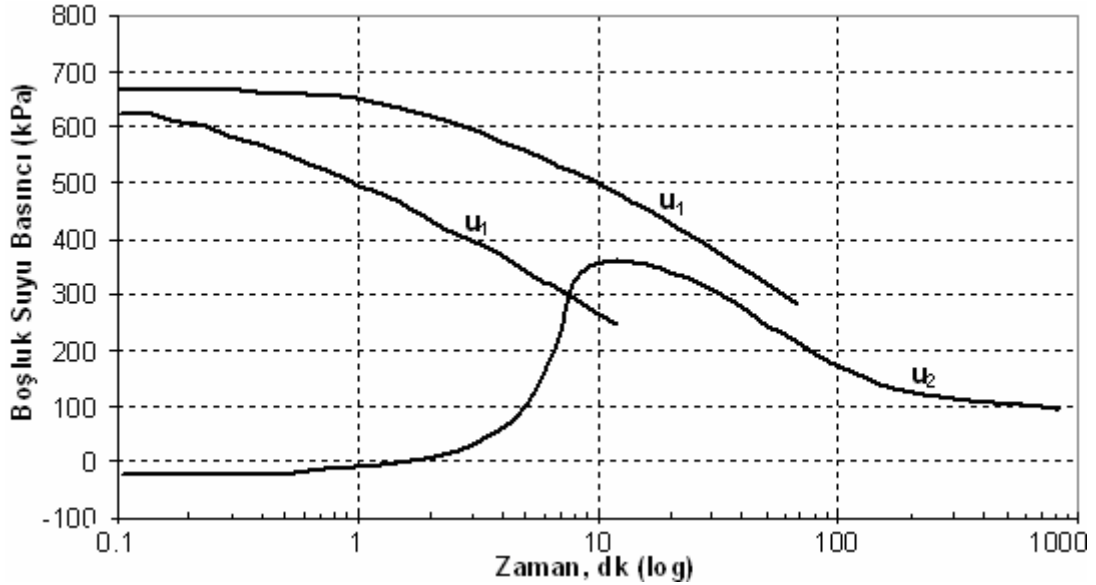


Şekil 8. Doygun killerde başlangıç boşluk suyu basıncı dağılımı (Sully vd., 1988)



Şekil 9. Silt ve kumlarda koni etrafında oluşan boşluk suyu basınçlarının dağılımı

Laboratuvar ve arazi deneylerinin teorik analizlerinin karşılaştırmaları, piyezokoni deneyinden elde edilen konsolidasyon katsayısının güvenilirliğini geliştirmek için, başlangıç boşluk suyu basıncının sıfır zamanda ($t=0$) tayininin gerekli olduğunu göstermiştir.



Şekil 10. Tipik sönümlenme eğrileri

Başlangıç boşluk suyu basıncının en iyi ve doğru şekilde tayini, sönümlenme deneyinin başlangıcında, u kayıtlarının sık zaman aralıklarında alınması ile sağlanır. Bu da zemin tipinin bir fonksiyonudur. Karekök-zaman çiziminin doğrusal gösterimi u_i 'nin güvenilir bir şekilde tahminine olanak sağlamaktadır.

2. Penetrasyon sırasında zeminde oluşan örselenmenin etkisi: Bu etki penetrasyon sırasında koni etrafındaki zeminde, hırpalanmamış zemine oranla daha düşük geçirimsizliğe sahip bir bölge gelişmesine neden olabilir.

3. Düşey yönde sönümlenmenin önemi: Sönümlenmenin öncelikle radyal konsolidasyon katsayısı tarafından etkilendiği söylene de (Levadoux ve Baligh, 1986) c_v ve c_h ' in bağlı ilişkilerinde bazı belirsizlikler vardır. Bunun önemi aşağıda tartışılan zemin anizotropisine bağlıdır.

4. Zemin Anizotropisi: Çoğu zeminde geçirimsizlik ve konsolidasyon katsayıları yatay yönde daha büyüktür. Fakat bu durum zeminden zemine değişiklik gösterebilir.

2.6.4 Sönümlenme Deneylerinin Yorumlanması

Bu araştırmanın amacı her ne kadar sönümlenme deneyi ile sıvılaştırılabilir tabakaların bir tayin metodunu geliştirmek olsa da sönümlenme deneyi bugüne kadar yapılan çalışmalarda ince daneli zeminlerin akım ve konsolidasyon özelliklerinin tayini için kullanılmıştır. Çevrimsel bir yükleme esnasında zeminin sıvılaşması öncelikle boşluk suyu basınçlarının artarak efektif gerilmeyi sıfıra getirmesi şeklinde gerçekleştiğinden, bunu kontrol eden mekanizmada ortamın hidrolik iletkenliği öne çıkan faktörlerden başlıcasıdır denilebilir. Bu sebeple akım ve konsolidasyon özelliklerinin sönümlenme deneyi ile tayin metodu bu alt başlık altında açıklanacaktır.

2.6.4.1 Zorlanma Modülü (M) (*constrained modulus*)

Zeminlerin sıkışabilirliği değişik zemin tipleri için farklı yollarla efektif gerilmenin değeriyle değişebilen zorlanma modülü ile ifade denebilir (Janbu, 1963):

$$M = m \times p_a \left(\frac{\sigma'_v}{p_a} \right)^{1-a} \dots\dots\dots (30)$$

burada m: boyutsuz modül sayısı, p_a : referans gerilmesi (100 kPa) ve a: gerilme üstlüğü (aşırı konsolide yanda $a = 1$, normal yüklenmiş ayakta $a = 0$)

Ödometre deneyinden elde edilen zorlanma modülü (M) ile koni uç direncinden elde edilen değeri arasında literatürde birkaç bağıntı bulunmaktadır. Genel ilişki

$$M = \alpha \times q_c \dots\dots\dots (31)$$

şeklinde ifade edilir. Burada q_c : ölçülen koni uç direncidir.

Sanglerat (1972) koni uç direnci ile zorlanma modülü arasında Çizelge 2' de verilen korelasyonu geliştirmiştir. Jones ve Rust (1995) Güney Afrika alüviyal killeri için $\alpha = 2.75 \pm 0.55$ alındığında M ile iyi bir korelasyon elde etmiştir.

Çizelge 2. Killi zeminler için zorlanma modülünün tayini (Sanglerat, 1972)

q_c (MPa)	$M=1/m_v=\alpha \cdot q_c$	
$q_c < 0.7$ $0.7 < q_c < 2.0$ $q_c > 2.0$	$3 < \alpha < 8$ $2 < \alpha < 5$ $1 < \alpha < 2.5$	Düşük Plastisiteli Kil (CL)
$q_c > 2.0$ $q_c < 2.0$	$3 < \alpha < 6$ $1 < \alpha < 3$	Düşük Plastisiteli Silt (ML)
$q_c < 2.0$	$2 < \alpha < 6$	Yüksek Plastik Silt ve Killer (MH, CH)
$q_c < 1.2$	$2 < \alpha < 8$	Organik Siltler (OL)
$q_c < 0.7$ $50 < w < 100$ $100 < w < 200$ $w > 200$ w: su muhtevası	$1.5 < \alpha < 4$ $1 < \alpha < 1.5$ $0.4 < \alpha < 1.0$	Turba ve Organik Killer (Pt, OH)

Senneset ve diğ. (1988) siltli zeminler için M ile düzeltilmiş koni uç direnci (q_t) arasındaki doğrusal (lineer) bağıntıyı da

$$q_t < 2.5 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \quad M = 2 q_t \quad \dots \dots \dots (32)$$

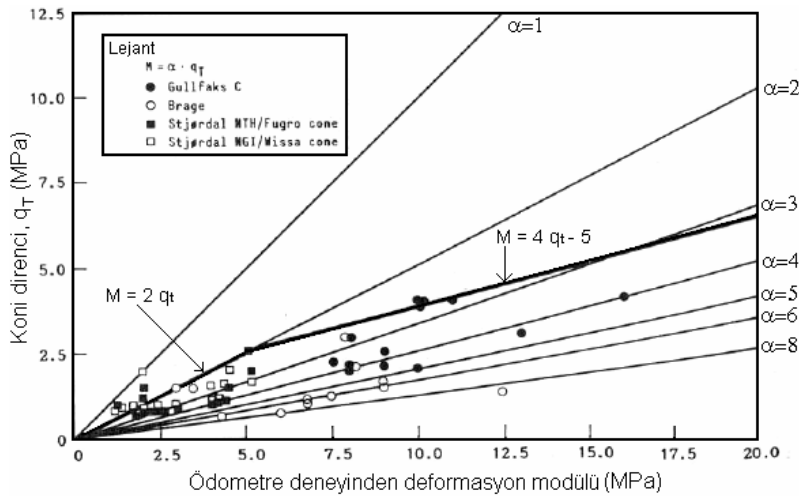
$$2.5 < q_t < 5 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \quad M = 4 q_t - 5$$

biçiminde elde etmişlerdir (Şekil 11).

Senneset ve diğ. (1988) aşırı konsolide durum için zorlanma modülünü (M) net koni direnci ile (q_n) doğrusal bir enterpolasyonla ilişkilendirmişlerdir.

$$M_p = \alpha_p \cdot q_n = \alpha_p \times (q_t - \sigma_{vo}) \quad \dots \dots \dots (33)$$

burada α_p , 5 ile 15 arasında değişir. σ_{vo} toplam eşdeğer örtü yükü, q_t düzeltilmiş koni uç direncidir.



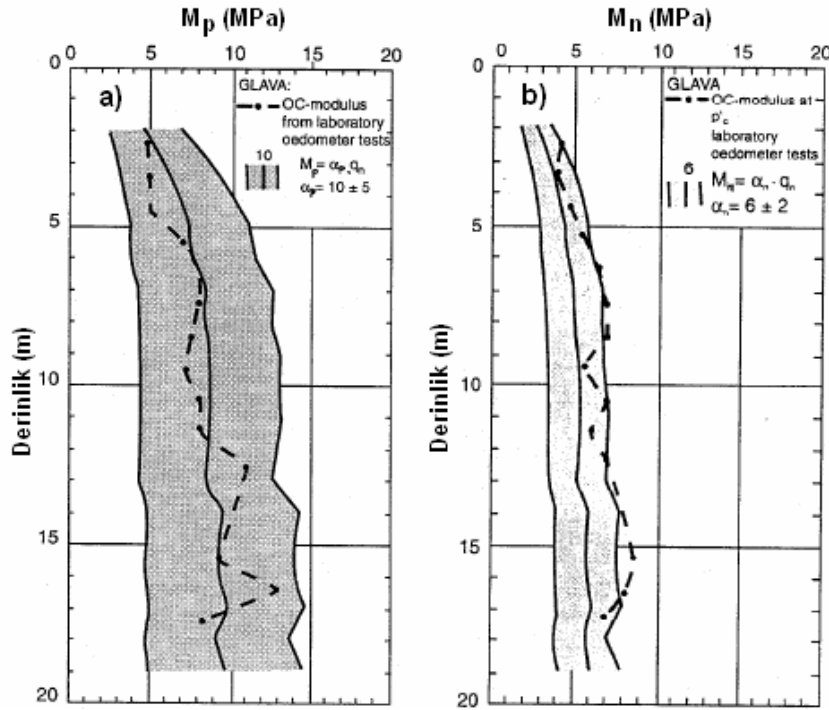
Şekil 11. Zorlanma modülü (M)-düzeltilmiş koni uç direnci (q_t) (Senneset vd., 1988)

Senneset ve diğ. (1988) normal konsolide aralık için aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir:

$$M_n = \alpha_n \cdot q_n = \alpha_n \cdot (q_t - \sigma_{vo}) \quad \dots \dots \dots (34)$$

burada birçok kil için $\alpha_n = 6 \pm 2$ dir .

Senneset ve diğ. (1988) Glava kilerinde, sıkışma eğrisinin aşırı konsolide kesimi için zorlanma modülünün Şekil 12a' da gösterildiği gibi $10q_n \pm 5q_n$ olmasına karşın normal yüklenmiş kesimde Şekil 12b' den görüleceği gibi $8q_n$ üst limiti dolayında olacağını ve CPT verilerinin kullanımı ile kilerde sıkışma modüllerinin sağlıklı tahmin edilebileceğini bildirmişlerdir.

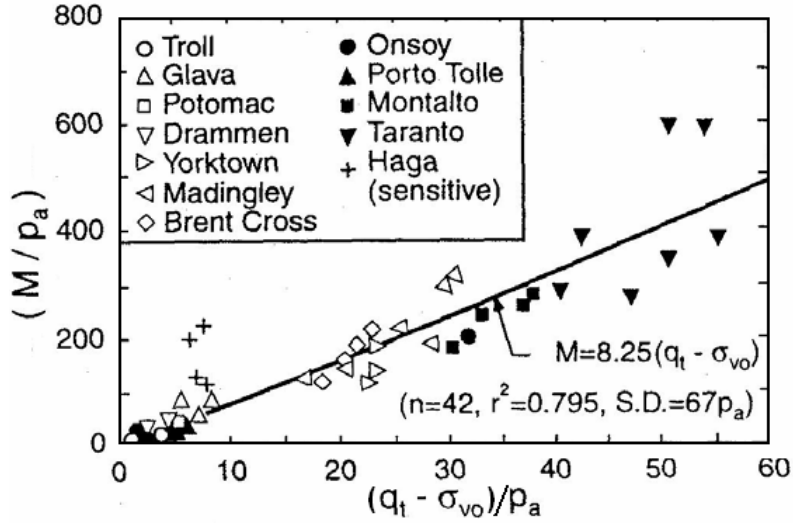


Şekil 12. Zorlanma modülünün değişimi

Kulhavy ve Mayne (1990) zorlanma modülü (M) ve net koni uç direnci ($q_t - \sigma_{vo}$) arasındaki ilişki üzerinde çalışmışlar, farklı zemin tipleri için aşağıdaki ilişkiyi önermişlerdir:

$$M = 8.25 (q_t - \sigma_{vo}) \quad \dots \dots \dots (35)$$

Bazı durumlarda bu ilişkiler iyi sonuçlar verse de, yerel deneyimler farklı zemin tiplerinde uç direnci (q_c) ile zorlanma modülü (M) arasındaki korelasyonun daha da geliştirilmesinin önem taşıdığını göstermiştir. Şekil 13 zorlanma modülü ile net koni direnci arasında genel bir ilişki sunmaktadır.



Şekil 13. Zorlanma modülünün koni direncinden bulunması

Senneset ve diğ. (1988) $(\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v)$ gerilme aralığında, ortalama zorlanma modülünün (M_{av}) hesaplanması için aşağıdaki ilişkiyi önermişlerdir:

$$M_{av} = M \sqrt{\frac{\sigma'_{v0} + 0.5\Delta\sigma'_v}{\sigma'_{v0}}} \quad \dots\dots\dots (36)$$

2.6.4.2 Konsolidasyon Katsayısı

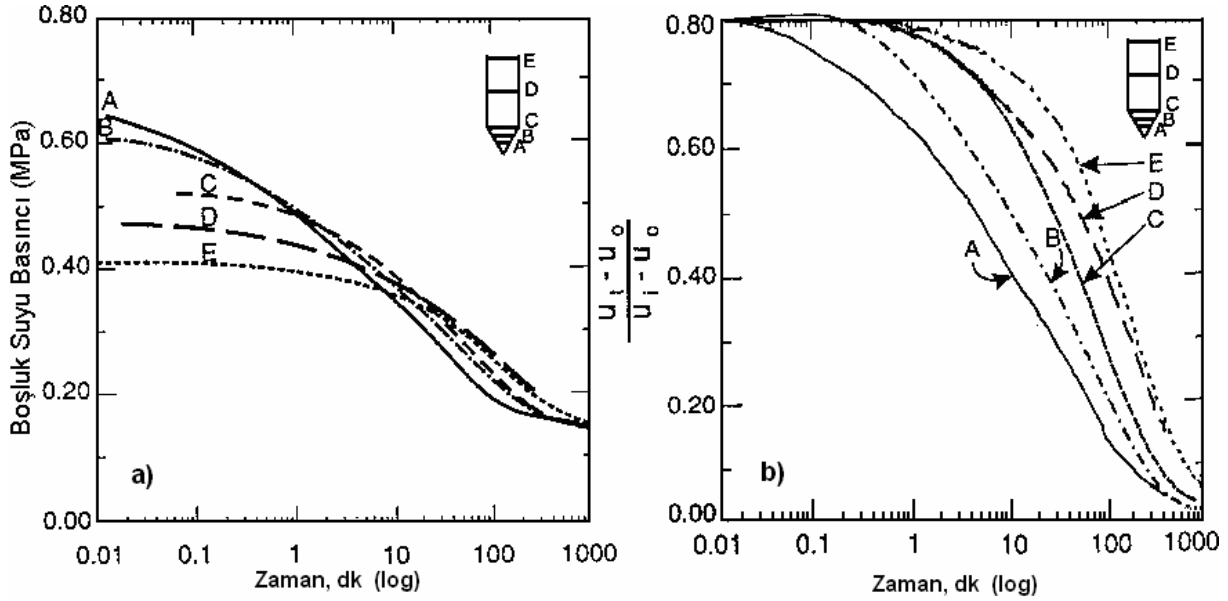
Zeminin akım ve konsolidasyon özellikleri konsolidasyon katsayısı (c_v) ve hidrolik iletkenlik (k) ile ifade edilir. Bunlar aşağıdaki formülde görüldüğü gibi birbirleriyle ilişkilidir:

$$c_v = k_v \cdot \frac{M}{\rho_w} \quad \dots\dots\dots (37)$$

M: problemin niteliğine göre bakır yükleme, boşaltma veya yeniden yükleme ayağında kısıtlı modül (*constrained modulus*).

Konsolidasyon parametrelerinin oranına, piyezokoni deneyinde ilerlemenin durdurulmasıyla, sönümlenmenin ölçümü veya boşluk suyu basınçlarının zamana bağlı olarak azalmasının izlenmesiyle değer biçilebilir.

Şekil 14a yumuşak bir kilde logaritmik zaman ölçeğine çizilmiş tipik sönümlenme eğrilerini göstermektedir. Şekil 14a' da görülen eğrilerin normalleştirilmiş olarak yeniden çizilmiş hali Şekil 14b' de verilmektedir.



Şekil 14. Bothkennar deney alanından sönümlenme deneyi sonuçları

10-15 yıldan fazla bir süredir boşluk suyu basınçlarının sönümlenme verilerinden konsolidasyon katsayısının çıkartılması hakkında teorik ve yarı ampirik çözümler geliştirilmektedir.

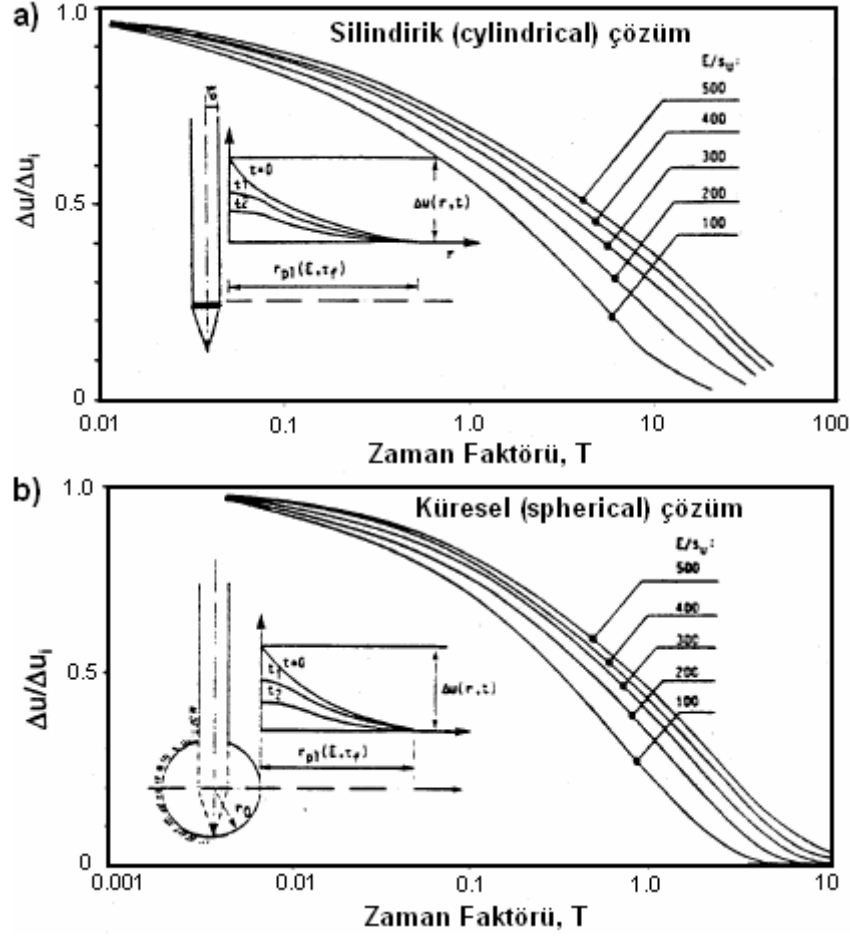
Torstensson (1975, 1977) sönümlenme için boşluk büyümesi (*cavity expansion*) teorisine dayanan bir yorum modeli geliştirmiştir. Burada başlangıç boşluk suyu basıncı, zemin modelinin elasto-plastik olduğu ve küresel veya silindirik boşluk büyümesi teorisinin geçerli olduğu kabulüne göre hesaplanmıştır (Şekil 15). Daha sonra boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesini hesaplamak için lineer birleştirilmemiş (*uncoupled*) bir boyutlu konsolidasyonu kullanılmış ve konsolidasyon katsayısının yorumlanması için sönümlenmenin %50' sinin kullanılması gerektiği önerilmiştir:

$$c = \frac{T_{50}}{t_{50}} \cdot r_0^2 \dots\dots\dots (38)$$

Burada, T_{50} : teorik çözümlerden bulunan zaman faktörü,

t_{50} : %50 sönümlenme için geçen zaman,

r_0 : silindirik model için penetrometre çapı veya küresel model için eş çap.



Şekil 15. Torstensson metodu için zaman faktörleri (T) a) silindirik çözüm, b) küresel çözüm
Uygun modelin seçimi poröz elemanın yerleştirilme yerine bağlıdır. Küresel model çözümü filtrenin konik ucun herhangi bir yerine yerleştirildiği durumlarda en iyi çözümü verir. Filtre koninin uzağında silindirik gövde üzerinde herhangi bir yere yerleştirilirse bu durumda silindirik model çözümü en uygun olmaktadır.

Baligh ve Levadoux (1986) boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesi ile ilgili araştırma sonunda tahmin edilen $c_{h(\text{piezo})}$ 'nin $c_{h(\text{OCR})}$ 'ya eşit olduğunu ve aşağıdaki ilişkide $c_{h(\text{piezo})}$ nun NL durumdaki $c_{h(\text{NC})}$ 'a transferini önermişlerdir.

$$c_{h(\text{NC})} = \frac{RR}{CR} c_{h(\text{piezo})} \dots\dots\dots(39)$$

burada $RR = \frac{C_r}{1+e_0}$ ve $CR = \frac{C_c}{1+e_0}$ dir. RR ve CR sırasıyla yeniden yükleme ve sıkışma oranlarını; C_r : şişme (yeniden yüklenme) indisini, C_c : sıkışma indisini ve e_0 zeminin başlangıçtaki boşluk oranını göstermektedir.

Levadoux ve Baligh (1986) normal yüklenmiş Boston mavi killerde rijitlik indisini $I_r=500$ almışlar ve başlangıç boşluk suyu dağılımlarının tahmini için deformasyon yolu metodunu (*strain path method*) kullanmışlardır. Daha sonra birleştirilmiş

(coupled) ve bağımsız lineer konsolidasyon analizi sonlu eleman yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bulunan bazı önemli sonuçlar şöyledir:

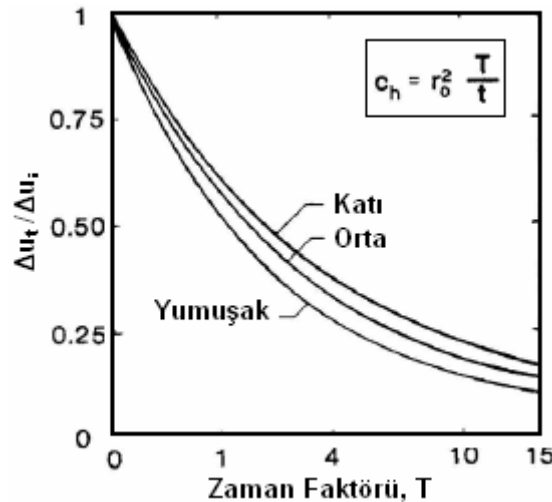
- Basit birleştirilmemiş çözümler (*simple uncoupled solutions*) sönümlenme sürecinin mantıklı ve doğru olarak tahmin edilmesini sağlar.
- Sönümlenmenin %50' den daha az olduğu durumlarda, yeniden sıkışma modunda konsolidasyon baskın yer alır.
- Sondanın çevresinde oluşan başlangıç boşluk suyu basınçlarının başlangıç dağılımları sönümlenme sürecinde önemli bir etkiye sahiptirler.
- Sönümlenme genellikle yatay yönde gerçekleşir.

Senneset ve diğ. (1982) (Metod-A) Torstenson' un yaklaşımına benzer bir denklem önermişlerdir. Zaman faktörü (T) için kart Şekil 16' da gösterilmektedir. Zaman faktörü, zemin özelliklerinin ve boşluk basıncı dağılım oranının ($\Delta u_t / \Delta u_i$) bir fonksiyonudur. Burada $\Delta u_t = u_t - u_0$ ' dir ve u_t verilen bir zamanda (t) boşluk suyu basıncıdır.

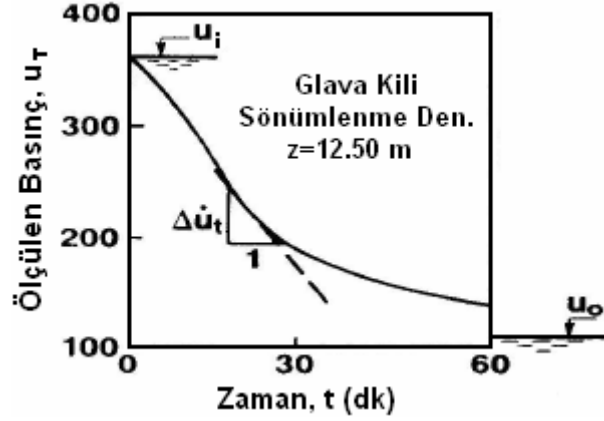
Senneset ve diğ. (1982) (Metod-B) sönümlenme oranından $c_{h(\text{piezo})}$ ' ı tahmin eden aşağıdaki gibi bir denklem sunmuşlardır:

$$c_{h(\text{piezo})} = \lambda_c \cdot r_0^2 \left| \frac{\Delta \dot{u}_t}{\Delta u_i} \right| \dots \dots \dots (40)$$

Burada λ_c oran faktörünü, $\Delta \dot{u}_t$ verilen sönümlenme seviyesindeki sönümlenme oranını, Δu_i ise t=0' daki başlangıç aşırı boşluk suyu basıncını göstermektedir. Şekil 17 değerlendirme için gerekli olan terimleri tanımlamaktadır.



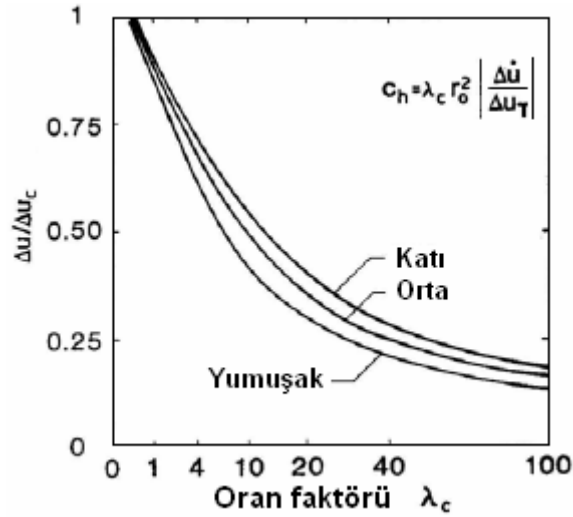
Şekil 16. Zaman faktörünün (T) tayini (Senneset ve diğ., 1982)



Şekil 17. Sönümlenme deneyinin değerlendirilmesinde terminoloji

λ_c oran faktörü Şekil 18' den belirlenebilir. Oran faktörü, boşluk suyu basıncı sönümlenme derecesinin ($\Delta u_t / \Delta u_i$) ve zemin özelliklerinin bir fonksiyonudur.

Teh ve Houlsby (1991) birim deformasyon izi (*strain path*) metodu ve büyük deformasyonlu sonlu eleman analizini birleştirerek CPTU' da aşırı boşluk suyu basınçlarının başlangıç dağılımını hesaplamak için bir metod geliştirmişlerdir. Bu metod Von Mises' in ideal elastik-tam plastik yaklaşımını kullanmaktadır. Terzaghi-Rendulic ayırık (*uncoupled*) konsolidasyon teorisini kullanan sonlu farklar metodu ise aşırı boşluk suyu basıncı dağılımının analizi için kullanılmıştır. Zemin rijitliğinin (I_r) etkisini hesaba katarak, Teh ve Houlsby değiştirilmiş zaman faktörünü (T^*) Çizelge 3' te verildiği gibi açıklamışlardır.



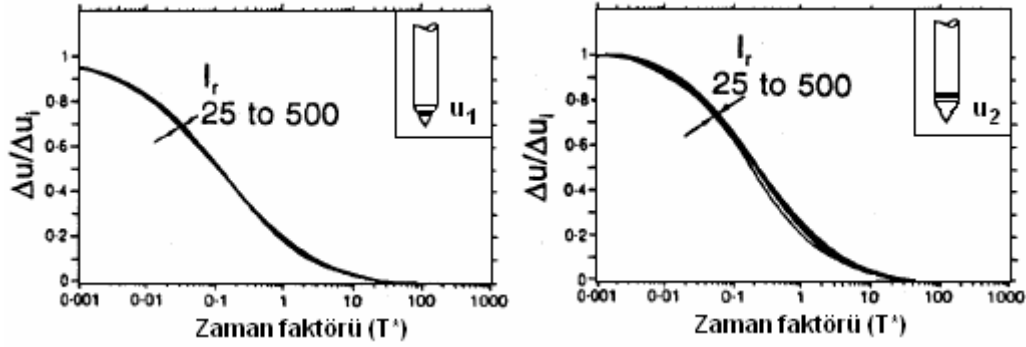
Şekil 18. Oran faktörünün tayini

Çizelge 3. Değiştirilmiş zaman faktörü (T^*) (Teh ve Houlsby, 1991)

Konsolidasyon Yüzdesi	Filtrenin Yeri			
	u_1	u_2	Koni tabanından 5 çap yukarıda	Koni tabanından 10 çap yukarıda
20	0.014	0.038	0.294	0.378
30	0.032	0.078	0.503	0.662
40	0.063	0.142	0.756	0.995

50	0.118	0.245	1.110	1.458
60	0.226	0.439	1.650	2.139
70	0.463	0.804	2.430	3.283
80	1.040	1.600	4.100	5.240

Koni ucu ve hemen arkasında normalize edilmiş sönümlenme eğrileri Şekil 19' da görülmektedir.



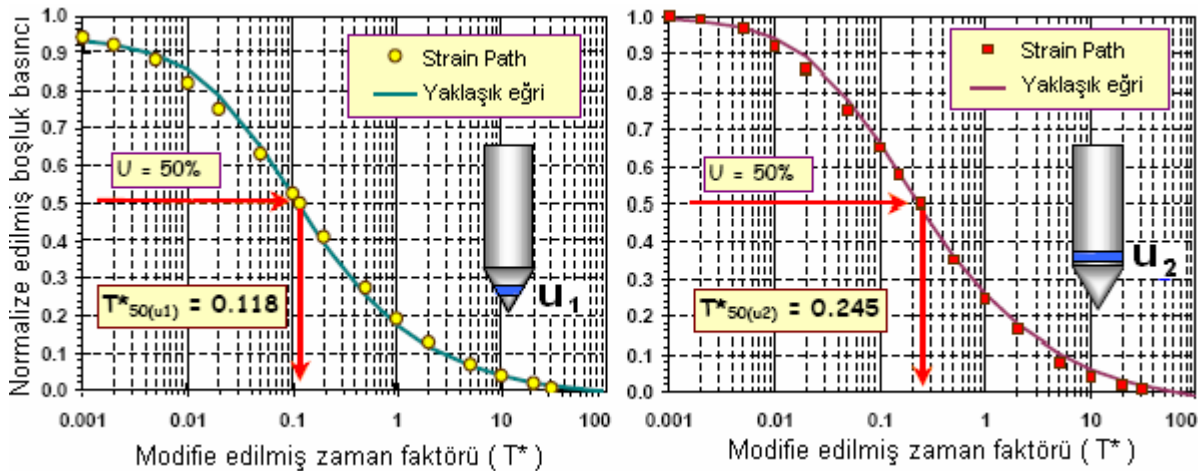
Şekil 19. Teorik çözümlerle normalize edilmiş sönümlenme eğrileri

Şekil 20' den %50 konsolidasyon için, koni ucuna yerleştirilen filtrede (u_1) değiştirilmiş zaman faktörünün $T^*=0.118$ ve hemen koni arkasına yerleştirilen filtrede (u_2) ise $T^*=0.245$ olduğu görülmektedir.

Teh ve Houlsby (1991) yatay konsolidasyon katsayısının (c_h) tahmini için de aşağıdaki eşitliği önermişlerdir:

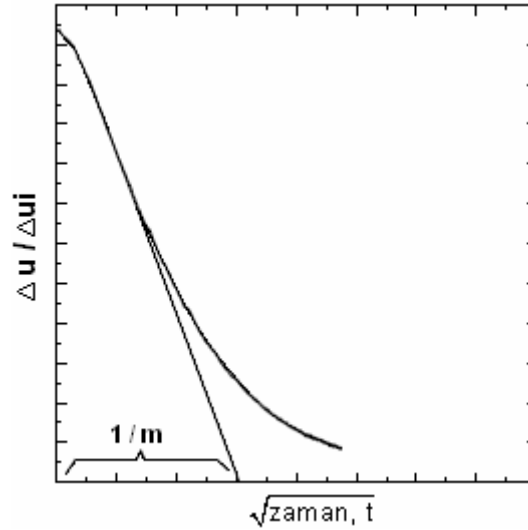
$$c_{h(\text{piez})} = \frac{T_{50}^* t_0^2}{t_{50}} \sqrt{I_r} \quad \dots \dots \dots (41)$$

Burada $I_r = G/s_u$ rijitlik indisi (*rigidity index*), G : kayma modülü ve s_u : drenajsız kayma direncidir.



Şekil 20. Monotonik sönümlenme eğrisinde u_1 ve u_2 filtre için modifiye edilmiş zaman faktörleri (T^*)

Teh (1987) Şekil 21' de gösterildiği gibi karekök zaman ölçeğinde çizilmiş boşluk suyu basıncı dağılım eğrisinin başlangıçta doğrusal olan kısmındaki eğimi (m) kullanarak konsolidasyon katsayısını tahmin eden bir yöntem geliştirmiştir.



Şekil 21. Normalleştirilmiş aşırı boşluk suyu basıncı eğrisinin doğrusal kısmında eğimin hesaplanması

Buna göre yatay konsolidasyon katsayısı (c_h) aşağıdaki eşitlikle tayin edilebilir:

$$c_{h(\text{piez})} = \left(\frac{m}{M_G} \right)^2 \cdot \sqrt{I_r} \cdot r_0^2 \quad \dots \dots \dots (42)$$

Burada M_G : filtrenin yerine ve sonda geometrisine göre elde edilen teorik eğrinin eğimidir ve değerleri Çizelge 4' te verilmiştir. m : $\sqrt{\text{zaman}}$ grafiğinde başlangıçta ölçülen doğrusal sönümlenme eğrisinin eğimidir.

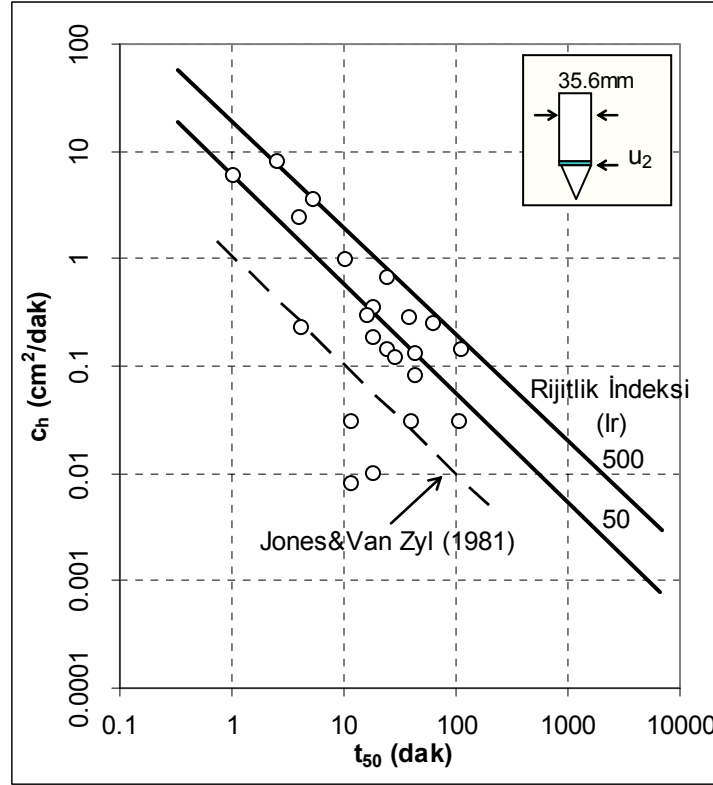
Çizelge 4. $\sqrt{\text{zaman}}$ çiziminde sönümlenme eğrilerinin eğimi (M_G), (Teh, 1987)

Filtre Yeri \Rightarrow	u_1	u_2	Koniden 5 çap yukarıda u_3
Sönümlenme eğrisinin eğimi (M_G)	1.63	1.15	0.62

$\sqrt{\text{zaman}}$ (t) yöntemi kısa sönümlenme deneylerinde ve/veya başlangıç boşluk suyu basıncının (u_i) kestirilemediği durumlarda kullanışlıdır.

Robertson ve diğerleri (1992) CPTU deneyinden konsolidasyon katsayısının tahmini için, Houlsby ve Teh (1988)' in çözümünü laboratuvar deneyleri ve arazi gözlemlerinin sonuçları ile birlikte değerlendirerek, sönümlenme verilerini tekrar gözden geçirmişlerdir. Bu çalışma c_h ' in Houlsby ve Teh (1988)' in çözümüyle makul doğrulukta tahmin edilebileceğini ortaya koymuştur. Boşluk suyu basıncı verileri piyezometrenin farklı yerlerine göre irdelenmiş ve sonuçlar koninin hemen

arkasındaki filtrede ölçülen boşluk suyu basıncının (u_2) en az saçılımlı dağılımı verdiğini göstermiştir. Şekil 22 Robertson ve diğ. (1992) tarafından yayınlanan sonuçları göstermektedir.



Şekil 22. Ortalama laboratuvar c_h değerleri ve CPTU sonuçları (Robertson ve diğ., 1992)

Burns ve Mayne (1998) yumuşak bir kilde koninin farklı yerlerine yerleştirilmiş filtrelerden elde edilen normalleştirilmiş sönümlenme eğrilerinin Teh ve Houlsby' in şekline oldukça yakın olduğunu, ancak birbirlerine göre belli bir oranda farklılıklar sunduğunu göstermişlerdir. Teh ve Houlsby' e göre elde edilen c_h değerleri u_1 ve u_2 filtre pozisyonlarında birbirlerine oldukça yakın çıkmakta, buna karşın u_3 ' ten elde edilen c_h daha az çıkmaktadır.

Daha önce de tartışıldığı gibi; konsolidasyon katsayısının tahmini için önerilen yöntemde, koni arkasına takılan piyezometreden (u_2) elde edilen sönümlenme verilerinin kullanılması uygundur. Bununla birlikte, her ne kadar veriler daha az tutarlı olsa da diğer filtre yerleri de kullanılabilir. Tavsiye edilen prosedür aşağıdaki gibidir:

- Büyütülmüş logaritmik veya karekök-zaman ölçeğinde sönümlenmenin erken kısımlarını çiz (%10 sönümlenmeden daha az) ve başlangıç boşluk suyu basıncını (u_i) tayin et.
- Arazideki yer altı su seviyesinden u_o ' ı tayin et.
- Normalize edilmiş aşırı boşluk suyu basıncını log-zaman veya karekök-zaman ölçeğinde çiz.

- $U = \frac{u_t - u_o}{u_i - u_o}$
- %50 sönümlenme için gerekli zamanı (t_{50}) bul.
- Şekil 22' yi kullanarak c_h' ı tahmin et.
- Eğer sönümlenme deneyi t_{50}' yi tayin edebilecek kadar sürmemiş ise; Şekil 21' deki karekök-zaman ölçeği kullanılarak çizilecek olan grafikten sönümlenme eğrisinin başlangıç kısmındaki doğrusal bölümden eğimi (m) belirle ve c_h' ı tahmin et.

Söz konusu bu prosedüre göre c_h' ın büyüklüğünün \pm yarısı kadar bir değerde bulunması mümkündür. Düşey yönde konsolidasyon katsayısının kaba bir tahmini düşey ve yatay geçirimsizlik katsayılarının oranları kullanılarak yapılabilir. Böylece:

$$c_v = k_v \frac{M}{\rho_w} \dots\dots\dots(37)$$

$$c_h = k_h \frac{M}{\rho_w} \dots\dots\dots(43)$$

olur.

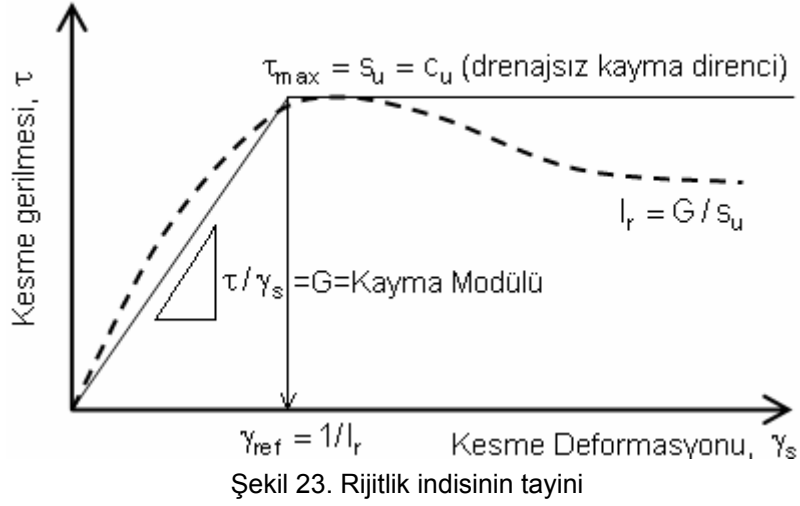
Killer için drenajsız rijitlik indisi (I_r) kayma modülü (G)' nin kayma direnci (s_u)' ya oranıdır ve farklı şekilde elde edilebilir:

- Üç eksenli deneyde gerilme şekil değiştirme eğrisi (Şekil 23),
- Presiyometre deneyi,
- Ampirik korelasyonlar

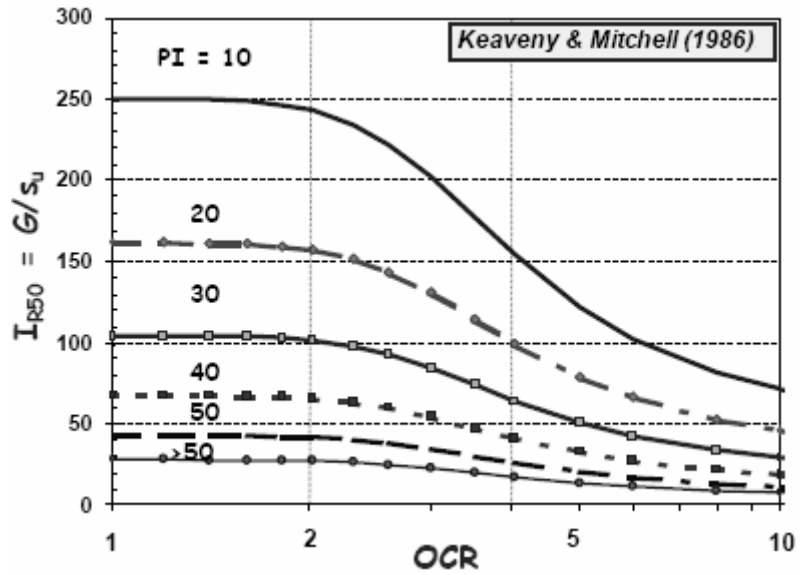
Drenajsız koşullarda yapılan üç eksenli deneyde rijitlik indisi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$I_r = \frac{E}{2(1+\nu)s_u} = \frac{G}{s_u} \dots\dots\dots(44)$$

burada; E: eşdeğer Young Modülü [$2G(1+\nu)$], G: kayma Modülü, ν : Poisson Oranı (drenajsız durumda $\nu=0.5$) ve s_u : drenajsız kayma direncidir. Şekilde $\sigma-\epsilon$ diyagramı yerine kesme kutusunda gösterildiği gibi $\tau-\gamma$ eksenlerinde verilmiştir. Bu durumda, $\nu=0.5$ alınırsa eksenler $\tau=\sigma/2$ ve $\gamma=\epsilon/2$ olarak düzenlenebilir. Aynı şekilde kayma modülü de $G=E/3'$ e eşit olacaktır.



Anizotrop-konsolidasyonlu üç eksenli sıkışma deney verisine dayanan bir korelasyon Şekil 24’ de gösterildiği gibi I_r' yi OCR ve I_p terimleriyle birlikte irdeleyerek vermektedir (Keaveny ve Mitchell, 1986).



Programlamada kullanım açısından ampirik eğilim yaklaşık olarak

$$I_r \approx \frac{\exp\left[\frac{137 - PI}{23}\right]}{\left[1 + \ln\left\{1 + \frac{(OCR - 1)^{3.2}}{26}\right\}\right]^{0.8}} \quad (45)$$

şeklinde verilebilir.

Bazı araştırmacılar rijitlik indisinin ($I_r = G/s_u$) CPTU verilerinden doğrudan tayini için aşağıdaki formülün kullanabileceğini bildirmişlerdir (Mayne, 2001):

$$I_r = \exp \left[\left(\frac{1.5}{M} + 2.925 \right) \left(\frac{q_t - \sigma_{vo}}{q_t - u_2} \right) - 2.925 \right] \dots\dots\dots (46)$$

2.6.4.3 Hidrolik İletkenlik

Baligh ve Levadoux (1980) yatay konsolidasyon katsayısının aşağıdaki ifade ile tahmin edilmesini önermişlerdir;

$$k_h = \frac{\rho_w}{2.3 \cdot \sigma'_{vo}} \cdot RR \cdot c_h \dots\dots\dots (47)$$

burada RR: aşırı konsolide aralıktaki sıkışma oranıdır ve $0.5 \times 10^{-2} < RR < 2 \times 10^{-2}$ değerleri olağandır.

Anizotropiye dolaylı zemin birikintileri düşey hidrolik iletkenlikten (k_v) daha büyük bir yatay hidrolik iletkenliğe (k_h) sahiptir ve bundan dolayı bir çok durumda yatay konsolidasyon katsayısı genellikle düşey konsolidasyon katsayısından daha yüksektir ($c_h > c_v$). Piyezometri çevresinde konsolidasyonu c_h ' nin yönettiği belirtilmiştir. Düşey konsolidasyon katsayısı (c_v), zeminin sıkışabilirliği izotrop kabul edilirse, ($m_h = m_v$) Levadoux ve Baligh (1986) tarafından önerilen aşağıdaki denklem kullanılarak

$$c_{v(NC)} = c_{h(NC)} \frac{k_v}{k_h} \dots\dots\dots (48)$$

olarak alınabilir.

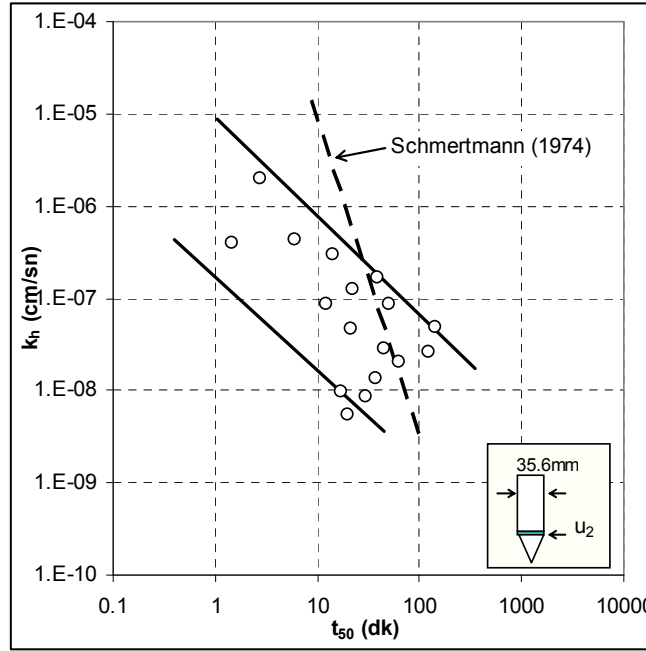
İnce daneli zeminlerin arazi anizotropisinin, numune boyutu etkisi, numune örselenmesi, fisür ve çatlakların varlığı nedeniyle laboratuvarında belirlenmesi zordur. Bu nedenle c_v ' yi belirlemek için k_v/k_h ' nin Çizelge 5' te önerilen değerlerinin kullanımı yararlı olabilir.

Çizelge 5. Killerin anizotrop hidrolik iletkenlik aralığı (k_h/k_v)

Kilin doğası	k_h/k_v
Tabakalanma yok	1 - 1.5
Hafif tabakalanma, arada sırada devamsız merccekler ve yüksek geçirimli malzeme tabakaları içeren çökel killer.	2 - 4
Tabakalı killer ile gömülü ve çok veya az süreklili geçirimli tabakalar içeren diğer birikintiler	3 - 5

Robertson ve diğ. (1992) Şekil 25' de gösterildiği gibi sönümlenme verileri ile laboratuvarında elde edilen k_h değerleri arasındaki ilişkiyi özetlemişlerdir. Bu şekilde

daha önce geliştirilmiş olan Schmertmann (1974) ilişkisi de içermektedir. c_h ' nin t_{50} den kabaca bir tayini için Şekil 25 kullanılabilir.



Şekil 25. 10 cm² kesitli piyezokonda k_h ' nin bulunması için abak

Zeminlerin hidrolik iletkenliği Çizelge 6' da gösterildiği gibi CPT sınıflama kartlarındaki zemin tiplerinin bir fonksiyonu olarak da tahmin edilebilir.

Tip-2 piyezokoni için (u_2) monotonik tepkiden t_{50} okuması (saniye) Şekil 26' da sunulan karta göre geçirimsizliği değerlendirmek için kullanılabilir. Ortalama ilişki yaklaşık olarak şöyle verilebilir (Perez ve Fauriel, 1988):

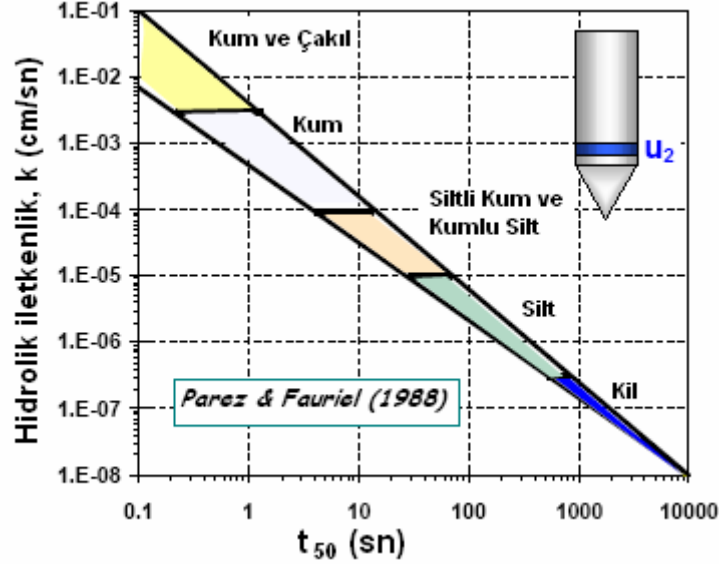
$$k = \frac{1}{(251 \cdot t_{50})^{1.25}} \text{ (cm/s)} \quad \dots \dots \dots (49)$$

Çizelge 6. Robertson vd. (1986 ve 1990) CPT zemin davranışı tiplerinden hidrolik iletkenliğin tahmini

Bölge	Zemin Davranış Tipi (Robertson ve diğ. 1986)	k (m/s)	Bölge	Zemin Davranış Tipi (Robertson, 1990)	k (m/s)
1	Hassas ince daneli	3×10^{-9} - 3×10^{-8}	1	Hassas ince daneli	3×10^{-9} - 3×10^{-8}
2	Organik zemin	1×10^{-8} - 1×10^{-6}	2	Organik zemin	1×10^{-8} - 1×10^{-6}
3	Kil	1×10^{-10} - 1×10^{-9}	3	Kil	1×10^{-10} - 1×10^{-9}
4	Siltli kil-kil	1×10^{-9} - 1×10^{-8}	4	Siltli karışımları	3×10^{-9} - 1×10^{-7}
5	Killi silt-siltli kil	1×10^{-8} - 1×10^{-7}	5	Kum karışımları	1×10^{-7} - 1×10^{-5}
6	Kumlu silt-killi silt	1×10^{-7} - 1×10^{-6}	6	Kumlar	1×10^{-5} - 1×10^{-3}
7	Siltli kum-kumlu silt	1×10^{-5} - 1×10^{-6}	7	Çakıllı kum-kum	1×10^{-3} -1
8	Kum-siltli kum	1×10^{-5} - 1×10^{-4}	8	*Çok katı kum-killi kum	1×10^{-8} - 1×10^{-6}

9	Kum	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	9	*Çok katı ince daneli	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-7}$
10	Çakıllı kum-kum	$1 \times 10^{-3} - 1$			
11	*Çok katı ince daneli	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-7}$			
12	*Çok sıkı kum-killi kum	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-6}$			

* Aşırı konsolide veya çimentolanmış



Şekil 26. Tekdüze tipte sönümlenme eğrisinde t_{50} değerinden k 'nın tayini (Parez ve Fauriel, 1988)

2.7 Kalibrasyon Silindiri

Aluviyal kökenli Adapazarı zeminleri üzerinde yürütülen Koni Penetrasyon Deneyi çalışmaları, bölgede zemin tabakalarının yatayda ve düşeyde çok değişken olduğunu, tabaka kalınlıklarının birkaç cm'ye kadar düşebildiğini göstermiştir. Bu nedenle, projenin ana konusu olan sönümlenme deneylerinden elde edilen sonuçların yorumlanması sırasında tabaka kalınlığı, drenaj yolu uzunluğu, tabaka dizilimleri vs. gibi farklı özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir.

Arazi uygulamalarında yeterli kalınlıkta silt tabakalarının bulunamaması nedeniyle literatürde "calibration chamber" olarak anılan deney sistemine benzetilebilecek bir çalışmanın yapılmasının proje amaçları doğrultusunda bu zeminlerde sönümlenme eğrilerinin yorumlanmasında yararlı olacağı düşünülmüş, proje programında yer almamasına rağmen deney sistemi kurularak numune silindiri hazırlanmıştır.

Yaklaşık 2 m yüksekliğinde eşdeğer bir zemin tabakasının oluşturulabildiği deney sisteminde arazide yürütülen çalışmalara göre şu avantajların oluşacağı düşünülmüştür:

- istenen kalınlıkta zeminin homojen olarak hazırlanabilmesi,
- hazırlanan karışımın defalarca kullanılabilir olması,
- numunenin alacağı gerilmelerin deneycinin denetiminde olması, ve

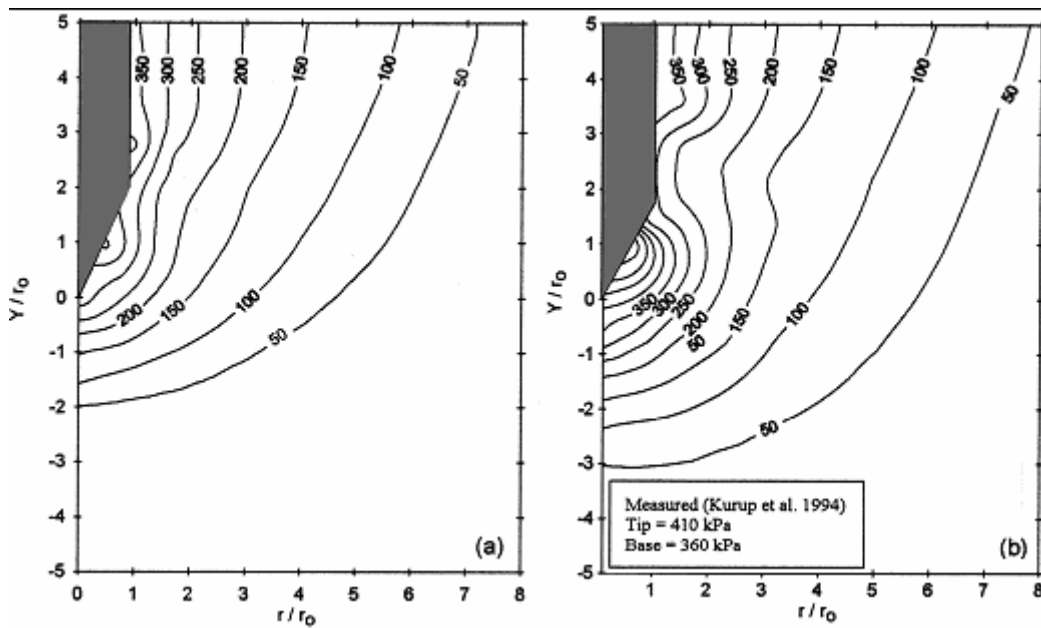
- zemin özelliklerinin araştırmacılar tarafından belirlenebilmesi.

Kurup, Voyiadjis ve Tümay (1994) kalibrasyon silindiri çalışmalarının sayıca fazla olmadığını belirtmektedir. Buna gerekçe olarak; büyük miktarda numune hazırlamanın zorluğu, boşluk suyu basıncı ölçümleri için aletlendirmenin karmaşıklığı, doğunluğun sürekli sağlanması zorluğu gösterilmiştir. Bu araştırmacıların kullandıkları kalibrasyon silindirin boyunun 80 cm olduğu ve bunun 50 cm' si boyunca ölçüm yapıldığı belirtilmiştir. Hsu ve Huang (1999) ise çalışmalarında 1991 yılı itibarıyla dünyada bu amaçla kullanılan 21 sistemin bulunduğunu ve bunlarda çapın 0.51 m ile 3.00 m arasında, numune yüksekliğinin de 0.76 m ile 2.90 m arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

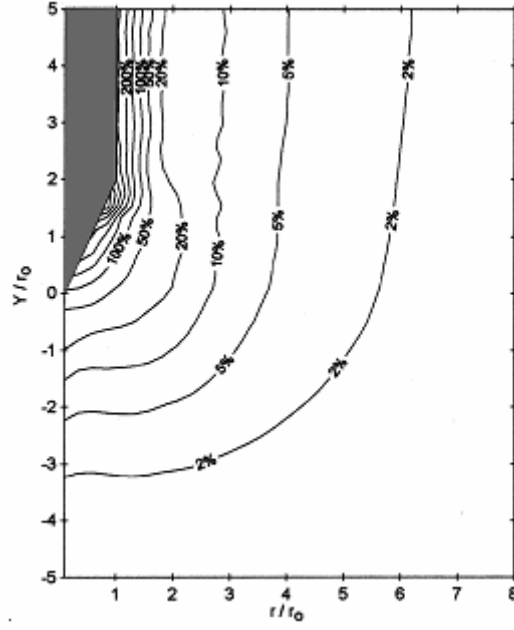
Bolton ve Gui (1993), sınır şartları etkisinin olmaması için sıkı kumlarda numune çapının koni çapına oranının minimum 40 olmasını önermişler, koninin tabana yakınlığının 5-10 koni çapı olduğu durumlarda da sonuçların taban sınır şartlarından etkilendiğini belirtmişlerdir. Hsu ve Huang (1999) kumlarda yaptıkları kalibrasyon çalışmasında deney sonuçlarının sınır şartlarından etkilenmemesi için numune çapının koni çapına oranının sıkı kumlarda 42, gevşek kumlarda ise 21 olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Abu-Farsakh, Tümay ve Voyiadjis (2003) kohezyonlu zeminlerde yaptıkları sayısal analizde model çapını 16 koni çapı olarak almışlardır (şekil 27).

Koni ucundan 2-3 çap aşağıda ek boşluk suyu basınçları ve zorlanmaların (*octohedral shear strain*) minimuma düştüğü görülmektedir (şekil 28).



şekil 27. 1. ve 2. yükleme adımı sonunda fazla boşluk suyu basınçları (kPa)



Şekil 28. Koni çevresinde oktahedral kayma birim deformasyon dağılımı

3 YÖNTEM

Adapazarı kenti ve çevresinde SAÜ Geoteknik gurubunca 1985' ten bu yana yapılmış araştırmalar zeminlerin sismik koşullarda davranışına yönelik olarak bazı önemli bulgular sağlamıştır. Bunları şöyle özetlemek mümkündür;

- Zeminler çok genç olduğundan sondaj ve örselenmemiş numune alma işlemlerinde sorunlarla karşılaşmaktadır,
- Yeraltı su seviyesi (Y.A.S.S.) olağanüstü yüksektir ve önemli mevsimsel değişiklik gösterir,
- Zemin direnci 10 m derinliğe kadar çok düşüktür (SPTN=4-8, $q_c < 1$ MPa).

Tüm bu nedenlerle kentte zemin incelemelerinin geleneksel yöntemler yerine bu özellikleri göz önüne alan yaklaşımlarla yapılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır.

Konu bu zeminlerin depremde gösterecekleri davranışı incelemeye gelince, farklı yöntemlerin kullanılmasının yararı görülmüştür. Genel değerlendirme yapıldığında koni penetrasyon deneyinin anılan özellikleri taşıdığı, daha basit deyimle bu yöntemin Adapazarı zeminleri için ideal olduğu görüldüğünden zemin özellikleri 2000' den bu yana bu çağdaş yöntemle değerlendirilmektedir.

Bu araştırma programında zemin davranışının anlaşılabilmesi için araştırmalar geleneksel yöntemler yanında koni penetrasyon (CPTU) ve sismik koni (SCPTU) deneylerinin uygulanmasıyla yürütülmüştür.

3.1 Gerekçe ve Strateji

Depremün uyguladığı titreşimler etkisiyle ortamda mevcut boşluk suyu basınçlarının hızla yükselmesi ve kayma direncinin yitilmesi süreci deprem ivmelerinin başlamasından saniyeler sonra gerçekleşmektedir. Bu, siltli zeminlerin ödometrede %90 konsolidasyona benzer şekilde aşırı kısa sürelerde erişmesini çağırıştırır. Her iki olayın kökeninde geçirimsizlik katsayısına bağlı olarak konsolidasyon katsayılarının (c_h , c_v) uygun değerler alması yatmaktadır.

Olaya bu açıdan bakıldığında, zemine itilen bir cismin oluşturduğu fazla boşluk suyu basınçlarının yükselmesi yanında sönümlenmesinin de aynı süreci yansıtacağı savı öne sürülebilir. Ancak, bu işleve sahip CPTU laboratuvarında yapılacak çalışmalara oranla çok daha hızlı bir deney olduğundan, uygulanabilirliği bu araştırma programı kapsamında incelenmiştir.

Bu amaçla çalışmalar aşağıdaki gibi öngörülmüştür:

- I. Sıvılaştıran ve sıvılaştırmadığı 1999 depremi sonrasında tespit edilen 50 sitenin seçilmesi ;
- II. Bu noktalarda öncelikle dönel sondaj yapılarak örselenmiş ve örselenmemiş numune alınması, zemin profilinin saptanması. Gereken profillerde standart penetrasyon direnci ölçümleri;
- III. Çoğunlukla kuyu boyunca sürekli alınmış numunelerin laboratuvarında sınıflama deneylerine tabi tutulması;
- IV. Sondaj yapılan sitelerde CPTU ve sönümlenme deneylerinin (u_1 , u_2) yapılması
- V. Ödometrede konsolidasyon deneyleri;
- VI. Hidrolik hücrede sönümlenme deneyleri;
- VII. Kalibrasyon silindrinde sönümlenme denemeleri.

Bu karşılaştırmalı çalışmalar sonucunda deprem sonrası tutulmuş kayıtlar ve Adapazarı Kriteri ile sıvılaştır/sıvılaştırmaz yargısı yapılan zeminlerde aynı teşhisin koni ucunda ve dirseğinde boşluk suyu basıncı sönümlenme ölçümü yapılarak çok daha hızlı ve sağlıklı biçimde gerçekleştirilebilmesi olanakları araştırılmıştır.

3.2 Sondajlar

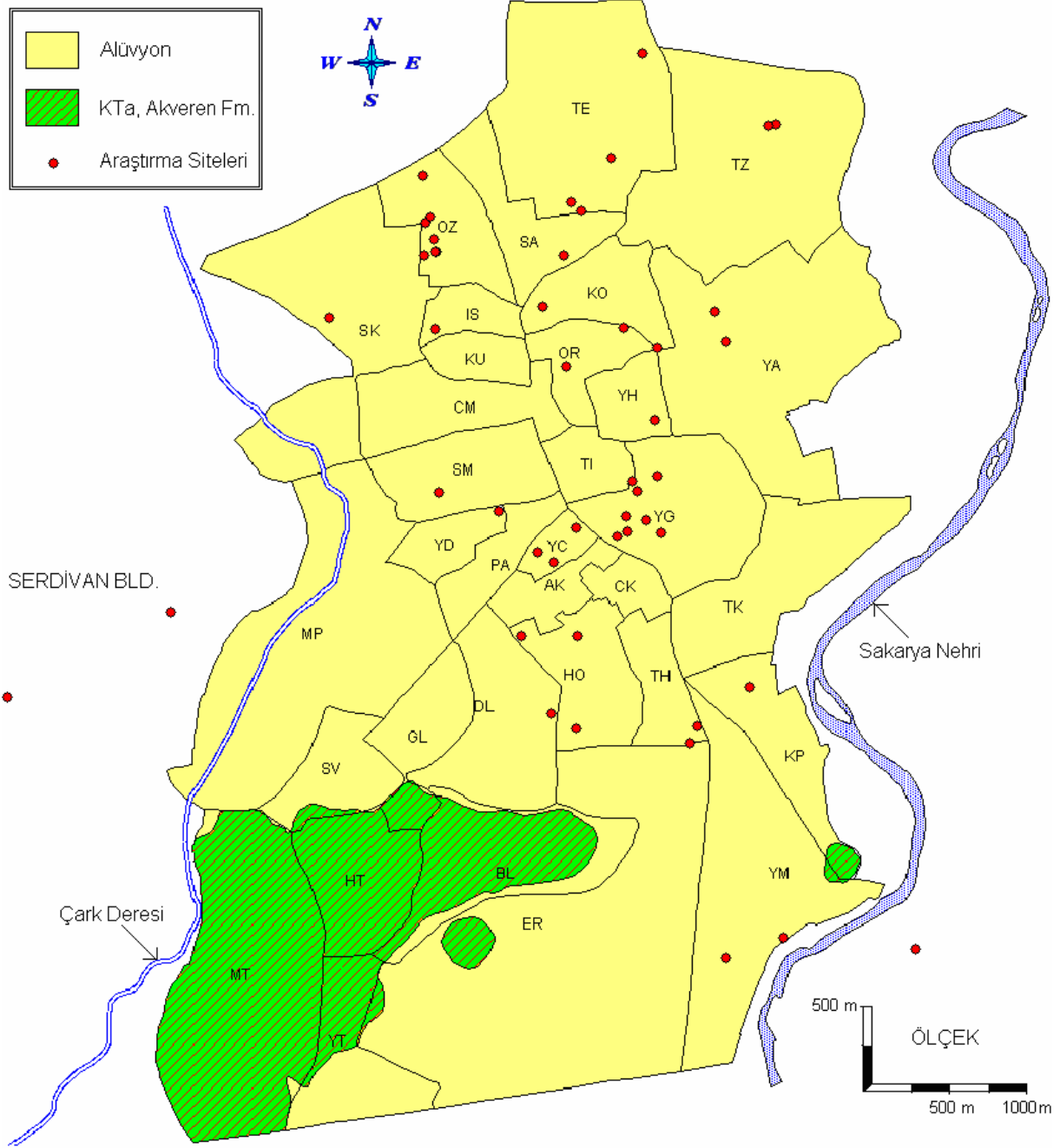
Proje kapsamında 50 ayrı sitede sondaj ve sondalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu siteler seçilirken 1999 depreminde sivilaşma gösteren ve göstermediği gözlemlenmiş bölgelerin SAÜ' deki kayıtları kullanılmıştır. Yenigün Mahallesi bu depremde sivilaşmanın en yoğun yaşandığı bölge olarak öne çıktığından sivilaşma sitelerine ait noktalar bu mahallede yoğunlaşmıştır. Bu mahallede hâkim zemin profili ince kumlarla ara katkılı olan siltlerden oluşmaktadır (Şekil 29).

Yeraltı su seviyesi (YASS) ölçümleri hem sondaj kuyuları hem de sondalama deliklerinde yapılmıştır.

Uygulama sitelerinde boşluk suyu basınçlarının da ölçüldüğü koni penetrasyon deneyleri (CPTU) yürütülmüş ve uygun görülen yerlerde durularak boşluk suyu basınçlarının hidrostatik su seviyesine kadar olan sönümlenmesi beklenmiştir.

Sönümlenme gerçekleştirilen seviyelerde örselenmemiş numuneler (UD) elde edilmiş, diğer derinliklerden ise kesiti tanımak amacıyla örselenmiş numuneler (D) alınmıştır. Çizelge 7' de arazi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen sondalama ve sondaj çalışmalarının dökümü, koordinat ve Y.A.S.S. ölçümleri eşliğinde verilmiştir.

Arazi çalışmaları Foto 1' de görülen traktör arkasına bindirilmiş dönel sondaj makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Y.A.S.S.' nin yüksek olduğu aylarda balçık olarak nitelendirilebilecek duruma gelen tarla ve boş arazilerde traktöre bindirilmiş sondaj makinelerinin kullanımı kolaylık sağlamaktadır. Bununla birlikte, az miktarda sondaj ise kamyonla bindirilmiş dönel sondaj makinesi ile yürütülmüştür.



Şekil 29. Adapazarı kenti mahalle haritası ve araştırma yapılan yerler

Çizelge 7. MAG 104M387 kapsamında gerçekleştirilen sondajların tanıtımı

No	SONDAJ NO	CPT NO	Enlem E030.	Boylam N. 40	YASS (m)	No	SONDAJ NO	CPT NO	Enlem E030.	Boylam N. 40	YASS (m)
1	STYG01	CTYG01	40847	77145	1.10	26	STHA26	CTHA26	38069	73223	1.10

2	STYG02	CTYG02	40773	77116	0.85	27	STYM27	CTYM27	42196	74741	1.90
3	STYG03	CTYG03	41107	77137	1.30	28	STIS28	CTIS28	38480	78386	2.65
4	STYG04	CTYG04	40909	77385	0.50	29	STYG29	CTYG29	40861	77444	0.80
5	STYG05	CTYG05	40825	77234	0.70	30	STDL30	CTDL30	40075	76507	1.20
6	STYG06	CTYG06	41051	77475	1.20	31	STOR31	CTOR31	40311	78115	0.90
7	STBK07	CTBK07	43213	74686	1.70	32	STPA32	CTPA32	39856	77253	1.50
8	STSR08	CTSR08	37383	76617	2.20	33	STYG33	CTYG33	40982	77209	2.20
9	STTE09	CTTE09	40571	79358	2.00	34	STOZ34	CTOZ34	39136	79241	2.30
10	STTE10	CTTE10	40771	79983	2.20	35	STYC35	CTYC35	40456	77163	1.80
11	STSA11	CTSA11	40248	78780	2.70	36	STYM36	CTYM36	41764	74619	3.50
12	STYA12	CTYA12	41428	78459	2.40	37	STHO37	CTHO37	40532	75963	1.00
13	STKO13	CTKO13	41003	78236	1.67	38	STTE38	CTTE38	40288	79096	1.00
14	STYH14	CTYH14	41014	77807	2.40	39	STDL39	CTDL39	40331	76053	1.70
15	STOR15	CTOR15	40736	78353	2.10	40	STYC40	CTYC40	40295	76948	0.50
16	STKO16	CTKO16	40104	78474	1.10	41	STER41	CTER41	41454	75997	2.30
17	STTK17	CTTK17	41845	76232	1.75	42	STOZ42	CTOZ42	39253	78864	1.40
18	STSR18	CTSR18	36171	76099	1.10	43	STSM43	CTSM43	39392	77358	0.80
19	STYA19	CTYA19	41523	78278	2.70	44	STYC44	CTYC44	40169	77008	0.90
20	STTZ20	CTTZ20	41819	79577	2.60	45	STCM45	CTCM45	38946	77717	2.00
21	STTZ21	CTTZ21	41765	79566	2.60	46	STOZ46	CTOZ46	39271	78783	1.45
22	STOZ22	CTOZ22	40367	79047	2.50	47	STOZ47	CTOZ47	39265	78788	0.85
23	STHO23	CTHO23	40500	76518	1.55	48	STOR48	CTOR48	39217	78996	0.80
24	STIS24	CTIS24	39299	78327	2.00	49	STOZ49	CTOZ49	39176	78958	2.00
25	STTH25	CTTH25	41405	75887	3.90	50	STOZ50	CTOZ50	39176	78764	2.70



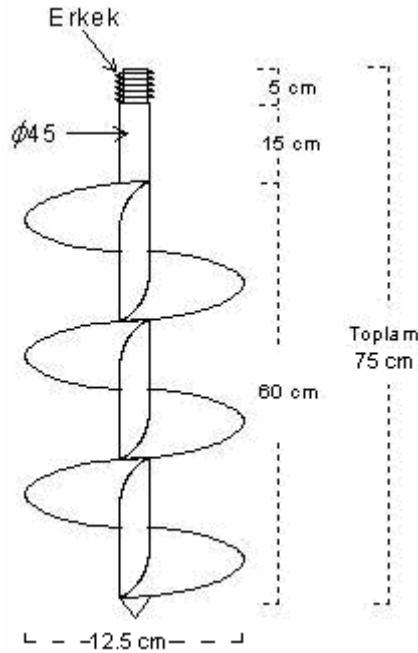
Foto 1. a) STYG04 ve b) STYG01 nolu araştırma sitelerinde sondaj çalışmaları

3.2.1 Kuyu Tabanında Katı Madde Birikim Sorunu

Sondaj çalışmalarına klasik sulu delme yöntemiyle başlanmış, ancak bu uygulama sırasında kuyu tabanına önemli miktarlarda katı maddenin çökeldiği, bunun da hem numune alımını hem de derinlik ölçümlerini olumsuz etkilediği görülmüştür.

Dönel sulu sondaj yönteminde kuyuda ilerlerken kuyuya su pompalanarak numune alınmayan kısımlar dışarı atılmaktadır. Ancak, bu durumda numune alınacağı sırada sondaj çamuru içerisindeki moloz kuyu tabanına çökelmekte ve kuyuda bu çökeltinin oluşturduğu kalınlık kadar hatalı derinlik ölçümü yapma söz konusu olmaktadır. Aynı zamanda bu derinlikten numune alınmaya kalkışıldığında tüpün içerisine söz konusu olan çamur da girmekte ve elde edilen numune temsili olmamaktadır. Bunun yanında, örselenmemiş numune (UD) alınmayan derinliklerde zemin yıkama ile dışarı atıldığından bu kesitlerdeki zemin türü hakkında bilgi sağlanamamaktadır. Sondör gözlemsel olarak loglama yapmış olsa da projenin önemi ve niteliği nedeniyle kayıtlar tatminkar bulunmamıştır.

Kuyu tabanında malzeme birikimini minimumda tutmak ve UD alınmayan derinliklerden de örselenmiş (D) numune sağlayacak yöntemin susuz-helezon olduğu görüşü ağırlık kazanmıştır. Bu amaçla sondaj firmaları ile irtibata geçilmiş ancak kullandıkları helezon çaplarının istenenden küçük olduğu görülmüştür. Küçük çapta helezon kullanıldığı takdirde zorunlu olarak daha küçük çaplı UD tüplerinin kullanılması sonucu örselenmenin artacağı düşünülmüştür. Bu doğrultuda ihtiyacı karşılayacak helezon sistemi çalıştırılan sondaj firmasının makinesine uyum sağlayacak şekilde, bu proje kapsamında projelendirilmiş ve imal edilmiştir. Şekil 30' da söz konusu helezonun boyutları ve Foto 2' de de arazide uygulaması görülmektedir.



Şekil 30. Susuz sondaj yöntemi için imal edilen helezon (burgu)



Foto 2. Susuz sondajda kullanılan helezon sistemi a) yakından görünüm, b) uygulama

3.2.2 Ulaşım

Arazi çalışmalarında araştırma personeli ve ölçüm sisteminin taşınması için Sakarya Üniversitesi Renault-Toros marka bir araç tahsis etmiştir (Foto 3).



Foto 3. Personel ve diğer ekipmanların nakliyesi için kullanılan araç.

Yaklaşık 1.5 ton ağırlığındaki paletli arazi koni penetrasyon aletinin araştırma noktalarına nakli için ise araç kurtarma kamyonu kullanılmıştır (Foto 4). Aracın bindirme ayakları zemine eğimli bir biçimde yerleştirildiğinde CPT makinesi kendi imkanlarıyla kamyonu yüklenmektedir. Makine araca yerleştirildikten sonra hareket halinde iken savrulmayı önleyici halatlarla sabitlenmektedir.

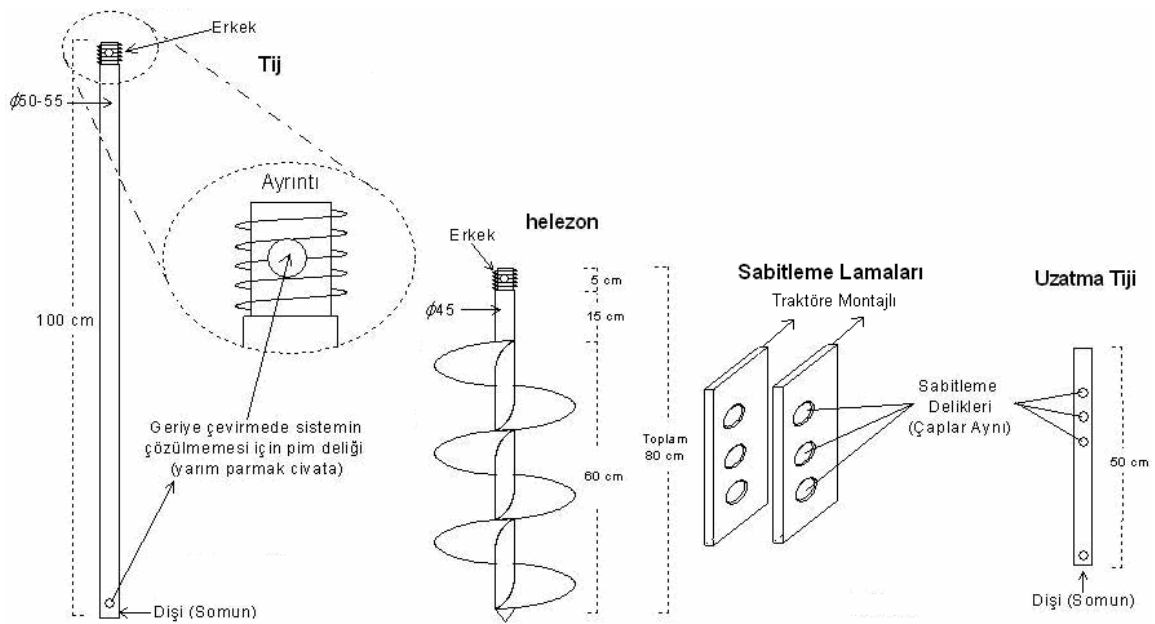


Foto 4. CPT makinesinin araziye naklinde kullanılan araç

3.2.3 Sıkı Tabakalarda UD Alımında Makina Basma Kapasitesinin Aşılması

Adapazarı' nın değişik kesimlerinde karşılaşılan farklı zemin kesitlerinde aluviyal/fluviyal kökenli, menderesli bir nehir tarafından oluşturulmuş değişik alt fasiyeler bulunmuştur. Eski terk edilmiş nehir kanallarında çökelen sıkı kumlar yüksek penetrasyon ve yüksek koni uç dirençleriyle belirginlerdir.

Bu tür sıkı kum ve siltli zeminlerden hidrolik baskı ile UD alımına girildiğinde zeminin sıkılığından oluşan reaksiyon kuvvetlerinin sondaj makinesini havalandırması sorununu çözüme amacıyla makinaya ek bir sabitleme sistemi projelendirilmiştir. Şekil 31' de bu sistemin detayları, Foto 5' de ise arazide uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 31. Sondaj makinası sabitleme düzeneği



Foto 5. Sabitleme elemanlarının görünümü ve sondaj makinesinin sabitlenmiş durumu

Bu sistemin işleyiş şekli şu aşamaları kapsamaktadır: sondaj noktası belirlendiğinde ankrajların çakılacağı noktalar işaretlenmekte, bunlar sondaj makinesi yardımı ile dönele olarak zemine sokulmaktadır. Daha sonra traktör zemine yerleştirilmiş olan ankrajların arasına yerleştirilmektedir. Makina üzerine kaynaklanmış delikli lamalara ankrajlar denk getirilerek pim yardımı ile sabitleme gerçekleştirilmektedir.

3.2.4 Örselenmiş (UD) ve Örselenmemiş (D) Numune Alımı

Örselenmemiş numune alınması için Türkiye şartlarında standart uygulama alanı bulan 60 mm iç çaplı olan tüplerin örselenmeleri arttıracığı düşünülmüştür. Bu tüplerin bir diğer dezavantajı da paslanmaya imkân veren malzemesidir. Laboratuvarda tüp içinde bir süre bekleyen numunelerin özgün renklerini kaybedip oksidasyon sonucu kahverengine döndükleri birçok kez gözlemlenmiştir.

Paslanma numunenin tüpün iç çeperine olan yapışmasını arttırmakta, numunenin dışarıya çıkartılması sırasında önemli derecede sürtünmelere sebep olmaktadır. Paslanmanın bir diğer dezavantajı da numunenin kimyasal yapısını değiştirebilmesidir. Bunu önlemek için 75 mm çaplı ve paslanmaz krom-çelik alaşımı tüpler kullanılmıştır. Foto 6' da 75 mm çaplı paslanmaz krom-çelik UD tüpleri görülmektedir. Numune alma kafası içinde bulunan bilye tüp zemine batırılırken oluşan su basınçlarından dolayı yukarı çıkmakta ve aşırı su basınçları bilyenin yol verdiği delikten kuyu içine doğru tahliye olmaktadır. Tüp tamamen batırılıp geri çekilmeye başlandığı anda ise oluşan vakum bilyeyi yatağına oturtmakta ve böylece suyun hareketinin engellenmesiyle oluşan vakum numunenin kuyu içine düşmesine engel olmaktadır.



Foto 6. 75 mm çaplı paslanmaz krom çelik UD tüpleri



Foto 7. UD numunelerinin alınması ve doğal su muhtevasını korumak için yapılan parafin uygulaması

Foto 7' de örselenmemiş numune alımı gösterilmiştir. UD alınmayan seviyelerden örselenmiş numunelerin tüm kesiti yansıtacak şekilde alınmasına özen gösterilmiştir. Bu işlem helezonun kuyu içinde ilerlemesi sırasında yapraklar arasına dolan malzemenin örneklenmesiyle gerçekleştirilmiştir (Foto 8). Helezon kuyuya indirilip çıkartıldığında hem standart boyutlara sahip olan tijler vasıtası ile hem de kuyu içinden direkt olarak yapılan ölçümlerle numune alım derinliği belirlenebilmektedir. Helezon yaprakları arasında birden farklı zemin var ise, her farklı zeminin derinliği ve cinsi not edilmektedir (Foto 9).



Foto 8. Burgu kanatlarında örselenmiş numune



Foto 9. Örselenmiş numunelerin korunması

3.2.5 Sondaj Logları

Gerçekleştirilen sondajlardan gelen bilgilerin amaca uygun olarak sunumu için bir sondaj log formatı geliştirilmiştir. Bu logda litolojik bilgiler, laboratuvar sınıflandırma sonuçları, cep penetrometresi ve CPT deneyinden gelen verilerin sunulmasına olanak sağlanmıştır. Sonuçta, sondaj ve CPTU verileri için tek sayfada ve eş derinlikleri yansıtacak bilgiler sağlanmaktadır. STYG01 nolu sondaj için hazırlanan örnek sondaj logu Şekil 32' de verilmiştir. Logun başlık kısmında sondaj ile ilgili mahalle, yapan firma, sorumlu araştırmacı, koordinatlar, tarih ve YASS gibi genel bilgiler verilmektedir. Alt kısmında ise gerekli görüldüğü takdirde açıklamaların yazıldığı bir alan vardır. Log' un bedenini oluşturan orta bölümde birinci kısım sondajla, diğeri ise sondalama ile ilgili verileri içermektedir. Burada sondajla ve sondalama ile ilgili veriler genişletilerek yazılabilir.

Proje kapsamında yürütülen sondajlara ait loglar EK-I' de koni penetrasyon deneyi sonuçları eşliğinde verilmiştir.

3.3 Ödometrede Konsolidasyon Deneyleri

3.3.1 Genel

Yapılan sondaj ve sondalamalarda daha önce farkedilmemiş bir gerçeğe karşılaşılmıştır. Adapazarı kent merkezinde yaygın varlığı bildirilen siltlerin gerçekte sınırlı hacimlerde bulunduğu yapılan sondaj ve sondalamalarda anlaşılmıştır. Bu durumda, yapılan sondajlarda beliren ince silt ve kil tabakalarının tümünde ödometre deneyi yapılması gerekli olmuştur.

Deneyler, arazide CPTU cihazı ile yapılan sönümlenme (*dissipation*) deneylerinin yapıldığı derinliklerden alınan örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler 4 adet ödometre cihazında toplam 97 adet olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.2 Siltli Zeminlerde Konsolidasyon Deneyleri

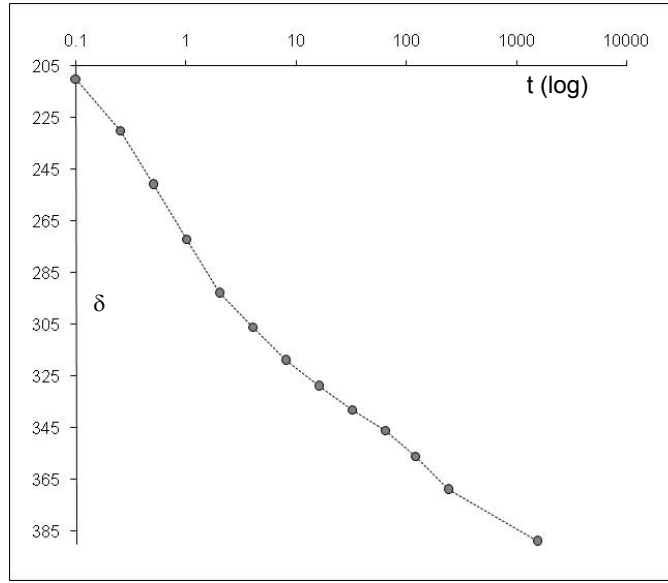
Adapazarı siltlerinde alınan sonuçlar, bu tür fluviyal kökenli siltlerde konsolidasyonun beklenenden çok daha hızlı tamamlandığını göstermiştir. Bu nedenle ödometre deneylerinde alınması istenen standart 15, 30, 60 s okumaları t_{50} veya t_{90} değerlerini hesaplamak için yeterli olmamıştır. Okumaların sıklaştırılması için saniye aralıklı data logger (*ADU: Autonomous Data Acquisition Unit*) kullanımı zorunludur. Foto 10' da yeni düzenlenen deney sistemi gösterilmektedir.



Foto 10. Ödometre' de konsolidasyon deney düzeneği

Siltli zeminler killere oranla daha çabuk drene olduğundan log-zaman oturma okumaları Şekil 33' de verildiği gibi bir eğri oluşturmaktadır. Bu tür zeminlerin eğrisi ilk okumadan itibaren yukarı doğru konkav olarak gelişmektedir. Bu dönüşüm 6 s' den önce oluşmaktadır. Bu nedenle, bu tür eğrilere standart okuma ile t_{50} değeri bulunamamaktadır. Zamanın karekökü eğrisinde ise ilk okumadan sonra belirgin bir

doğrusallık göstermediği için t_0 bu tür eğrilerden de belirlenememektedir. Bununla birlikte, kabul edilebilir bir t_{50} değeri deneyin başlangıcı ile bitişi arasının orta noktasından elde edilebilir (Head, 1985). Buradan elde edilecek t_{50} değeri 0.1 dakikadan önce olmalıdır. Böylece 20 mm kalınlıktaki standart örnek için c_v , $(0.0256 \times 20^2)/0.1 = 102.4 \text{ m}^2/\text{yıl}$ şeklinde rapor edilir. Bu da çok hızlı bir konsolidasyonu temsil etmektedir. Bu amaçla 0.1 dak' dan önceki okumaların alınabilmesi için deney düzeneği ADU' ya bağlanmıştır. Daha kesin ve hassas c_v değerleri için Rowe konsolidasyon hücresi kullanılarak daha büyük boyutlu örnek üzerinde deney yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla hidrolik hücrede 17 adet sönümlenme deneyi yapılmıştır.



Şekil 33. Siltli zeminde tipik log-zaman/sıkışma eğrisi

Konsolidasyonun bu denli hızlı tamamlandığı durumlarda diğer bir seçenek ise, standart ödometre hücresinden tek yönlü drenajın yapıldığı deneylere yönelmektir.

3.3.3 Tek Yönlü Drenaj Sistemli Konsolidasyon Deneyleri

Proje kapsamında ödometrede yapılmış 97 adet konsolidasyon deneylerinden 12 tanesi tek yönlü (sadece üstten drenaja müsaade edilmiş olarak), 7 tanesi ise karşılaştırma amacıyla hem tek hem de çift yönlü olarak gerçekleştirilmiştir (Foto 11).

Bu koşullarda deney sırasında, drenaj yolu h , örnek yüksekliği olan H' a eşit olacaktır. Böylece, belli bir zamandaki konsolidasyon yüzdesi 4 faktörü kadar artacağından, c_v ' yi hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$c_v = \frac{0.104(H)^2}{t_{50}} \quad (\text{m}^2 / \text{yıl}) \quad \dots\dots\dots(50)$$



Foto 11. Tek ve çift yönlü konsolidasyon hücresi

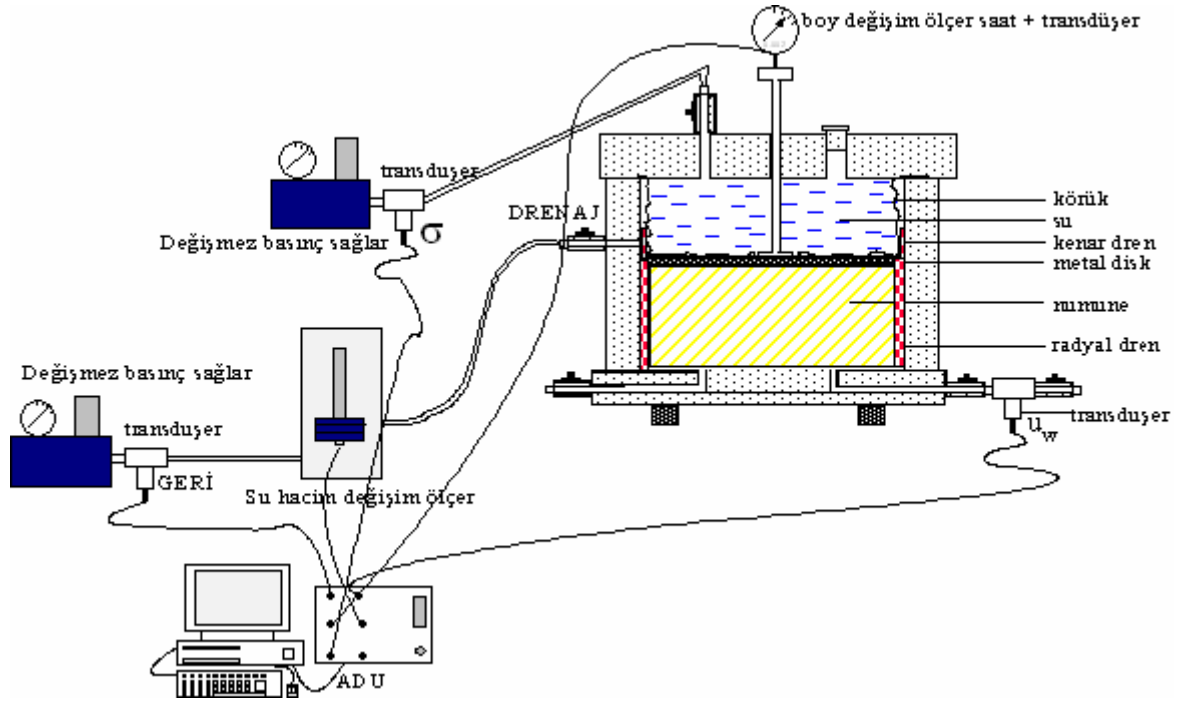
3.4 Hidrolik Hücrede Sönümlenme

Yürütülen laboratuvar sönümlenme deneyleri Şekil 34' te gösterilen 75 mm çaplı Rowe hücresi deney setinde gerçekleştirilmiştir. Deney sisteminin bir görünümü de Foto 12' de verilmiştir. Bu şekillerden de görüleceği gibi drenaj radyal dren vasıtasıyla sağlanmakta, hücre kenarından verilen drenaj çıkışı hacim değişim ölçer ve geri basıncın verildiği değişmez basınç sağlar pompaya bağlanmaktadır.

Düşey gerilme, numune üzerine etkiyen su dolu körük vasıtasıyla bir başka değişmez basınç sağlar tarafından sağlanmakta, numune üzerine yerleştirilen rijit metal disk ile eşit şekil değiştirme koşulu oluşturulmaktadır. Numune boy değişimi üst taraftaki 0.002 mm hassasiyetli boy değişim ölçer saat ve transdüşer ile ayrı ayrı ölçülmektedir. Değişmez basınç sağlarının çıkış basınçları ve numune tabanından boşluk suyu basıncı, basınç transdüşerleri ile ölçülmektedir. Elektronik olarak alınan tüm veriler ADU veri toplama cihazı yardımıyla bilgisayarda toplanmaktadır.

3.4.1 Deney Prosedürü

Laboratuvar sönümlenme deneyleri yukarıda tariflenen 75 mm' lik Rowe hücresi kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Araziden 81 mm' lik UD tüpler içinde gelen örselenmemiş numuneler krika tezgahı yardımıyla hücre net iç çapına eşit (73.1 mm), 29.5 mm yüksekliğindeki halka içine alınmakta ve hücre içine yerleştirilmektedir. Hücre kapatıldıktan sonra doyurma işlemine geçilmekte ve hücre basıncı ile geri basınç arasında 10 kPa fark olacak şekilde 50 kPa' lık adımlarla 500 kPa geri basınca ulaşılmaktadır.



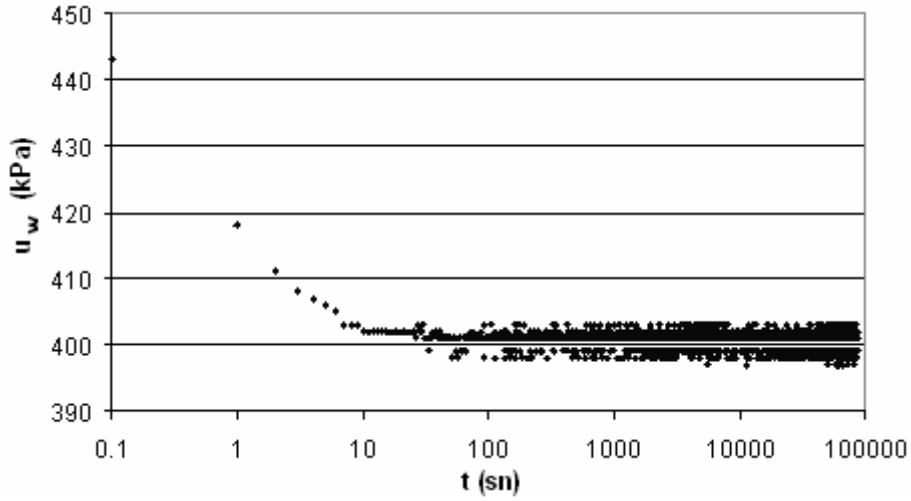
Şekil 34. Rowe hücresi sönümlenme deneylerinde kullanılan deney düzeneği



Foto 12. Rowe laboratuvar sönümlenme deneyleri düzeneğinden bir görünüş

Doyurma aşamasında ölçülen B parametresinin 0.95' in üzerinde bir değere yükseldiğinin teyidinden sonra yükleme aşamasına geçilmektedir. Net gerilme 25, 50, 100 ve 200 kPa' lık artışlarla numuneler 400 kPa' a (900-500) dek yüklenmişlerdir. Yükleme körüğünün kapasitesi (1000 kPa) nedeniyle daha yüksek gerilmelere çıkmak mümkün olmamaktadır. Her gerilme artışının uygulanmasından sonra boşluk suyu basıncının ($u_w = b.s.b.$) sabitlenmesinin ardından geri basınç vanası açılarak radyal drenaj yoluyla sönümlenme aşamasına geçilmiş ve boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesi izlenmiştir. Her kademe b.s.b. sönümlenme okumaları 24 saat

boyunca sürdürülmüş, bunlar başta sık, gittikçe seyreden aralıklarla kaydedilmiştir. Oluşturulan veri dosyası ile Excel yazılımında Δu_w -zaman eğrileri çizilmiştir. Transdüşer okumaları $\pm 2-5$ kPa sapma gösterdiğinden (Şekil 35) orjinal eğrinin üzerinden Excel çizim modülü veya Designer programında veri noktalarının ortalama eğrisi çizilmiş, Digitizer programı ile bu tek eğrinin veri dosyası oluşturularak sönümlenme eğrilerinin son hali elde edilmiştir.



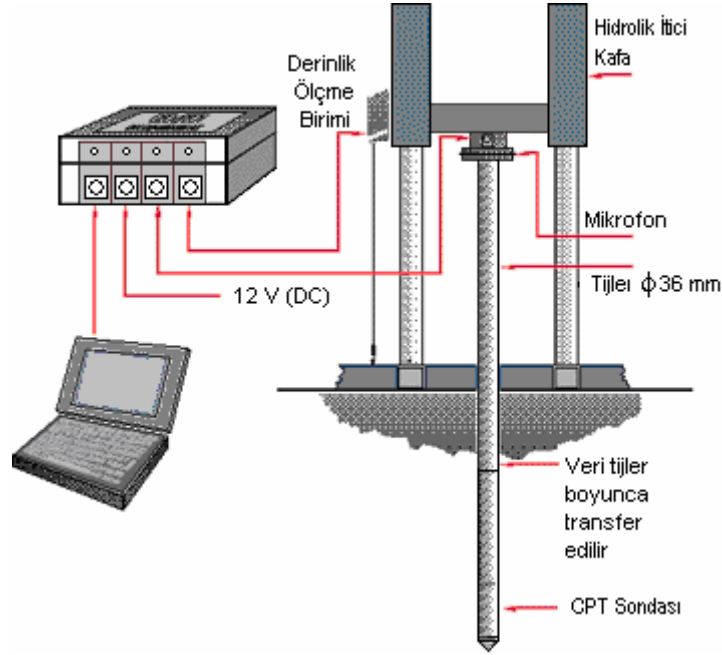
Şekil 35. Toplanan verilerle oluşturulmuş sönümlenme eğrisi

3.5 Sondalama Çalışmaları

1920' li yıllarda Hollanda' da kumlarda uygulanmaya başlayan Koni Penetrasyon Deneyi (CPT: *Cone Penetration Test*) yönteminin çalışma prensibi, aşağıya doğru itilen konik uçlu bir sondaya zeminin gösterdiği direncin ölçümü şeklindedir. Günümüzde, uç direnci ve çevre sürtünmesinin yanında (CPT), boşluk suyu basınçlarını (CPTU) ve kayma dalgası hızlarını da kuyu içinden ölçebilen sistemler (SCPTU) geliştirilmiştir.

CPT özellikle yumuşak/gevşek ince daneli zeminlerden çakıl boyutundaki iri daneli zeminlere kadar kesit boyunca karşılaşılan zemin tabakalarında zemin özelliklerinin hiç örselenme olmaksızın yerinde belirlenmesini sağlar. Ana amacı zemin profilinin tanımlanması, zemin tabakalarının geoteknik özelliklerinin ve tasarıma yönelik parametrelerin ölçüm sonuçlarından belirlenmesidir. Kesit alanı 10 cm^2 , konik uç açısı 60° olan silindir şeklinde bir sonda 20 mm/s sabit hızla zemine itilmektedir. Bu işlem esnasında koni ucunda oluşan direnç (q_c), silindirik gömlekte oluşan sürtünme direnci (f_s) ve konik ucun farklı kısımlarında penetrasyon sırasında meydana gelen boşluk suyu basınçları (u_1, u_2, u_3) elektronik olarak ölçülerek zemin kesiti ve zemin sınıfları kesintisiz olarak elde edilmektedir. Ayrıca, istenilen derinliklerde penetrasyon durdurulduğunda statik boşluk suyu basınçlarının ölçümü yanında bunların sönümlenmesi (*dissipation*) izlenerek zeminin geçirimsizlik ve konsolidasyon gibi

özellikleri belirlenebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen kablosuz (akustik) CPT sisteminde, ölçülen değerler bir mikroişlemci tarafından ses sinyaline çevrilerek yüzeye yollanmaktadır. Bu sinyal sondanın bağlı olduğu mikروفon tarafından algılanarak ara bağlantısı yapılmış veri toplayıcıya aktarılmaktadır (Şekil 36). Veri toplayıcıda aynı zamanda sinyallerin gönderildiği derinliğin kaydı da yapılmaktadır. Proje kapsamında kullanılan CPT ekipmanı Geotech Firması tarafından İsveç’ te üretilmiştir. Çizelge 8’ de kullanılan ekipmanın özellikleri özetlenmektedir.



Şekil 36. Kablosuz CPT sistemi

Çizelge 8. Projede kullanılan CPTU ekipmanının özellikleri (Probe No: 3345)

Koni uç Alanı	10 cm ²	Tij Değişirme Uzunluğu	100 cm
Koni Tepe Açısı	60°	Güç Kaynağı	6 alkalin Pil (19 saat)
Sürtünme Alanı	150 cm ²	q _c	50 MPa
Koni Alan Oranı, a	0.58	f _s	0.5 MPa
Sürtünme Göm. Alan Oranı, b	0.014	u	2.5 MPa
Penetrasyon Hızı	2 cm/s	q _c +f _s +u	Ses dalgası ile veri transferi
Ölçüm Aralığı	Her 2 cm	q _c +f _s +u+V _s	Kablo ile veri transferi

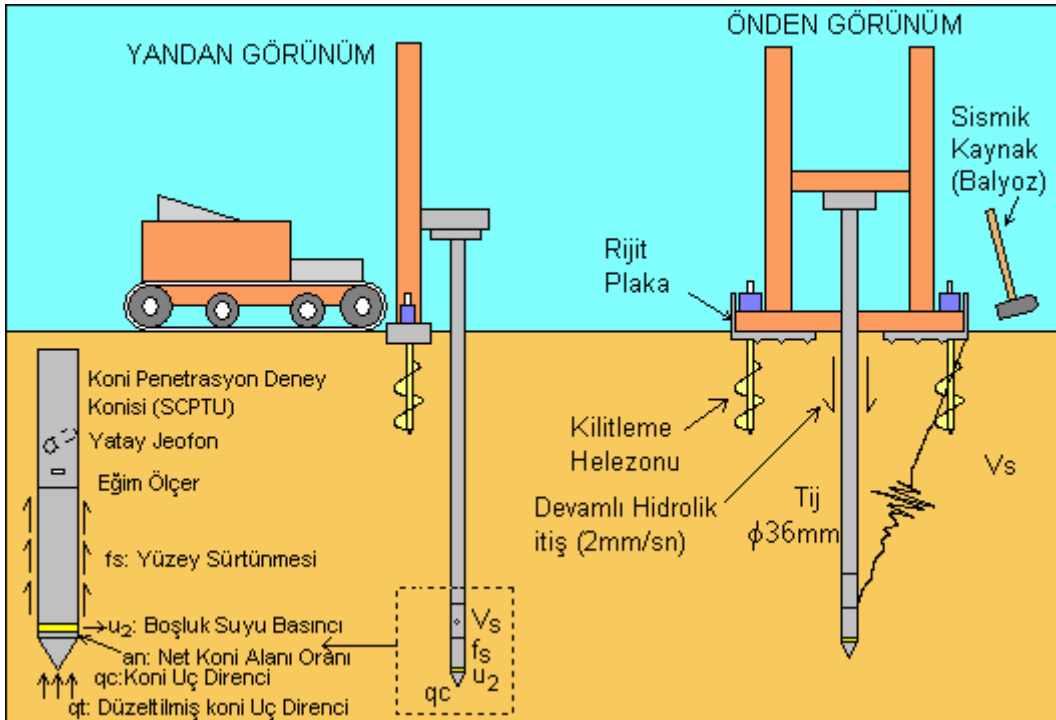
3.5.1 Deneyin Yapılışı

Koni penetrasyon aleti, kamyon veya paletli bir araç üzerine monte edilmiş şekilde çalışmaktadır. Foto 13’ te Sakarya Üniversitesi’ nin 200 kN kapasiteli CPT aleti görülmektedir. Kullanılacak sondanın tipine göre ölçülebilecek maksimum uç direnci, çevre sürtünmesi ve boşluk suyu basıncı değerleri değişmekte olup Foto 13’ teki makina için bu değerler sırasıyla 50, 0.5 ve 2.5 MPa’ dır. Adapazarı gibi yumuşak ve



Foto 13. Koni penetrasyon deneyinin a) CTYG01 ve b) CTYG04 sitelerinde uygulanması

gevşek zemin türlerinin geniş yer kapladığı bir yerleşim bölgesi için bu değerler yeterli olmaktadır. Deneyin yapılacağı alana getirilen araç, helazon şeklindeki ankrajlar vasıtasıyla zemine sabitlendikten (Şekil 37) sonra sonda zemine itilmeye başlanır. Kullanılan tijlerin boyları 1 m olup, inilecek derinlik zeminin göstereceği dirence göre 0-30 m arasında değişebilmektedir.

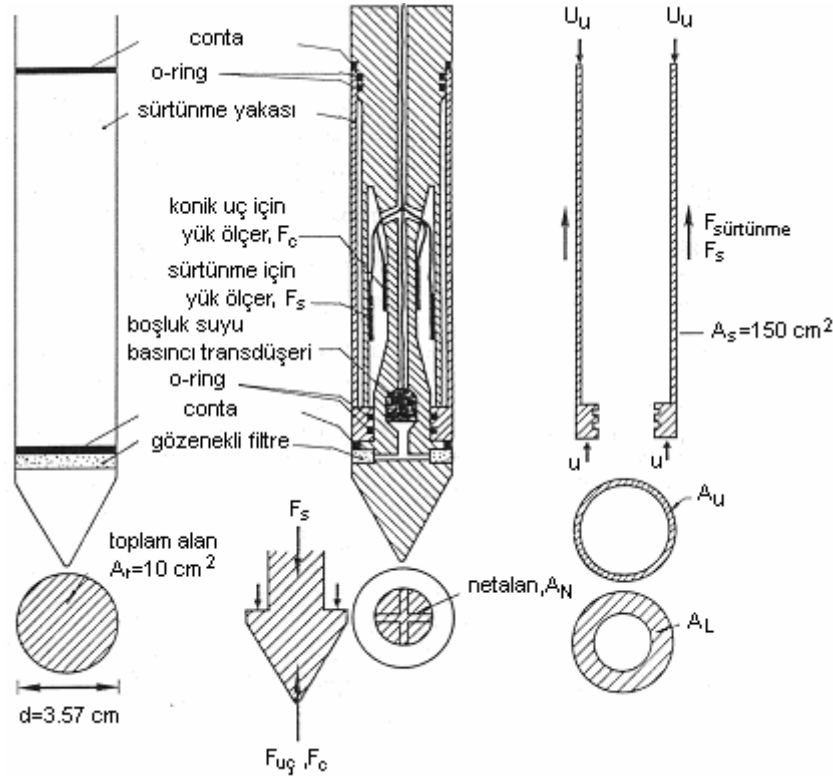


Şekil 37. Proje kapsamında kullanılan CPTU ekipmanının arazide önden ve yandan görünümü

Deney, bilgisayar kontrollü yapıldığından tijlerin düşeyliği sürekli gözlenmekte, hatalı veri alınmasına izin verilmemektedir. Deney esnasında veri toplama aralıklarınının 1 cm' ye kadar düşürülebilmesi zemin özelliklerinin ölçümünde süreklilik sağlamaktadır. Bu özellik de CPT' nin diğer zemin inceleme yöntemlerine göre daha hassas çalıştığıının açık göstergesidir.

3.5.2 Ölçümler ve Tanımlamalar

CPT sistemlerde koni zemine itilirken uçta ölçülen kuvvetin kesit alanına bölünmesi ile bulunan uç direnci (q_c), yan yüzeydeki kuvvet hücresinin ölçtüğü toplam yükün sonda yanak alanına bölünmesiyle bulunan çevre sürtünme/yapışması (f_s) ve boşluk suyu basınçları (u_1, u_2) sistemi denetleyen bilgisayarca sürekli kaydedilir. Buna ek olarak CPTU sistemlerde istenilen derinlikte sönümlenme deneyi (dissipation test) ve SCPTU sistemlerde ise kayma dalgası hızları (v_s) ölçümü yapılabilmektedir (Şekil 37). SAÜ sondasında sadece u_2 ölçümü bulunduğuundan, u_1 ölçümü için Hollanda Geomil firmasından ek sonda ithal edilmiştir. Alınan ölçüm sonuçlarından zemin sınıfları tayin edilmekte, zeminin taşıma gücü ve sıvılaşma davranışı hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Deneylerde kullanılan sonda ve konik ucun ayrıntısı Şekil 38' de verilmiştir.



Şekil 38. Sonda ve konik ucun şematik gösterimi

Şekil 38' de detayları verilen koninin hesaplamalarda kullanılan geometrik özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- A_N : Koni ucu net alanı,
- A_T : Koni ucunun toplam kesit alanı (1000 veya 1500 mm²),
- A_L : Sürtünme gömleğinin en alt kısmında kesit alanı,
- A_U : Sürtünme gömleğinin en üst kısmında kesit alanı,
- A_S : Sürtünme gömleği yüzey alanı (150000 veya 225000 mm²)

Uç Alanı Faktörü (a): Uç alan faktörü a, uç direncinin ölçülen değerlerinin düzeltilmesi için kullanılır.

$$a = \frac{A_N}{A_T} = \frac{(A_T - A_L)}{A_T} \dots\dots\dots (51)$$

Sürtünme Alanı Faktörü (b): Sürtünme alanı faktörü b, yanakta uyanan sürtünme direncinin ölçülen değerlerinin düzeltilmesi için kullanılır.

$$b = \frac{(A_L - A_U)}{A_S} \dots\dots\dots (52)$$

Koni direnci ($q_c - q_t$): Koni direnci, birim alandaki kuvvettir. Bu da koni ucunun karşılaştığı toplam aksenal yükün koni ucunun kesit alanına (1000 mm²) bölünmesi ile elde edilir.

Boşluk suyu basıncının sıfıra yakın ($u \approx 0$) olduğu özel durumlarda $q_c \approx q_T$ ' dir. Koni direnci MPa veya kPa birimi ile ifade edilir.

$$q_c = \frac{F_T}{A_T} \dots\dots\dots (53)$$

$$q_T = q_c + u \cdot (1 - a)$$

Sürtünme direnci ($f_s - f_t$): Sürtünme direnci, sürtünme gömleğinin karşılaştığı toplam aksenal yükün sürtünme gömleğinin dış yüzey alanına (15000 mm²) bölünmesi ile elde edilir.

$$f_s = \frac{F_S}{A_S} \dots\dots\dots (54)$$

$$f_T = f_s - \left[u \cdot b + 0.3 \cdot \Delta u \cdot \left(\frac{1-a}{15} - b \right) \right]$$

Boşluk suyu basıncının sıfıra yakın ($u \approx 0$) olduğu özel durumlarda $f_s \approx f_T$ ' dir.Koni direnci MPa veya kPa olarak ifade edilir.

Sürtünme Oranı (R_f): Sürtünme oranı sürtünme direncinin koni uç direncine bölünmesiyle elde edilir

$$R_f = \frac{f_T}{q_T} \cdot 100 \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (55)$$

Alternatif olarak sürtünme indeksi (I_f) kullanılabilir;

$$I_f = \frac{q_T}{f_T} \quad \dots\dots\dots (56)$$

Koni zemine sabit hızla itilirken kaydedilen boşluk suyu basınçları (u_1, u_2) dinamik değerlerdir ($u=u_0+\Delta u$). Deney esnasında statik boşluk suyu basıncında (u_0) meydana gelen değişiklik (Δu) , zemin cinsine göre pozitif veya negatif değer alabilir. Deney sırasında koni ucunda ve arkasında oluşan dengelenmemiş boşluk suyu basınçlarının etkisini ortadan kaldırmak amacıyla uç direnci ve çevre sürtünmesi için boşluk suyu basıncına göre düzeltme yapılmalıdır (Larsson, 1995).

Denge Boşluk Suyu Basıncı (u_0): Denge boşluk suyu basıncı (*equalized pore pressure*) deneyden önce arazide mevcut boşluk suyu basıncıdır. Penetrasyonu izleyerek yükselen boşluk suyu basıncının sönümlenmesi ile eşitlenir.

Oluşan Boşluk Suyu Basıncı (*generated pore pressure*) (Δu): Penetrasyon sırasında koni tarafından üretilen boşluk suyu basıncındaki değişimdir.

$$\Delta u = u_2 - u_0 \quad \dots\dots\dots (57)$$

Ölçülen Boşluk Suyu Basıncı (*registered pore pressure*) (u): Penetrasyon sırasında ölçülen boşluk suyu basıncıdır ($u=u_0+\Delta u$). Gösterimde u yalnızca konik ucun yukarısına yerleştirilmiş normal filtrelerde ölçülmüş boşluk suyu basınçları için kullanılır.

$$u = u_0 + \Delta u \quad \dots\dots\dots (58)$$

Boşluk Suyu Basıncı Oranı (*differential pore pressure ratio*) DPPR: Oluşturulan (*generated*) boşluk suyu basıncının ölçüm seviyesinde koni uç direncine oranıdır .

$$DPPR = \frac{\Delta u}{q_T} \quad \dots\dots\dots (59)$$

Alternatifi B_q parametresidir:

$$B_q = \frac{\Delta u}{(q_t - \sigma_{vo})} \dots\dots\dots (60)$$

Normalleştirilmiş Koni Uç Direnci (Q_t):

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \dots\dots\dots (61)$$

burada σ'_{vo} efektif düşey gerilmedir, $\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - u_o$

Normalleştirilmiş Sürtünme Oranı (F_r):

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{vo}} \dots\dots\dots (62)$$

burada f_s yerine boşluk suyu basıncı etkisini de göz önüne alan f_t yeğlenmelidir.

3.6 Sönümlenme Deneyi

Penetrasyonun herhangi bir aşamasında durulduğunda koni çevresinde oluşan fazla boşluk suyu basınçları sönümlenmeye başlar. Bir sönümlenme deneyi, istenilen derinlikte, penetrasyonun durdurulmasının ardından boşluk suyu basınçlarının zamana bağlı olarak değişiminin ölçümüyle yapılır. Sönümlenmenin hızı konsolidasyon katsayısına, dolayısı ile zeminin sıkışabilirliğine ve hidrolik iletkenliğine bağlıdır.

Boşluk suyu basınçlarının sönümlenme oranı, koni tijlerinin kilitleyip kilitlemediğine ve penetrasyonun durup durmadığına bağlı olabilir. Tijler sabit tutulsa dahi, bunlarda gelişen elastik deformasyon enerjisinden ve koni yükünün azalmasından dolayı çok yavaş ta olsa hareket olabilir. Hareket, konik ucun etrafındaki zeminde toplam gerilmeyi bu da boşluk suyu basınçlarının zamana bağlı olan değişimini etkileyebilir. Bu olumsuz durumun daha çok koni üzerine takılan (u_1) filtrelerde önemli boyutlarda olabileceği düşünülmektedir.

Sönümlenmenin belirli bir periyodu (*fixed period of dissipation*) kullanılacağı gibi, bazen de deneye önceden belirlenmiş bir sönümlenme oranına (U , *degree of dissipation*) ulaşıncaya değin devam edilir:

$$U = \frac{u_t - u_o}{u_i - u_o} \dots\dots\dots (63)$$

u_t : t zamandaki boşluk suyu basıncı,

u_o : Arazide dengedeki boşluk suyu basıncı (equilibrium pore pressure in situ),

u_i : Sönümlenme deneyi başlangıcındaki boşluk suyu basıncıdır.

Deneye genellikle boşluk suyu basıncı sönümlenme oranının (U) en az yüzde elliye ulaştığı zamana kadar devam edilir (U=%50). Denge boşluk suyu basıncını elde etmek gerekiyorsa deneye boşluk suyu basınçlarında herhangi bir değişim gözlenmediği aşamaya kadar devam etmek gerekir. Bu NP silt ve kumlarda çok hızlı olabilir, ancak yüksek plastisiteli killerde sönümlenme birkaç güne kadar uzayabilmektedir. Sönümlenme deney başlangıcında oldukça hızlı geliştiğinden veri toplanmasına sönümlenmenin erken safhalarında sık aralıklarla başlanması önemlidir.

Bu proje kapsamında gerçekleştirilen sönümlenme eğrilerinin çoğunluğu konik ucun hemen arkasına yerleştirilen filtrede (u_2) gerçekleştirilmiş, CTYG02, CTYG06, CTSR08, CTYA12, CTTK17, CTYA19, CTTZ20, CTTZ22, CTIS24 ve CTTH25 kodlu sitelerde ise konik uca yerleştirilen filtrede u_1 ölçümleri yapılmıştır (Foto 14).

3.6.1 Arazi Sönümlenme Eğrisinin Özellikleri

Şekil 39' da arazide 5.83 metre derinlikte yapılan (CTYG01) bir sönümlenme eğrisi görülmektedir. Y.A.S.S. 1.10 m' de olduğuna göre, bu seviyede $5.83-1.10 = 4.73$ metre su yükü bulunmaktadır. Bu da $u_o=4.73 \times 9.81=46.40$ kPa' lık bir su basıncına eşdeğerdir. Arazi sönümlenme eğrisinin yataylaştığı anda bu değere ulaşıyor ise deneyin sorunsuz tamamlandığı yargısına varılır. Denge boşluk suyu basıncı isteniyor ise deneye boşluk suyu basıncında herhangi bir değişim gözlenmediği ana kadar devam etmek gerekir.

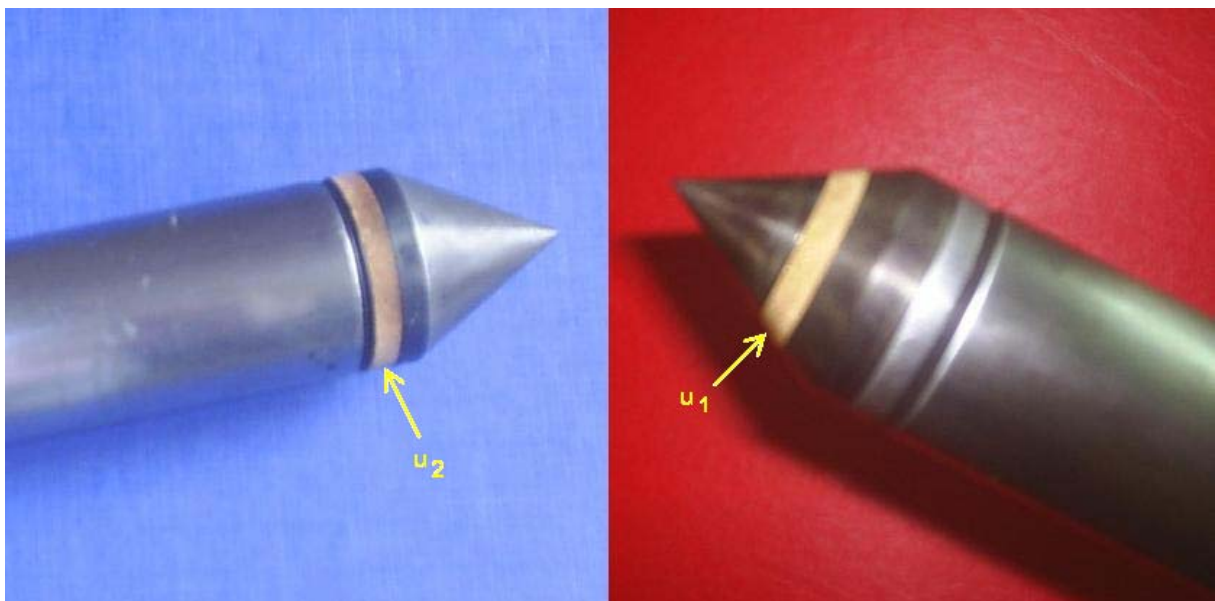
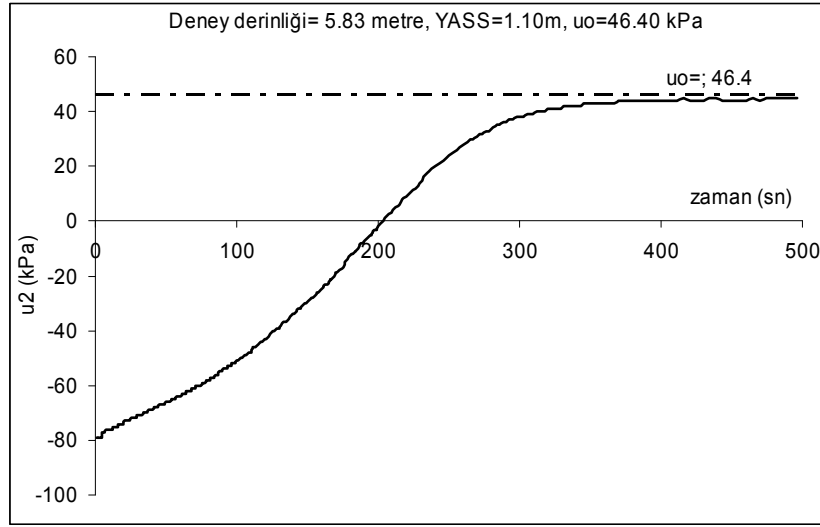
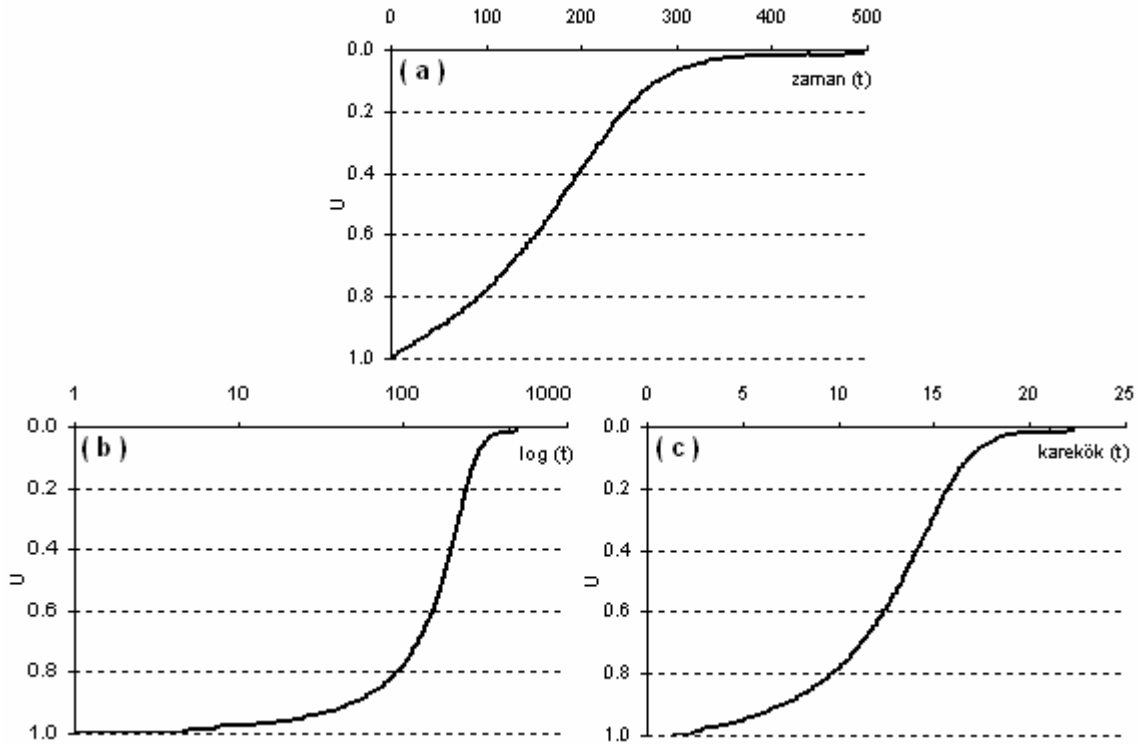


Foto 14. a) Konik ucun ardına yerleştirilen filtre (u_2), b) Konik uca yerleştirilen filtre (u_1)

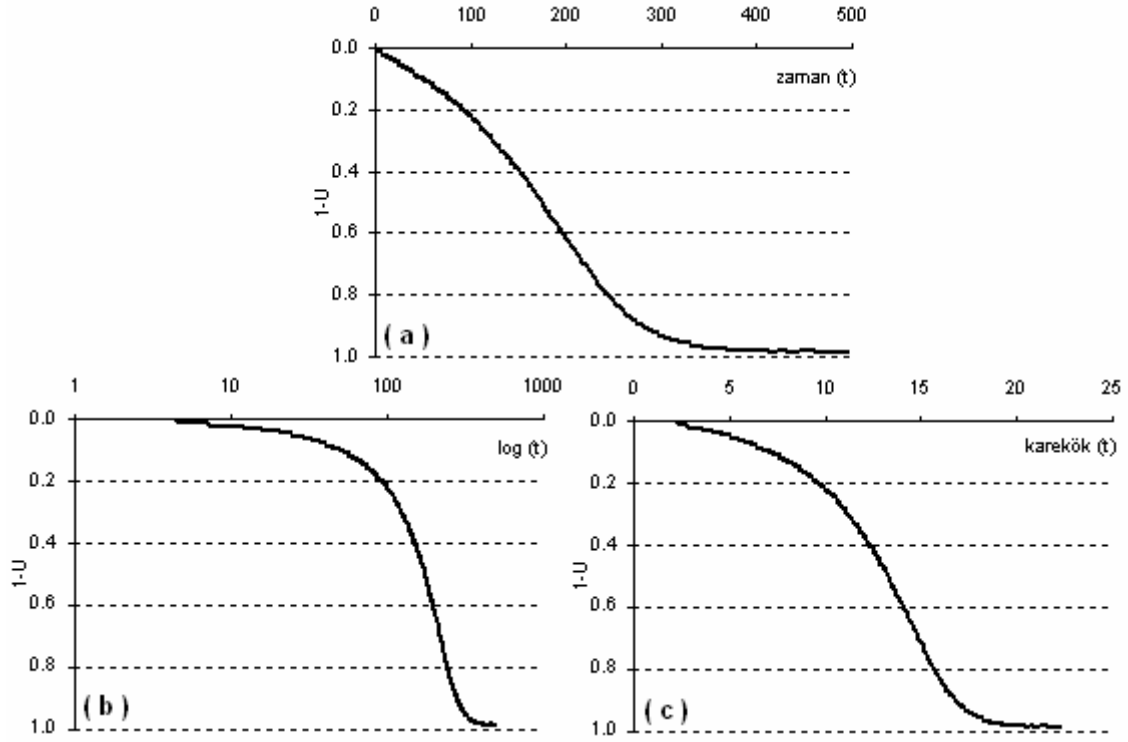


Şekil 39. Arazi sönümlenme eğrisi (normalleştirilmemiş)

Arazi sönümlenme verilerinin U-t grafiğinde aritmetik, logaritmik ve karekök (zaman, t) eksenli gösterimleri Şekil 40' daki gibi belirlemektedir. Formül (63) ve bu grafiklerden anlaşılacağı gibi $U=0$ olması %100 sönümlenmeyi gösterecektir. Bu aşamada konsolidasyon deneyinde $U-T_v$ grafiklerine benzerlik sağlanması amacıyla grafikler $(1-U)$ ile ters döndürülmüştür. Burada amaç, konsolidasyon deneyinde konsolidasyon yüzdesi $U=1$ ' in %100 konsolidasyonu ifade etmesine benzer olarak $(1-U)=1$ olmasının da %100 sönümlenmeyi göstermesinin sağlanmasıdır. Bu yaklaşıma göre aynı derinliğin $(1-U)$ -t örnek grafikleri Şekil 41' de verilmiştir.



Şekil 40. STYG01, 5.83 m. sönümlenme deneyi U-zaman grafikleri a) aritmetik, b) logaritmik, c) karekök-zaman



Şekil 41. STYG01, 5.83 m sönümlenme deneyi (1-U)-t grafikleri a) aritmetik, b) logaritmik, c)karekök- t

3.7 Kalibrasyon Silindiri Çalışmaları

3.7.1 Kalibrasyon Silindirinin Özellikleri

Önceki bölümlerde verilen iki referansta sıkı kumlarda kabarma özelliği nedeniyle silindirdeki numune çapının koni çapının 40 katı kadar olması istenmiştir. Siltte ise sıkı kumlarda görülen bu özellik bulunmamaktadır. Yukarıdaki veriler dikkate alınarak ve sınır şartlarının etkisinin de incelenebilmesi amacıyla çalışma için 50 ve 80 cm olmak üzere iki farklı çapta fiberglas boru temin edilmiştir (Foto 15) .



Foto 15. İki farklı çapta kalibrasyon silindirleri

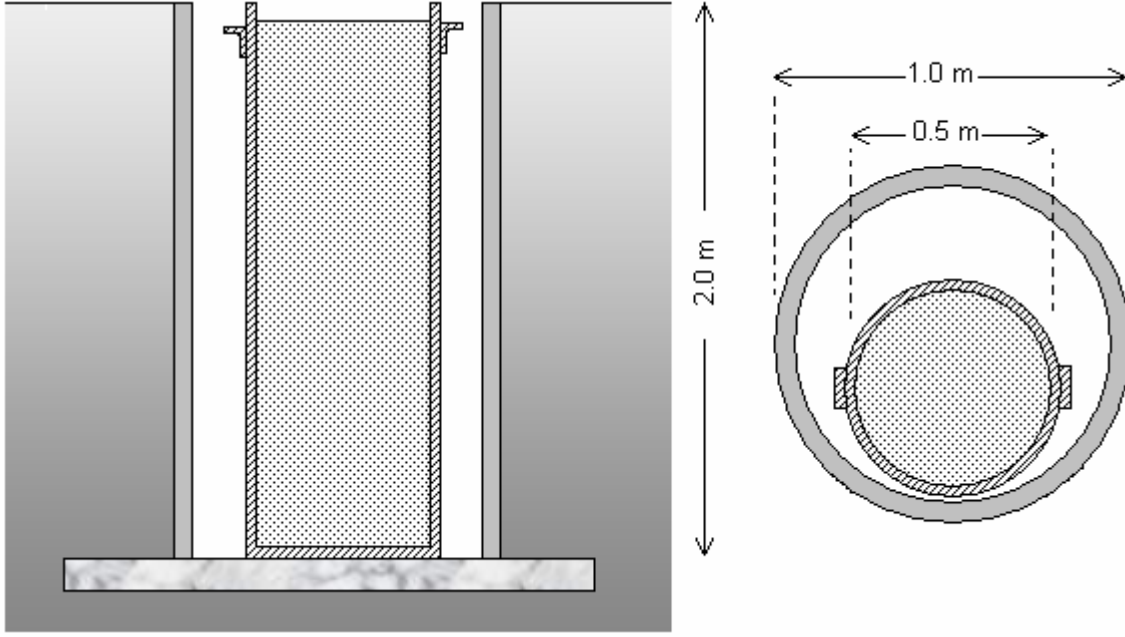
Seçilen 50 cm' lik silindir çapı, Abu-Farsakh, Tümay ve Voyiadjis (2003)' in çalışmaları ile uyumludur. Her iki borunun yüksekliği aynı olup 2 m' dir.

Deneyler öncelikle 50 cm çaplı boruda yürütülmektedir. 50 cm çaplı borunun altı kapatılmış ve kaldırılabilmesi için kollar yapılmıştır. Rahat çalışılabilmesi amacıyla da borular zeminde açılan çukurlara yerleştirilmiştir (Foto 16).

Çukur çeperleri, 1 m çapında beton boruların düşey yerleştirilmesiyle desteklenmiştir. Deneyler sırasında piyezometrik kontrollerin yapılması ve drenaj vanalarının açılıp kapanması amacıyla açılan çukurlara inilmesi gerektiğinden söz konusu beton künklerin vasıtasıyla oluşturulan boş alandan yararlanılmıştır. Kazı için traktör-kepçe kullanılmış ve daha sonra yüzey betonla tesviye edilmiştir. SAÜ Geoteknik laboratuvarı bahçesinde açık arazide kurulan deney sisteminde çamur vb. etkilerden kurtulmak ve düzgün bir yüzey üzerinde çalışabilmek için çalışma alanı betonla kaplanmıştır. Şekil 42' de kullanılan boruların kesitte ve planda konumları tasvir edilmiştir.



Foto 16. Silindirin yerleştirme aşamaları



Şekil 42. 50 cm' lik borunun plan ve kesiti

3.7.2 Numune Karışımı Hazırlanması

Deneylerde Adapazarı şehir merkezinden temin edilen ML silt ve SM kum karışımları kullanılmaktadır. ML siltte ince dane oranı %60, SM kumda ise %35' dir. Kil yüzdesi ML' de %13, SM' de ise %4' dür.

İstlenen karışım likit limitin 1.5 katı su muhtevasında hazırlandıktan sonra silindire tek seferde doldurulmuş ve öncelikle kendi ağırlığı altında konsolide olması beklenilmiştir. Daha sonra numune üzerindeki basınç öngörülen değer 150 kPa' a kademeli olarak yükseltilmiştir. Gerekli numune ağırlığı 50 cm çaplı boruda 700 kg, 78 cm çaplı boruda ise 1600 kg civarında olmaktadır (Çizelge 9).

Çizelge 9. Silindir için gerekli numune ağırlıkları

Çap (m)	Alan (m ²)	Hacim (m ³)	Bulamaç Ağırlığı (kN)	
			$\rho=16 \text{ kN/m}^3$	$\rho=17 \text{ kN/m}^3$
0.78	0.478	0.956	15.30	16.25
0.50	0.196	0.393	6.29	6.68

Numunenin konsolide olması amacıyla borunun 6 farklı yüksekliğinde drenaj delikleri açılmış, ayrıca üstten konsolide olması amacıyla da yükleme başlığı delikli olarak imal edilmiştir.

Foto 17' de numune hazırlama yöntemi sırasıyla gösterilmiştir. Öncelikle Adapazarı Yenigün mahallesinde sıvılaşabilir silt katmanlarının bulunduğu STYG02 sitesinden yeterli miktarda siltli numune temin edilmiştir. Numune karıştırılmış ve kil topaklarından arındırılmıştır.



Foto 17. Karışım hazırlanması ve silindire doldurulması

İstenen karışım oranlarını sağlamak için kum ve silt numuneleri tartılarak birbirine karıştırılmıştır. Karıştırıcıya doldurulduktan sonra likit limitin 1.5 katı civarında su ilavesi yapılmış ve tam bir homojenlik sağlanana kadar karıştırılmıştır. Daha sonra büyük kovalar vasıtası ile silindir içine dökülmüştür.

3.7.3 Yükleme Sistemi

150 kPa' lık bir konsolidasyon basıncına ulaşabilmek için 50 cm' lik boruda yaklaşık 3 ton, 78 cm' lik boruda ise 7.5 tonluk bir yüke ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüklerin sağlanması amacıyla bir ankraj+kriko sistemi oluşturulmuştur. Buna göre yükleme başlığının üzerine oturtulan kriko ankrajlara oturan bir yükleme kirişinden reaksiyon almaktadır. Yükün sağlandığı krikodan yükün belirlenebilmesi için kriko ölçeği-yük kalibrasyonu yapılmıştır.

Yükleme sisteminin oluşturulması için öncelikle yük kirişinin yerleştirileceği reaksiyon ankrajlarının kuyunun her iki yanına tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için kuyunun her iki yanına 15 cm çaplı kuyular açılmış ve hazırlanan ankraj çubukları kuyu içine yerleştirilmiş ve betonlanmıştır (Foto 18 ve Foto 19).



Foto 18. Yüklemeye kiriş için reaksiyon ankrajlarının hazırlanması



Foto 19. Yüklemeye sistemi

Başlangıçta kendi ağırlığı altında konsolidasyona bırakılan numune üzerine önce ölü ağırlıklar konulmuş, bunlar her geçen gün artırılmış, numunenin belli bir direnç kazandığı görüldükten sonra kriko ile yükleme sistemi devreye sokulmuştur (Foto 19). Drenajın takibi amacıyla silindir yüzeyine açılan drenaj deliklerine vanalar takılmış ve bunların uçlarına takılan şeffaf hortumlardan su çıkışı gözlenmiştir. Yükleme sırasında oluşan ek su basınçları nedeniyle hortumlarda su seviyesi silindir içindeki seviyenin üstüne çıktığında hortumlardaki fazla su dışarıya alınmaktadır. Hortumlarda su kotunda herhangi bir yükselmenin olmaması konsolidasyonun tamamlandığını göstermektedir.

Kriko ile yükleme yapılırken numune boyunda meydana gelen oturma nedeniyle yükte bir boşalma olmaktadır. Uygulanan gerilmenin değerin sabit kalması için sürekli kontrol ve gerektiğinde yükleme yapılmaktadır. Bu ilk denemede numunenin konsolidasyonu 6 ay kadar takip edilmiştir.

3.7.4 Kalibrasyon Silindirinde CPTU Deneyi

Konsolidasyon süreci sonunda yaklaşık 190 cm yüksekliğinde bir numune elde edilmiştir. Bu numune üzerinde CPTU ve sönümlenme deneylerinin aşağıdaki şekilde yürütülmesi planlanmıştır:

1. CPTU deneyinin numunenin eksenini boyunca yapılması (Foto 20).
2. Sönümlenme deneylerinin boru başından 30, 75, 120 ve 150 cm aşağıda yapılması.
3. Boşluk suyu basıncı ölçümlerinin u_2 olarak alınması.
4. Sönümlenmeler bitince numunenin başka bir noktasından deneme amaçlı tam boy CPTU yapılması.
5. Sönümlenme yapılan her derinlikten sınıflama, hidrometre (homojenlik kontrol), konsolidasyon, Rowe, CTX, DSS ve CU için numune alınması.

3.7.5 Kalibrasyon Silindirinden Numune Alınması

CPTU deneyi sırasında numunenin üst 30-40 cm'inde yapılan sönümlenmenin gerçekleştiği varsayımı ile silindirin tüm derinlikleri yerine sadece bu kısımdan numune alınmıştır. 20 ve 30 cm derinliklerden ayrı sınıflama numuneleri alınmış, gene aynı derinliklerden tek yönlü ve çift yönlü konsolidasyon deneyleri için ikişer numune konsolidasyon halkaları doğrudan silindir içindeki numuneye batırılarak alınmıştır (Foto 21). Ayrıca Rowe hücrelerinde yürütülecek deneyler için büyük ve küçük çaplı numuneler alınmıştır. CTX deneyleri için gene doğrudan numuneye batırılan plastik tüpler içine numune alınmış ve bunlar deney yapılacak zamana kadar saklanmak üzere dondurulmuştur.



Foto 20. Silindir içinde CPTU uygulaması



Foto 21. Silindirden örselenmemiş numune alınması

Deneme sürecinde konsolidasyonun sadece üst 30-40 cm' de tamamlandığının ve boru çeperi-numune sürtünmesi sonucu numunenin alt kesimlerine ek gerilmelerin ulaşmadığının görülmesi üzerine, laboratuvar deneyleri için numune alındıktan sonra silindir içindeki numune 50 cm kadar boşaltılmış ve yüzeyi düzleştikten sonra tekrar basınca tabi tutulmuştur. Bundan sonraki denemede uygulanacak basınç 300 kPa

olarak belirlenmiş ve vanalardaki su çıkışı günlük olarak gözlenmeye başlanarak başlığın oturma değerleri kaydedilmeye başlanmıştır.

3.7.6 Kalibrasyon Silindiri Deneylerinin Geliştirilmesi

İkinci aşama konsolidasyon süreci tamamlandığında CPTU, sönümlenme ve laboratuvar deneyleri alttaki derinlikler için yukarıda planlanan şekilde uygulanacaktır.

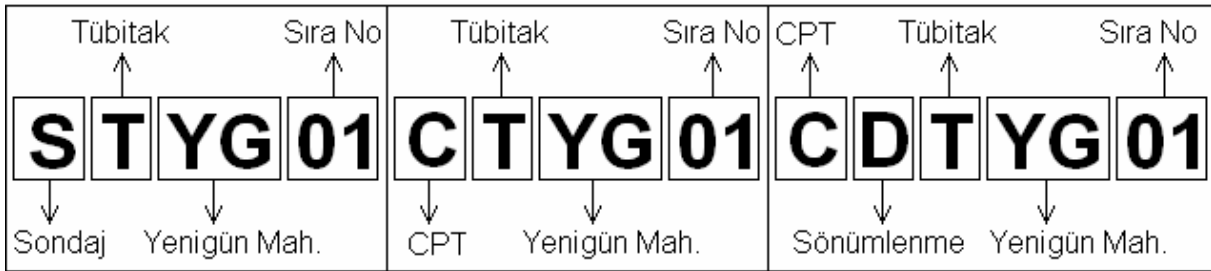
Mevcut numune ile ilgili çalışmalar tamamlandıktan sonra yapılacak olan yeni karışımlar silindire tek döküm yerine 4 veya 5 kademede sıkıştırılarak doldurulacaktır. Uygulanan gerilmelerin tüm derinliklere ulaşması ve konsolidasyon sürecinin tamamlanması için bu durum zorunlu olarak belirmiştir. Deney sırasında her kademedeki yükleme sonrası drenaj borularında su çıkışları ve başlıktaki oturmalar günlük olarak takip edilecektir. Çalışma kapsamında kil yüzdesi değiştirilerek Adapazarı Kriteri' ne göre sivilaşabilir ve sivilaşmaz özellik taşıyan karışımlar oluşturulacak ve sönümlenme deneyleri öncelikle 50 cm çaplı boruda yapılacaktır. Uygulanacak konsolidasyon basıncının da bir diğer değişken olması düşünülmektedir. Sonraki aşamalarda büyük çaplı boruda da farklı karışım ve gerilmeler için sönümlenme deneyleri yapılarak değerlendirme yoluna gidilecektir. Ayrıca boşluk suyu basınçlarının ölçülmesi ile ilgili çalışmaların da yapılması amaçlanmaktadır.

4 VERİLER

4.1 İndeksleme

4.1.1 Sondaj ve Sondalama Noktaları İçin İndeksleme

Bu proje kapsamında sondaj yerlerinin ve sondajlardan gelen her bir numunenin kolaylıkla tasnifini sağlayacak bir numaralandırma sistemi geliştirilmiştir. Örneğin STYG01, CTYG01 ve CDTYG01 kodlamalarında ilk harfin « S » olması noktanın bir sondaj, « C » olması koni penetrasyon deneyi olduğunu, « CD » ise konik penetrasyonun sönümlenme deneyleri ile beraber yürütüldüğünü göstermektedir. İkinci harf olan « T » Tübitak projesi olduğunu simgelemektedir. Sonraki iki harf çalışılan sitenin Adapazarı sınırları içerisinde hangi mahallede olduğunu belirtmektedir. Örneklerde bunlar « YG » olarak Yenigün mahallesinin kısaltmasını göstermektedir. İndekslemede kullanılan bu yöntemin sondaj, CPTU ve sönümlenme yapılan CPTU deneylerinde uygulanması Şekil 43' de şematik olarak gösterilmiştir. Mahalle kısaltmaları Çizelge 10' da verilmiştir. Son iki hanede bulunan sayılar ise çalışılan sitenin numarasını (bu örneklerde 1. site) belirtmektedir.



Şekil 43. Sondaj, CPTU ve CDPTU uygulamaları için tanıma yöntemi

Çizelge 10. Veritabanında araştırma bölgesindeki mahalle adlarının kısaltmaları

NO	KISALTMA	MAHALLE	BELEDİYE	NO	KISALTMA	MAHALLE	BELEDİYE
01	AK	AKINCILAR	ADAPAZARI	19	TK	TEPEKUM	ADAPAZARI
02	CM	CUMHURİYET	ADAPAZARI	20	TI	TIĞCILAR	ADAPAZARI
03	CK	ÇUKURAHMEDİYE	ADAPAZARI	21	TZ	TUZLA	ADAPAZARI
04	GL	GÜLLÜK	ADAPAZARI	22	YA	YAĞCILAR	ADAPAZARI
05	HT	HIZIRTEPE	ADAPAZARI	23	YH	YAHYALAR	ADAPAZARI
06	IS	İSTİKLAL	ADAPAZARI	24	YC	YENİCAMİ	ADAPAZARI
07	KO	KARAOŞMAN	ADAPAZARI	25	YD	YENİDOĞAN	ADAPAZARI
08	KU	KURTULUŞ	ADAPAZARI	26	YG	YENİGÜN	ADAPAZARI
09	MT	MALTEPE	ADAPAZARI	27	BL	BAĞLAR	ERENLER
10	MP	MİTHATPAŞA	ADAPAZARI	28	DL	DİLMEN	ERENLER
11	OR	ORTA	ADAPAZARI	29	ER	ERENLER	ERENLER
12	OZ	OZANLAR	ADAPAZARI	30	HO	HACIOĞLU	ERENLER
13	PA	PAPUÇÇULAR	ADAPAZARI	31	KP	KÜPÇÜLER	ERENLER
14	SA	SAKARYA	ADAPAZARI	32	TH	TABAKHANE	ERENLER
15	SM	SEMERCİLER	ADAPAZARI	33	YM	YENİMAHALLE	ERENLER
16	SK	ŞEKER	ADAPAZARI	34	YT	YEŞİLTEPE	ERENLER
17	SV	ŞİRİNEVLER	ADAPAZARI	35	BK	BEKİRPAŞA	BEKİRPAŞA
18	TE	TEKELER	ADAPAZARI				

4.1.2 Numunelerin İndekslenmesi

Projede her numune için sınıflama, konsolidasyon, özgül ağırlık, hidrometre ve pipet analizi gibi birçok deney gerçekleştirilmiştir. Karışımları önlemek için bunların da adlandırılması yapılmıştır. « Numune_No » adı altında örneğin 01B3 nolu numunenin açılımı incelenecek olursa ; « 01 » numunenin 1 nolu siteye ait olduğunu, « B » harfi o sitede yapılan sondajdaki örselenmemiş numune sırasını (A: 1. UD, B: 2. UD, C: 3. UD...), « 3 » ise söz konusu örselenmemiş numune alma tüpü içerisinde farklı özelliklere sahip tabakalardan kaçınıcı olduğunu göstermektedir. Eğer harf ile simgesi çift haneden oluşuyor ise o numunenin iki örselenmemiş numune alma tüpü arasındaki bir derinlikten alındığını gösterir.

4.2 Veritabanı ve Yapısı

Sondajlardan ve koni penetrasyon (CPTU) deneylerinden gelen verilerin bilgisayar ortamında saklanabilmesi ve istenilen niteliklere sahip verilerin geri çağırılması amacıyla buna olanak sağlayan Microsoft Access veritabanı kullanılarak sınıflama yapılmıştır. Geliştirilen veritabanının proje özellikleri Çizelge 11’ de ve fiziksel özellikleri tablosu Çizelge 12’ de bir örnek eşliğinde gösterilmiştir. Veritabanında bulunan 760 satırda tüm sınıflandırma sonuçları Ek-II’ de verilmiştir.

Çizelge 11. Projeler tablosu alan içerikleri

Alan No	Alan Adı	Örnek	Alan No	Alan Adı	Örnek
1	SONDAJ_NO	STYG01	11	SOKAK	Yazar
2	CPT_NO	CTYG01	12	NO	7
3	DCPT_NO	CDTYG01	13	CPT_YASS (m)	1.1
4	PROJE ADI	XX Arsası Yanı	14	SONDAJ_YASS (m)	1.1
5	ACIKLAMA	yüze su çıkışı	15	LATITUDE (N)	40.77145
6	SIVILASMA	Evet	16	LONGITUDE (E)	30.40847
7	TARİH	06.10.2005	17	CPT_X (m)	33770
8	İLCE	Adapazarı	18	CPT_Y (m)	33450
9	MAHALLE	Yeniğün	19	CPT_LOG_File	Loglar\CPT_Logları\CTYG01.JPG
10	CADDE	Sakarya	20	SONDAJ_LOG_File	Loglar\Sondaj_Logları\STYG01.jpg

Çizelge 12. Fiziksel özellikler tablosu alan içerikleri

Alan No	Alan Adı	Örnek	Alan No	Alan Adı	Örnek
1	SONDAJ_NO	STYG01	15	% Çakıl	0
2	Numune_No	01G3	16	% Kil (Hidr)	11
3	Derinlik (m)	4.30-4.45	17	% Kil (Pipet)	Yok
4	Numune Baş (m)	4.3	18	D ₁₀ (mm)	0.0012
5	Numune Son (m)	4.45	19	D ₃₀ (mm)	0.02
6	Tarih	06.10.2005	20	D ₅₀ (mm)	0.04
7	RENK	Yeşil	21	D ₆₀ (mm)	0.051
8	W _L _Casagrande (%)	30	22	G _s	2.62
9	W _L _Koni (%)	32	23	SINIF (Casagrande)	ML, Düşük Plastisiteli Silt ve Az Kum
10	WP (%)	23	24	SINIF (Koni)	ML, Düşük Plastisiteli Silt ve Az Kum
11	W _n (%)	25	25	Pen (kPa)	100
12	% İnce	74	26	Açıklama	Pipet Numunesi alınamadı
13	% Kil	11	27	Dosya (köprü)	01_Sınıflama\STYG01\01G3_Sınıf_Tek_XLS
14	% Kum	26			

4.3 Ödometre' de Konsolidasyon Verileri

Arazide sönümlenme ve ödometrede konsolidasyon karşılaştırmalı olarak 70 adet, sönümlenme, ödometre ve Rowe hücresi karşılaştırmalı olarak 17 adet deney yapılmıştır. Ayrıca silindir üst ve alt 0.30-0.40 m. arası numuneler ödometrede konsolidasyona tabi tutulmuştur. Deneyler tek ve çift yönlü olmak üzere iki farklı deney düzeneğinde yapılmıştır.

ADU' dan her bir yükleme kademesi için elde edilen ve yaklaşık 4000 veriden geçen ortalama eğri Digitizer programı ile filtrelenerek veri dosyası haline getirilmiş ve Excel programı ile eğriler son halini almışlardır.

Çift ve tek yönlü olarak yapılan deney sonuçları Ek-III' de çizelge olarak sunulmuştur. Tabloda tek yönlü deneyler § simgesi ile, $\sigma=100-200$ kPa aralığı * simgesi ile, $\sigma=150-400$ kPa aralığı ** simgesi ile, 400-800 kPa aralığı *** simgesi ile gösterilmiş, kırmızı renk sıvılaştıran örnekleri, mavi renk tek yönlü konsolidasyon katsayısı (c_v) değerlerini göstermek üzere kullanılmıştır.

Ayrıca, bu tablodan inceler, silt, kil, kum, çakıl yüzdeleri ile, likit limit (w_L), plastik limit (w_P), doğal su muhtevası (w_n), renk, sınıf (TS1500/2000), D_{50} , sıvılık indisi (I_L) değerleri ve sıvılaşmanın olup olmadığı da görülebilmektedir.

Yapılan 97 adet ödometrede konsolidasyon deney sonuçlarından hesaplanan parametreler aşağıda sıralanmıştır ve bu değerler Ek-III' de çizelge halinde gösterilmiştir:

1. $\sigma= 200$ ve 400 kPa için sıkışma katsayısı (a_v), hacimsel sıkışma katsayısı (m_v), boşluk oranı (e), sıkışma indisi (C_c), yeniden sıkışma indisi (C_r), ön konsolidasyon basıncı (σ_c),
2. Casagrande yöntemine göre t_{50} değeri, geçirimsizlik katsayısı (k), konsolidasyon katsayısı (c_v),
3. Taylor yöntemine göre t_{90} değeri, ve buradan bulunan geçirimsizlik katsayısı (k), konsolidasyon katsayısı (c_v).

Siltli numunelerde önce sıkışmanın büyük bir bölümü 6 saniyeden önce tamamladığından t_{50} yöntemi uygulanamamış, bu aşamada Taylor t_{90} yöntemine geçilmiştir. Ek-III' de ayrı kolonlarda t_{50} ve t_{90} değerlerine göre sonuçlar özetlenmiştir.

Tek ve çift yönlü konsolidasyon deney sonuçlarından elde edilen t_{50} ve t_{90} değerleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 13' te verilmiştir. Aynı eğrilerin CPTU sönümlenme ve Rowe hücresinde konsolidasyon ile karşılaştırması Ek-IV' te sunulmuştur.

Çizelge 13. Tek ve çift yönlü konsolidasyon deney sonuçları

ÖRNEK NO	DERİNLİK (m)	ZEMİN SINIFI	SIVILAŞMA	CASAGRANDE YÖNTEMİ		TAYLOR YÖNTEMİ	
				t ₅₀ (200 kPa)	t ₅₀ (400 kPa)	t ₉₀ (200 kPa)	t ₉₀ (400 kPa)
STHO23AA1	2.50-3.00	CH	YOK	9.25	10.58	--	--
STHO23AA1Ş	2.50-3.00	CH	YOK	21.23	23.99	2.6	0.78
STHO23BA1	2.50-3.00	MI	YOK	9.35	12.27	--	--
STHO23BA1Ş	2.50-3.00	MI	YOK	--	--	3.14	3.31
STIS24A1	2.90-3.00	CH	YOK	2.18	2.17	0.15	3.47
STIS24A1Ş	2.90-3.00	CH	YOK	8.38	12.87	0.16	0.34
STIS24B1	4.90-5.05	ML	VAR	0.9	0.24	0.18	2.14
STIS24B1Ş	4.90-5.05	ML	VAR	--	--	0.1	0.1
STIS24B2	5.05-5.20	ML	YOK	--	--	1.55	0.84
STIS24B2Ş	5.05-5.20	ML	YOK	0.57	0.38	0.16	0.11
SİLİNDİR-ALT	0.30-0.40	SM	VAR	--	--	0.21	0.19
SİLİNDİR-ALTŞ	0.30-0.40	SM	VAR	--	--	0.15	0.15
SİLİNDİR-ÜST	0.00-0.30	SM	VAR	6.73	3.74	0.17	--
SİLİNDİR-ÜSTŞ	0.00-0.30	SM	VAR	--	--	0.25	0.2

Aynı örnek üzerinde tek ve çift yönlü 14 adet konsolidasyon sonuçlarının karşılaştırılması Ek-V' de verilmiştir.

Kalibrasyon silindirinden alınan üst 30-40 cm arası ve alt 30-40 cm arası örneklere ödometrede tek ve çift yönlü konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Ek III' de, eğrileri Ek IV' de verilmiştir.

4.4 Rowe Hücresinde Sönümlenme Deney Sonuçları

Rowe hücresinde yapılan laboratuvar sönümlenme deneylerinde drenaj koşulları, arazi CPT sönümlenme deneylerini yakından andıran şekilde drenaj koşulları içten dışa doğru radyal drenaj biçiminde uygulanmıştır. İlk etapta yapılan deneylerde özellikle siltli numunelerde boşluk suyu basınçlarının 10 s' den daha az sürede sönümlendiğinin görülmesi üzerine sonraki deneylerde başlangıçta her saniyede bir olmak üzere okumaların sürekli kaydedilerek teşkil edilen sönümlenme eğrilerinin kullanılmasıyla konsolidasyon özellikleri belirlenmiştir. Literatüre bakıldığında, Rowe hücresinde içten dışa doğru drenaj koşullarında ölçülen t₅₀ ve t₉₀ değerleri kullanılarak radyal konsolidasyon katsayısının (Head, 1986);

$$c_{ro} = 0.131 \frac{T_{ro} D^2}{t} \dots \dots \dots (64)$$

ifadesi ile bulunduğu görülmektedir. Burada D: numune çapını (mm), t: zamanı (dk), T_{ro}: teorik zaman faktörünü göstermektedir. Eşit oturma ve serbest oturma durumları için kullanılacak zaman faktörleri de Çizelge 14' te verilmektedir.

Çizelge 14. Radyal konsolidasyon zaman faktörleri

Drenaj yönü	Oturma	Konsolidasyon konumu	Zaman faktörü	
			T ₅₀	T ₉₀
Radyal Dışa doğru	Serbest	Ortalama	0.0632	0.335
		Merkezi	0.200	0.479
Radyal Dışa doğru	Eşit	Ortalama	0.0866	0.288
		Merkezi	0.173	0.374

Sürekli okuma alınan laboratuvar Rowe sönümlenme deneyi grafik sonuçları Ek-IV' de verilmekte olup deneylerden belirlenen t₅₀ ve t₉₀ değerleri ile yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanan radyal konsolidasyon katsayıları Çizelge 15' te listelenmiştir. Çizelgede görülen t₅₀ ve t₉₀ değerlerine ulaşmak için sönümlenme eğrileri U_r-t eksenlerinde çizilip buradan konsolidasyon yüzdesi U₅₀, U₉₀ ve U₁₀₀ için t₅₀, t₉₀ ve t₁₀₀ değerleri okunmuştur. Burada

$$U_r = 1 - \frac{\Delta u_w}{\Delta u_{w0}} \dots\dots\dots(65)$$

olarak alınmıştır.

4.5 Arazi Sönümlenme Deney Verileri

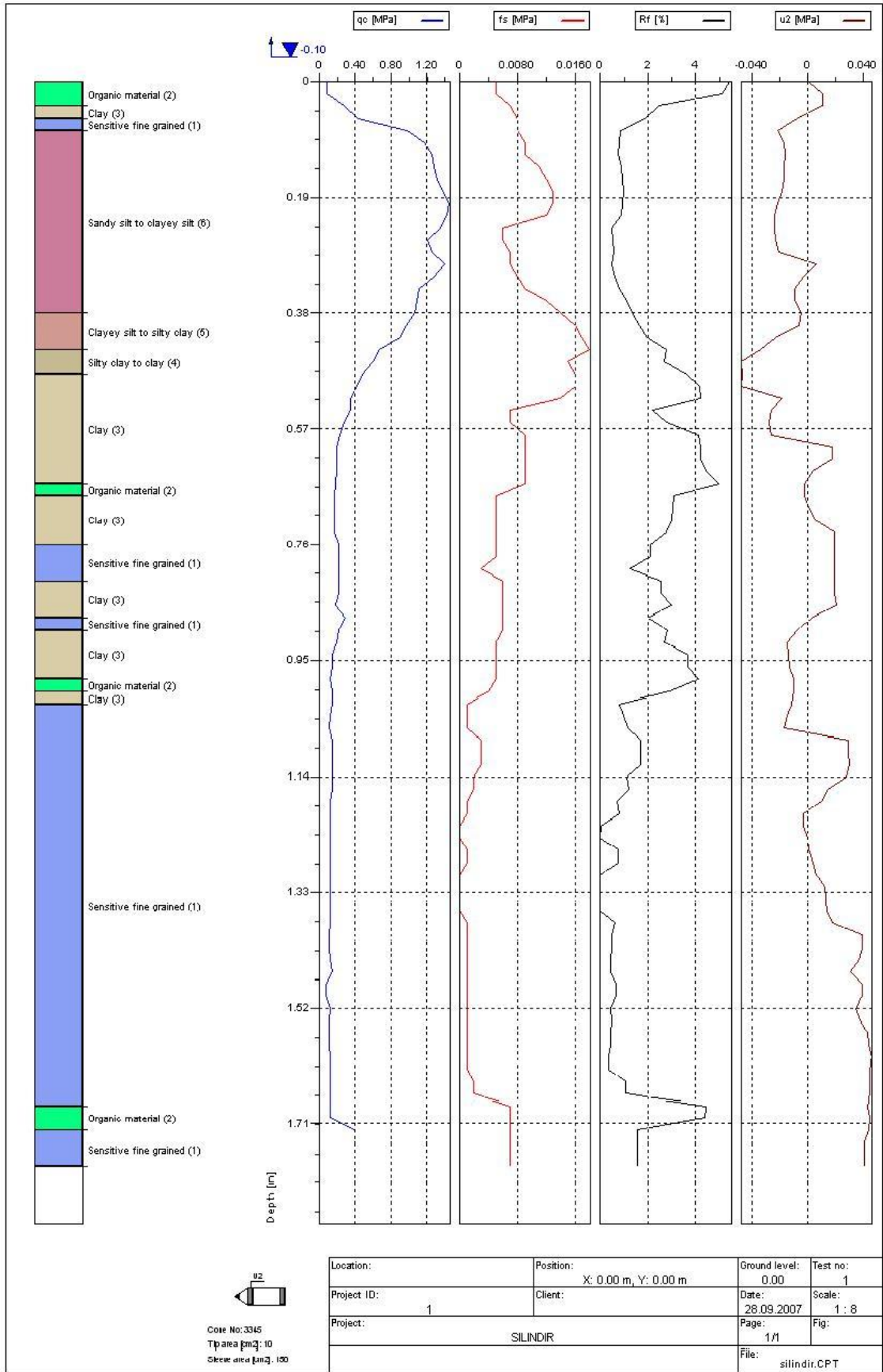
Bu proje kapsamında 49' u u₁ ve 177' si u₂ olmak üzere toplam 226 adet sönümlenme deneyi gerçekleştirilmiştir. Arazide ölçülen boşluk suyu basınçlarının sönümlenip yer altı suyunun hidrostatik basıncına eşdeğer basınçlara ulaşması için toplamda yaklaşık olarak 100 saat, diğer bir deyişle de dört günü aşan bir süre boyunca beklenilmiştir. Arazi sönümlenme eğrileri Ek-IV' te ve bunlardan elde edilmiş özet değerlendirme sonuçları ise Ek-VI' da verilmiştir.

4.6 Silindirde Sönümlenme Deneyi Verileri

Yapılan CPTU deneyinde 190 cm' lik numunenin üst 30-40 cm' sinde koni uç dirençlerinin 1 MPa' a ulaştığı, daha sonra ise 0.2 MPa civarına düştüğü hatta koninin hidrolik baskı olmadan kendi ağırlığı ile numune içine gömüldüğü görülmüştür. CPTU deneyinin GeoSoft CPT-Pro yazılımı ile değerlendirmesinde Robertson (1986) yöntemine göre yapılan sınıflamada üst 40 cm' lik kısımda siltli zeminlerin bulunduğu görülmektedir (Şekil 44). Bu derinlikten daha aşağıda ise yazılım killi zeminler ve hassas ince daneli zeminlerin bulunduğunu göstermiştir. Üstten uygulanan gerilmenin aşağıya ulaşmaması ve 40 cm' den aşağıda zeminin konsolidasyonunu tamamlamaması sonucunda sınıflama sonuçlarının beklenenden farklı çıktığı düşünülmektedir. Ancak numune deneyi yapan tarafından hazırlandığından kalibrasyon çalışmasının sıvılaştırma incelemelerinde değeri yadsınamaz.

Çizelge 15. Rowe hücresinde sönümlenme deney sonuçları

Tip	Sondaj	Derinlik (m)	σ (kPa)	$\Delta\sigma$ (kPa)	t_{50} (sn)	t_{90} (sn)	t_{100} (sn)	t_{50} (dk)	t_{90} (dk)	t_{100} (dk)	c_{10} m ² /yıl (t_{50} ile)		c_{10} m ² /yıl (t_{90} ile)	
											ortalama	merkezi	ortalama	merkezi
I	STYG06_C3	2.80-3.10 CL $e_0=0.87$	275-250	25	1.3	13	39.8	0.022	0.217	0.663	2798	5589	930	1208
I			300-250	25	1.5	9.5	48	0.025	0.158	0.800	2425	4844	1273	1654
I			340-250	40	0.9	4.3	79	0.015	0.072	1.317	4041	8073	2813	3653
I			450-250	110	0.8	4.3	22.4	0.013	0.072	0.373	4547	9083	2813	3653
I	STSR08_B1 R+D	3.70-4.00 ML $e_0=0.95$	525-500	25	2.8	38.3	298	0.047	0.638	4.967	1299	2595	316	410
I			600-500	50	4.3	138.4	761.7	0.072	2.307	12.695	846	1690	87	113
II			700-500	100	1.9	21.8	239.1	0.032	0.363	3.985	1914	3824	555	721
II			900-500	200	1.7	16.7	118.2	0.028	0.278	1.970	2140	4274	724	941
III	STTE09_A3	1.90-2.04 CI $e_0=0.944$	525-500	25	11.7	49.3	107.3	0.195	0.822	1.788	311	621	245	319
III			550-500	25	4.9	23.4	52.6	0.082	0.390	0.877	742	1483	517	671
III			600-500	50	25.7	47.3	111.7	0.428	0.788	1.862	142	283	256	332
III			700-500	100	2	14.8	39.2	0.033	0.247	0.653	1819	3633	817	1061
II	STTE09_C3	3.15-3.30 CL $e_0=0.74$	900-500	200	1.6	14.2	755.2	0.027	0.237	12.587	2273	4541	852	1106
III			525-500	25	4.7	32	75.7	0.078	0.533	1.262	774	1546	378	491
III			550-500	25	5.6	30.3	103.4	0.093	0.505	1.723	650	1298	399	518
III			600-500	50	10.7	114.6	850.8	0.178	1.910	14.180	340	679	106	137
IV	STTE09_D1	3.30-3.60 CL $e_0=0.89$	900-500	200	242.4	1476.5	8678.8	4.040	24.608	144.647	15	30	8	11
III			425-400	25	5.6	34.6	220	0.093	0.577	3.667	650	1298	350	454
IV			450-400	25	3.4	11.6	77.8	0.057	0.193	1.297	1070	2137	1043	1354
III			500-400	50	0.7	5.4	42.6	0.012	0.090	0.710	5196	10380	2240	2909
III	STTE09_E3	4.25-4.40 CL $e_0=0.83$	600-400	100	0.8	6.2	40.5	0.013	0.103	0.675	4547	9083	1951	2534
III			800-400	200	1.1	4.6	34.6	0.018	0.077	0.577	3307	6606	2630	3415
II			250-200	25	1.8	32	420.4	0.030	0.533	7.007	2021	4037	378	491
II			300-200	50	1.1	10.5	107.6	0.018	0.175	1.793	3307	6606	1152	1496
II	STYA12_A1	2.10-2.40 CI $e_0=0.96$	400-200	100	1.2	11.8	147.5	0.020	0.197	2.458	3031	6055	1025	1331
II			600-200	200	1.1	12.8	233.4	0.018	0.213	3.890	3307	6606	945	1227
II			1000-200	400	1	7.8	82.4	0.017	0.130	1.373	3637	7266	1551	2014
III			525-500	25	19.3	7.3	93.8	0.322	0.122	1.563	188	376	1657	2152
III	STKO13_A1	1.80-2.20 ML $e_0=0.83$	550-500	25	11.3	4.8	75.3	0.188	0.080	1.255	322	643	2520	3273
III			600-500	50	7.4	29.9	92.4	0.123	0.498	1.540	492	982	405	525
II-III			700-500	100	4.6	35.4	323.5	0.077	0.590	5.392	791	1580	342	444
III			900-500	200	11.8	82.2	570.3	0.197	1.370	9.505	308	616	147	191
III	STKO13_B2	2.37-2.80 CI $e_0=1.11$	525-500	25	3.7	27.8	66.5	0.062	0.463	1.108	983	1964	435	565
III			550-500	25	1.8	23.5	74.9	0.030	0.392	1.248	2021	4037	515	668
II			600-500	50	2.7	23.5	60.3	0.045	0.392	1.005	1347	2691	515	668
I			700-500	100	2.8	29.9	113.7	0.047	0.498	1.895	1299	2595	405	525
III	STOR15_B1	3.50-4.00 CH $e_0=1.218$	900-500	200	4.9	29.8	140.8	0.082	0.497	2.347	742	1483	406	527
IV			525-500	25	3.5	11.6	19.7	0.058	0.193	0.328	1039	2076	1043	1354
IV			600-500	50	0.8	6.5	34	0.013	0.108	0.567	4547	9083	1861	2417
III			900-500	200	632.5	4352.6	9880.2	10.542	72.543	164.670	6	11	3	4
III	STOR15_C1	4.50-5.00 MI $e_0=0.929$	525-500	25	86.8	764.8	1750.5	1.447	12.747	29.175	42	84	16	21
IV			550-500	25	146.3	720.9	1041.8	2.438	12.015	17.363	25	50	17	22
III			700-500	100	92.1	3070.6	23241.8	1.535	51.177	387.363	39	79	4	5
III			900-500	200	1208.4	11114.5	34762.5	20.140	185.242	579.375	3	6	1	1
I-II	STOR15_D1	5.40-5.70 CL $e_0=1.116$	525-500	25	8.2	45.8	84.2	0.137	0.763	1.403	444	886	264	343
III			550-500	25	2.5	8	13.7	0.042	0.133	0.228	1455	2906	1512	1964
II-III			600-500	50	0.9	4.9	15.6	0.015	0.082	0.260	4041	8073	2469	3206
II			700-500	100	0.6	2.6	19	0.010	0.043	0.317	6062	12110	4652	6042
III	STTK17	7.19 CL $e_0=0.88$	900-500	200	2	4.3	22.7	0.033	0.072	0.378	1819	3633	2813	3653
IV			525-500	25	32.9	139.1	289.7	0.548	2.318	4.828	111	221	87	113
III			550-500	25	17.5	72.4	141.7	0.292	1.207	2.362	208	415	167	217
II			600-500	50	6.8	32.9	93	0.113	0.548	1.550	535	1069	368	477
II	STYA19_A1	2.90-3.00 ML $e_0=0.951$	700-500	100	3.1	27.8	88.6	0.052	0.463	1.477	1173	2344	435	565
II			900-500	200	2.7	26.3	87.8	0.045	0.438	1.463	1347	2691	460	597
III			525-500	25	2.8	6.9	25.6	0.047	0.115	0.427	1299	2595	1753	2277
III			611-500	46	0.6	1.7	16.7	0.010	0.028	0.278	6062	12110	7115	9240
III	STYA19_A3	3.20-3.30 CI $e_0=0.895$	960-600	118	2.7	9.8	42.4	0.045	0.163	0.707	1347	2691	1234	1603
III			525-500	25	14.7	77.6	252.6	0.245	1.293	4.210	247	494	156	202
III			550-500	25	11.9	44.5	94.7	0.198	0.742	1.578	306	611	272	353
II-III			600-500	50	11.7	90.7	294.1	0.195	1.512	4.902	311	621	133	173
III	STOZZ22_	2.50-2.80 CI(2.4-2.5) $e_0=$	800-500	100	4.4	41.1	185.1	0.073	0.685	3.085	827	1651	294	382
III			920-500	120	2.7	33.3	208.1	0.045	0.555	3.468	1347	2691	363	472
I			525-500	25	6.1	42.5	84.1	0.102	0.708	1.402	596	1191	285	370
III			550-500	25	18	56	135.5	0.300	0.933	2.258	202	404	216	281
III	STTH25_	2.65-2.80 CL $e_0=$	600-500	50	7.4	31.9	86.1	0.123	0.532	1.435	492	982	379	492
III			700-500	100	7.1	36.1	74.3	0.118	0.602	1.238	512	1023	335	435
III			900-500	200	17.4	66.4	139.8	0.290	1.107	2.330	209	418	182	237
II			525-500	25	5.9	51.7	115.3	0.098	0.862	1.922	616	1232	234	304
III	STTH25_	2.50-2.80 CI(2.4-2.5) $e_0=$	550-500	25	1.1	7.6	35.5	0.018	0.127	0.592	3307	6606	1592	2067
II			600-500	50	0.8	6.3	20.2	0.013	0.105	0.337	4547	9083	1920	2493
II			700-500	100	6.6	354.2	1360.8	0.110	5.903	22.680	551	1101	34	44
IV++			900-500	200	322.1	1983.7	3853.1	5.368	33.062	64.218	11	23	6	8
III	STTH25_	2.65-2.80 CL $e_0=$	550-500	25	2.5	10.6	18.6	0.042	0.177	0.310	1455	2906	1141	1482
II-III			600-500	50	0.8	11.7	40.1	0.013	0.195	0.668	4547	9083	1034	1343
II-III			700-500	100	2.3	21.4	68.9	0.038	0.357	1.148	1581	3159	565	734
II			900-500	200	1.4	3.9	8.3	0.023	0.065	0.138	2598	5190	3102	4028



Şekil 44. Kalibrasyon silindirinde CPTU deneyi

5 BULGULAR

5.1 Ödometrede Konsolidasyon Deney Sonuçları

Arazi sönümlenme eğrilerine bakıldığında Tip-1 olarak adlandırılan grup dışındakilerin konsolidasyon eğrileri ile doğrudan benzeştirilemediği söylenebilir. Bunun nedeni, penetrasyon sonucunda drenajsız olarak yenildiği varsayılabilir. CH killerde başlangıç boşluk suyu basınçlarının aşırı yüksek değerlere çıkması ve sönümlenmenin pozitif değerlerden başlamasıdır. Öte yandan, OC killer, kumlar ve ML siltler gibi kabarma gösteren zeminlerde de boşluk suyu basınçlarının hidrostatik değerlerin altındaki düzeyden sönümlenmeye başlamaları normaldir. Özellikle bu ikinci durumda eğrilerin kaydırılarak kabarma etkisinin giderilmesi ve analize bu yeni sifirdan başlanması önerilmiştir (Burns ve Mayne, 1998).

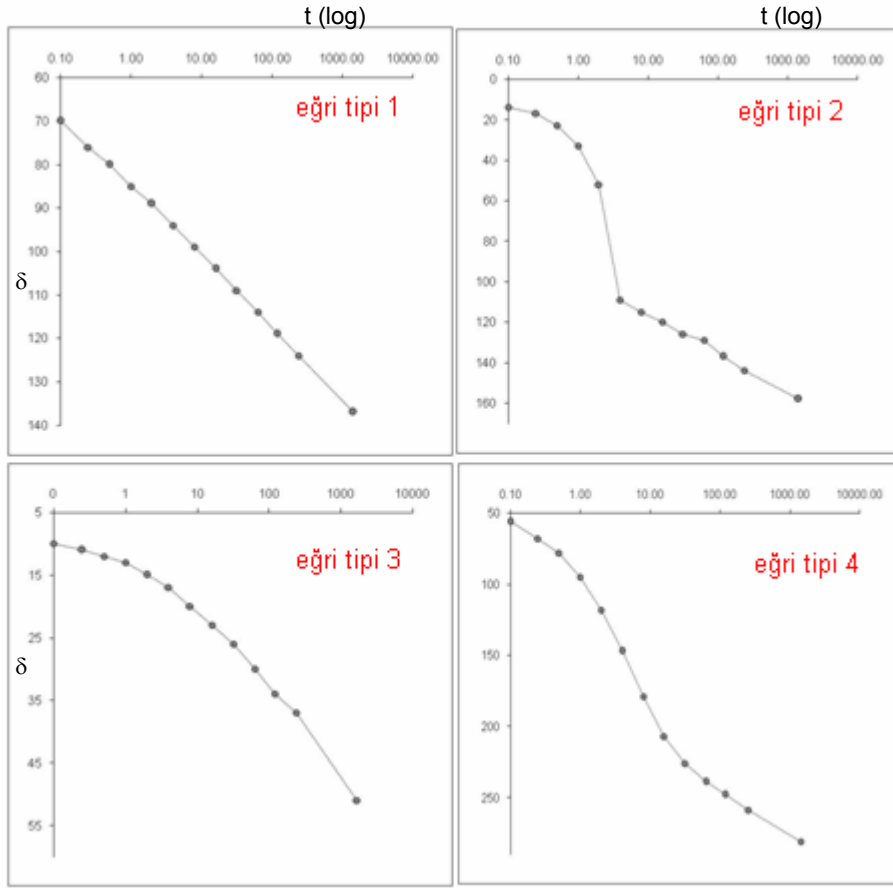
Yapılan toplam 97 adet ödometre deneyinde numuneler TS1500/2000' e göre sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırmalarda numunelerin 13 adedi CH, 6 adedi MI, 36 adedi ML, 18 adedi CL, 17 adedi CI, ve 7 adedi de SM olarak simgelenmiştir (EK-III).

Yapılan deneylerde zaman-sıkışma eğrileri 4 farklı tipte ayırtlanmıştır. Bu eğri tipleri Çizelge 16 ve Şekil 45 ve 46' da gösterilerek bunlara karşılık sınıflar verilmiştir.

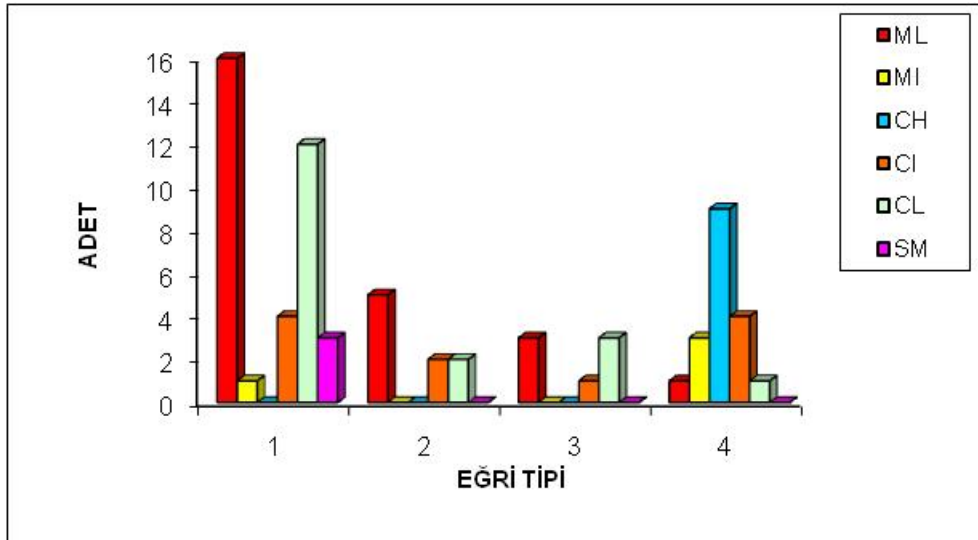
Çizelge 16. Zemin sınıfının konsolidasyon eğrisi tipleri ile bağıntısı

EĞRİ TİPİ	ML	MI	CH	CI	CL	SM	Σ
1	16	1	--	4	12	3	36
2	5	--	--	2	2	--	9
3	3	--	--	1	3	--	7
4	1	3	9	4	1	--	18
Σ	25	4	9	11	18	3	

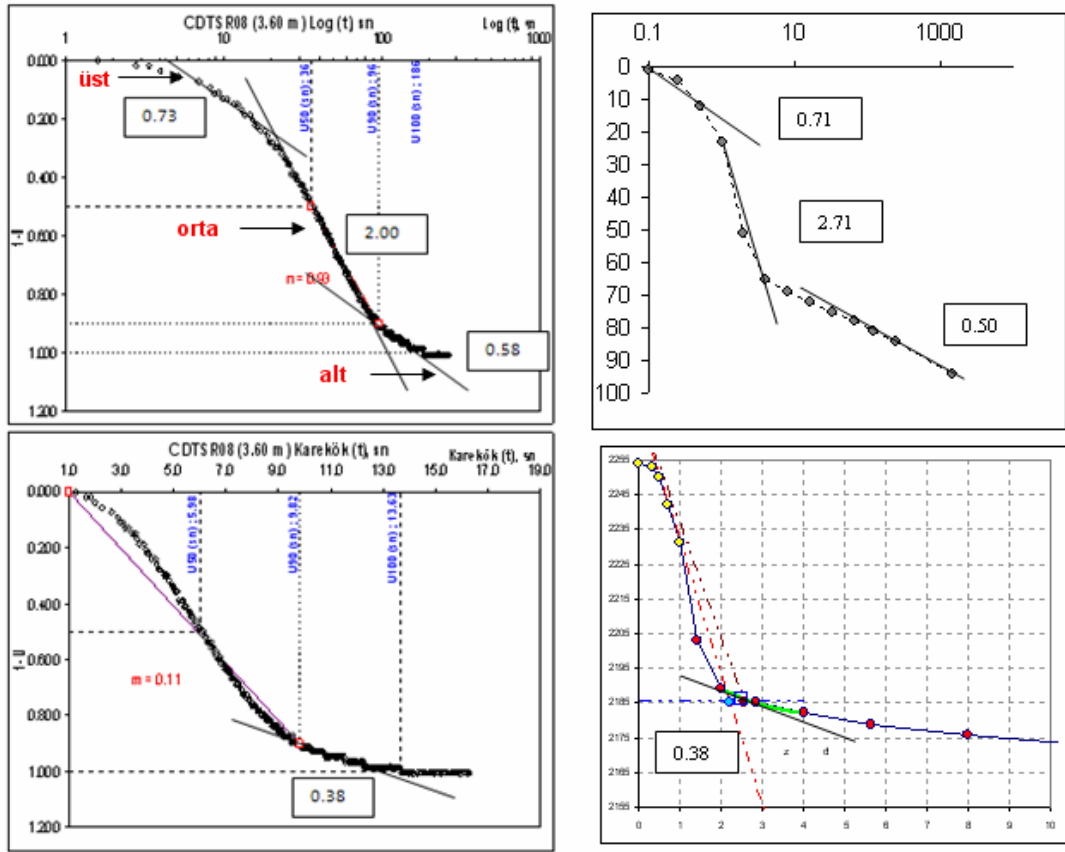
Ödometre eğrileri, CPTU Tip-1 sönümlenme eğrileri ile benzeştiğinden $\sigma = 200$ kPa ve 400 kPa ödometre t_{50} eğrileri ile karşılaştırıldığında üç tip eğim görülmektedir. Bunlar, üst, alt ve orta olmak üzere 3 kısma ayrılmıştır. Aynı şekilde, sönümlenme eğrilerinden oluşan eğimlerle ödometre t_{90} eğrilerinden oluşan eğimler karşılaştırılmıştır. Şekil 47' de bu eğimlerin bulunuşuna bir örnek verilmiştir. Çizelge 17' de tüm eğimler karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 45. Konsolidasyon deneylerinde δ - t (log) eğrilerinde beliren biçimler



Şekil 46. Konsolidasyon eğri tiplerinin histogramda gösterilişi

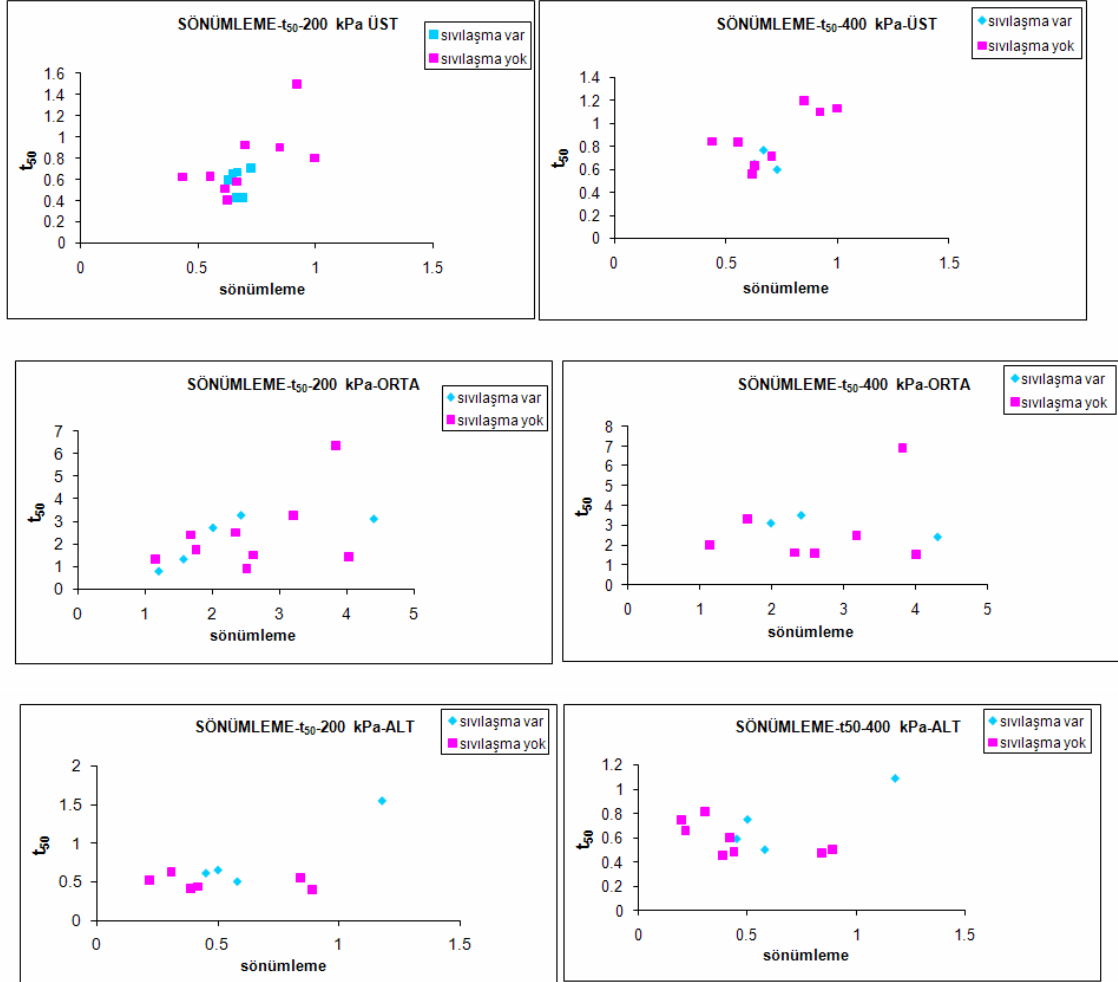


Şekil 47. CPTU Tip-1 eğrileri ile ödometre t_{50} ve t_{90} eğrilerinden oluşan eğimlerin karşılaştırılması

Çizelge 17. Sönümlenme ve konsolidasyon t_{50} eğrilerinden elde edilen eğimler

Örnek No	Sınıfı	Sıvılaşıma	Sönümlenme Eğrisi Eğimleri			Konsolidasyon Eğri Eğimleri (t_{50})					
						200 kPa			400 kPa		
			Üst	Orta	Alt	Üst	Orta	Alt	Üst	Orta	Alt
STSR08B1	ML	VAR	0.73	2.00	0.58	0.71	2.71	0.50	0.60	3.13	0.50
STYG01K2	ML	VAR	0.63	—	1.18	0.60	—	1.55	0.65	—	1.09
STTK17A1	ML	VAR	0.85	1.19	0.50	0.90	0.80	0.65	1.20	—	0.75
STYG02A1	ML	VAR	0.65	1.56	—	0.65	1.33	—	—	—	—
STYG02C1	ML	VAR	0.69	4.31	0.60	0.43	—	—	0.63	2.44	—
STYG04F4	ML	VAR	0.67	2.42	0.45	0.67	3.26	0.61	0.77	3.53	0.59
STYG05C1	SM	VAR	0.67	4.40	0.88	0.43	3.10	—	—	—	—
STYG03K2	ML	YOK	0.71	3.83	0.89	0.92	6.38	0.40	0.71	6.92	0.50
STTK17B2	MI	YOK	0.67	1.75	—	0.57	1.75	—	—	—	—
STSR08A1	CH	YOK	1.50	1.14	0.20	1.10	1.33	—	0.76	2.00	0.75
STYG06C3	CL	YOK	1.00	2.33	0.44	0.80	2.50	—	1.13	1.63	0.48
STYG04C1	CL	YOK	0.44	2.60	0.31	0.62	1.50	0.63	0.84	1.59	0.82
STYG03E4	CI	YOK	0.62	4.02	0.42	0.51	1.44	0.44	0.56	1.53	0.60
STYG04B2	CL	YOK	0.56	3.19	0.22	0.63	3.26	0.52	0.83	2.50	0.66
STOR15A1	CL	YOK	—	2.50	0.39	—	0.89	0.42	—	—	0.45
STYG01C2	CL	YOK	0.63	1.67	0.84	0.40	2.40	0.55	0.63	3.33	0.47

Sönümlenme ve konsolidasyon eğrilerinin; üst, orta ve alt eğim değerleri noktalandığında, konsolidasyon t_{50} değeri arttıkça arazide sönümlenmenin süresinin de arttığı gözlenmektedir (Şekil 48).



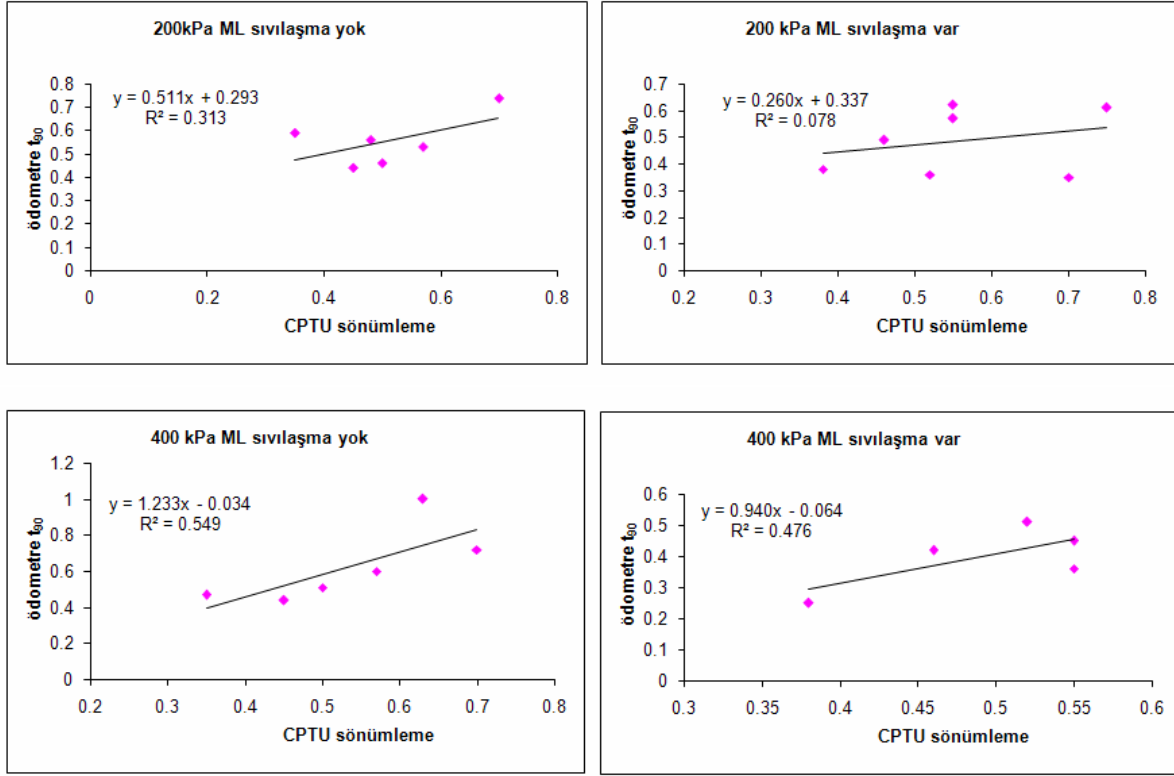
Şekil 48. CPTU sönümlenme eğrilerinden elde edilen eğimlerin konsolidasyon t_{50} eğrilerinden elde edilen eğimlerle karşılaştırılması

Benzer şekilde sönümlenme eğrisinden elde edilen eğimle ödometre t_{90} eğrisinden elde edilen eğim karşılaştırıldığında (Çizelge18) t_{90} değeri arttıkça arazi sönümlenmenin süresinin de arttığı gözlenmektedir.

Çizelge 18. Sönümlenme ve konsolidasyon t_{90} eğrilerinden elde edilen eğimler

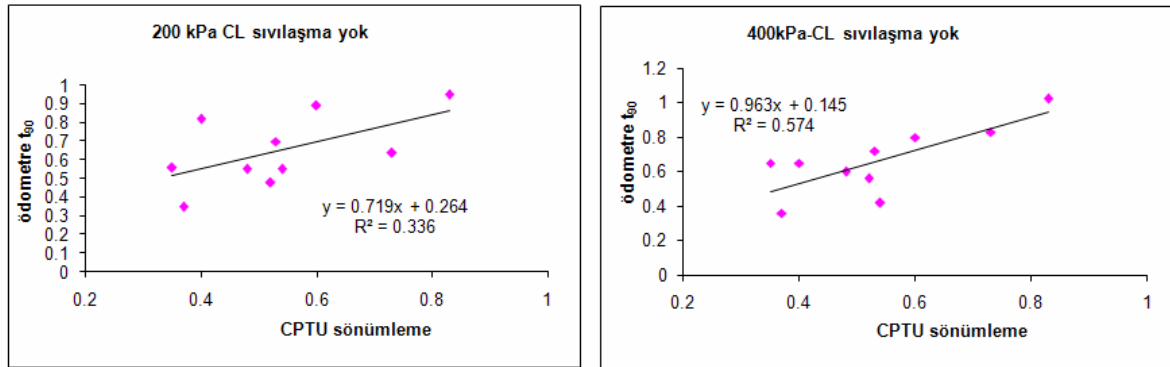
Örnek No	Zemin Sınıfı	Sıvılaşma	Sönümlenme Eğrisi Eğimi	Konsolidasyon Eğrisi Eğimi (t_{90})	
				200 kPa	400 kPa
STYG01C2	CL	YOK	0.37	0.35	0.36
STOR15A1	CL	YOK	0.83	0.95	1.08
STYG04B2	CL	YOK	0.48	0.55	0.60
STYG03E4	CI	YOK	0.90	0.71	0.67
STYG04C1	CL	YOK	0.53	0.70	0.72
STYG05C1	SM	VAR	0.42	0.49	0.74
STYG06C3	CL	YOK	0.40	0.82	0.65
STSR08A1	CH	YOK	0.45	0.73	0.73
STTK17B2	MI	YOK	0.56	0.69	0.68
STYG04F4	ML	VAR	0.55	0.57	0.45
STTK17D2	MI	VAR	0.30	0.39	0.33
STOR15D1	CL	YOK	0.73	0.64	0.83
STYA19B2	CL	YOK	0.35	0.56	0.65
STOR15C1	MI	YOK	0.58	0.70	0.36
STOK13A1	ML	YOK	0.50	0.46	0.51
STYG01D1	ML	YOK	0.35	0.59	0.47
STYA19C1	ML	VAR	0.46	0.49	0.42
STYG06B2	ML	VAR	0.52	0.36	0.51
STYG04D1	ML	YOK	0.45	0.44	0.44
STYG04A1	CL	YOK	0.54	0.55	0.42
STYG06F1	ML	YOK	0.57	0.53	0.60
STYG06G1	ML	YOK	0.48	0.56	—
STYG02C1	ML	VAR	0.70	0.35	—
STYG03J1	CL	YOK	0.52	0.48	0.56
STYG03G3	CL	YOK	0.60	0.89	0.80
STYG02C1	ML	VAR	0.75	0.61	—
STYG05A2	SM	VAR	0.59	0.54	0.63
STYG02A1	ML	VAR	0.50	0.91	—
STYG03K2	ML	YOK	0.63	—	1.00
STTK17A1	ML	YOK	0.70	0.74	0.72
STYG01K2	ML	VAR	0.55	0.62	0.36
STSR08B1	ML	VAR	0.38	0.38	0.25

Çalışmanın bu aşamasında; ML siltte, ödometre t_{90} -CPTU sönümlenme eğrilerinden elde edilen eğimler karşılaştırılmıştır. $\sigma=200$ ve 400 kPa' da sıvılaşma var-yok ayrımı yapılarak elde edilen korelasyonda $\sigma=200$ kPa' da belirgin bir eğilim gözlenmemesine rağmen $\sigma=400$ kPa' da korelasyon katsayısının daha yüksek olmasıyla anlamlı bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 49).



Şekil 49. ML silte, ödometre t_{90} -CPTU sönümleme eğrilerinden elde edilen eğimlerin karşılaştırılması

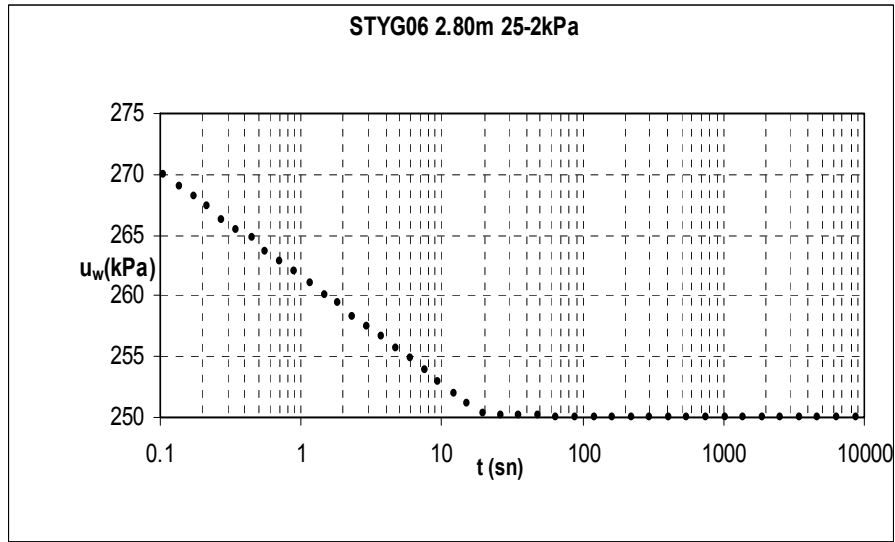
Aynı yöntem CL kile uygulandığında $\sigma=400$ kPa' da korelasyon katsayısı daha anlamlı çıkmaktadır (Şekil 50).



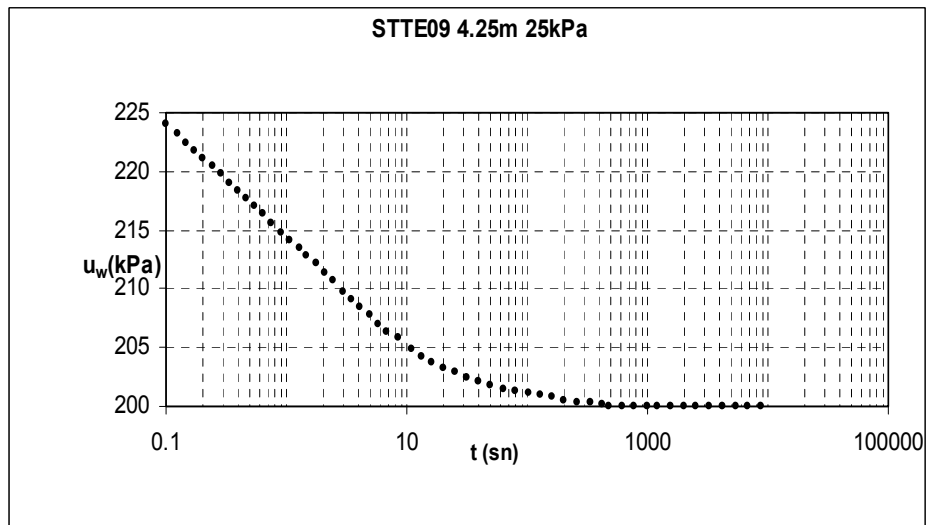
Şekil 50. CL kilde, ödometre t_{90} -CPTU sönümleme eğrilerinden elde edilen eğimlerin karşılaştırılması

5.2 Rowe Sönümlenme Deney Bulguları

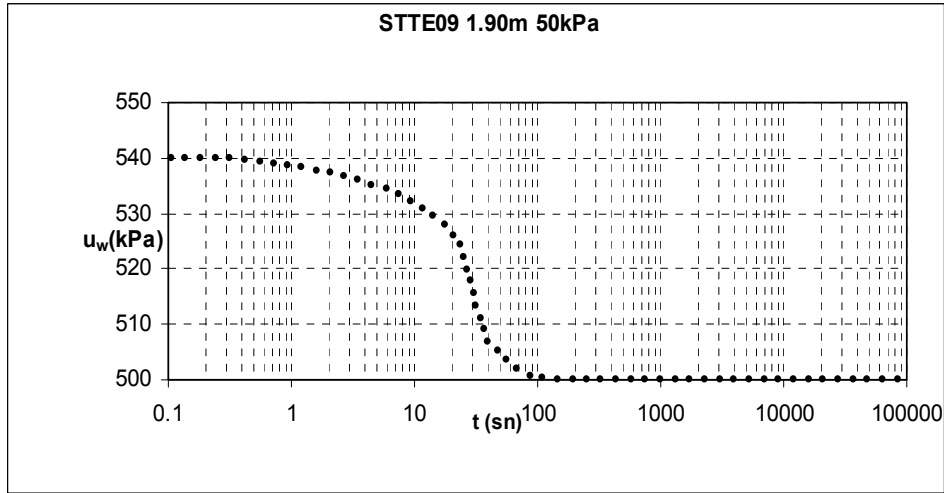
Çizelge 15' te hesaplamaları verilen laboratuvar sönümlenme eğrileri incelendiğinde sönümlenme eğrilerinin 4 ayrı tipte toplandığı görülmektedir. Şekil 51-54' de bu eğri tiplerine örnekler verilmektedir. Şekil 51' de verilen Tip-I eğrisinde fazla boşluk suyu basıncı drenaj vanası açıldıktan sonra Δu_w maksimum değerinden lineer şekilde azalarak sönümlenmektedir. Tip-II eğrisinde ise fazla b.s.b. uzun süre lineer olarak azaldıktan sonra sönümlenmenin bitişine doğru parabolik olarak sıfırlanmaktadır (Şekil 52). Şekil 53' de görülen Tip-III eğrisinde azalım başlangıçta parabolik olurken sonra lineerleşmekte ve tekrar parabolik biçimde sona ermekte, Şekil 54' te verilen örnekteki gibi Tip-IV eğrisinde ise düşüş ilk birkaç saniyeden sonra (<10 sn) başlamakta ve Tip-III eğrisine benzer şekilde sürmektedir.



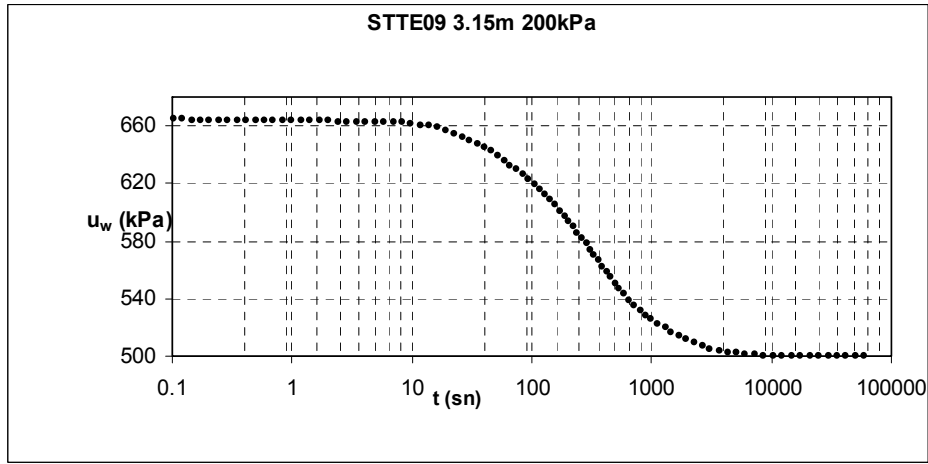
Şekil 51. Tip-I eğriye örnek, STYG06_C3_280-3.10 m, CL



Şekil 52. Tip-II eğriye örnek, STTE09_E3_4.25-4.40 m, CL



Şekil 53. Tip-III eğriye örnek, STTE09_A3_1.90-2.04 m, CI



Şekil 54. Tip-IV eğriye örnek, STTE09_C3_3.15-3.30 m, CL

Laboratuvar sönümlenme eğrileri tiplerine göre incelenerek Çizelge 19' da zemin sınıfına göre karşılaşılan eğri tipleri yüzdeleri hesaplanmıştır. Buna göre, eğrilerin içinde en çok Tip-III eğrisine rastlanırken ağırlıklı olarak MI' da Tip-II ve Tip-III, ML ve CI' da Tip-III, CL' de Tip-II ve Tip-III, CH' da ise Tip-III eğri tipi görülmektedir. Numunelerin Çizelge 15' ten hesaplanmış ortalama sönümlenme zamanları Çizelge 20' de sıralanmıştır. Şekil 55' de ise bu değerlerin zemin cinsine göre karşılıkları çizilmiştir. Tek deney verisine dayanan MI zemin cinsine ait veri bu eğriye katılmamıştır. Buna göre, ML ve CL zeminlerinin %90 konsolidasyona denk gelen ortalama sönümlenme zamanları (t_{90}) birbirine yakın ve 100 sn' nin altında değerler almaktadır. Denenen üç ML numunesinin ikisi Adapazarı kriterine göre sıvılaşma potansiyeline sahipken, yedi CL numunesinden ikisinin de bu kriterleri sağlaması CL zeminlerin sönümlenme özellikleri bakımından da ML zeminlere yakın davranışa sahip olduğu görüşünü desteklemektedir. t_{50} değerleri zemin cinsi non-plastikten yüksek plastisiteye doğru gittikçe doğrusal şekilde artarken, t_{90} ve t_{100} değerlerindeki artışın zemin cinslerinden daha farklı şekilde etkilendiği ortaya çıkmıştır. Buna göre,

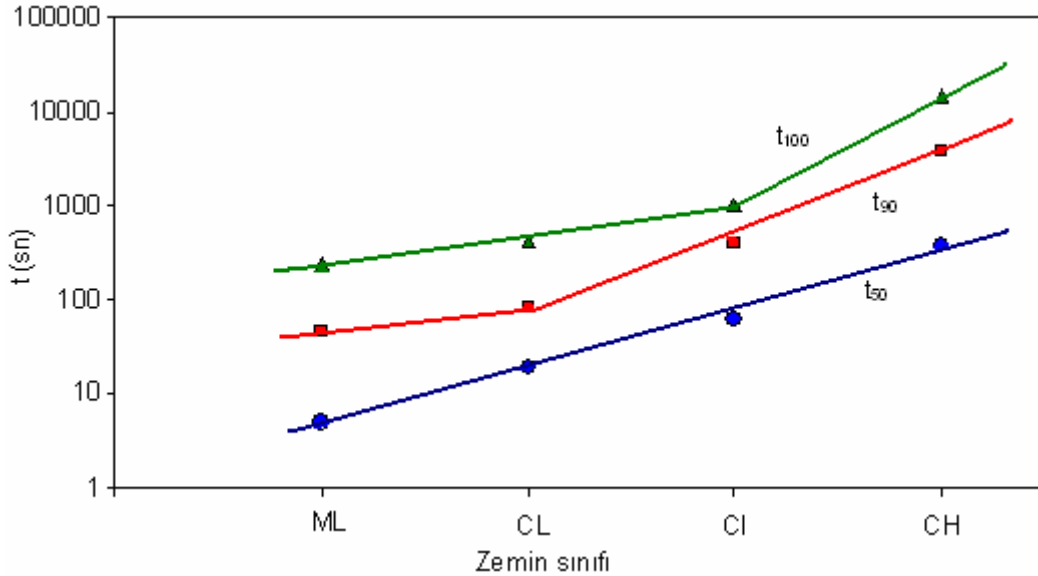
düşük plastisiteli silt ve killere arasındaki artış oranı yüksek plastisiteli killere oranla düşük kalmaktadır. Diğer bir deyişle, killerde plastisite arttıkça %90 ve %100 sönümlenme zamanlarındaki artış düşük plastisiteli zeminlerdekinden yüksek olmaktadır.

Çizelge 19. Hidrolik hücrede zemin sınıfına göre karşılaşılan eğri tipleri

Eğri Tipi	I		II		III		IV	
Zemin	adet	%	adet	%	adet	%	adet	%
MI	1	14	3	43	3	43	-	-
ML	3	19	4	25	9	56	-	-
CI	1	4	5	21	15	62	3	13
CL	4	12	12	36	14	42	3	9
CH	-	-	-	-	3	75	1	25

Çizelge 20. Zemin sınıflarına göre ölçülen sönümlenme zamanları

Zemin	t ₅₀	t ₉₀	t ₁₀₀ (sn)
MI	2.8	13.1	31.04
ML	5.0	46.1	234.71
CL	18.8	84.9	421.39
CI	62.2	409.2	987.3
CH	383.4	3917.7	15119.2



Şekil 55. Zemin cinslerine karşılık gelen sönümlenme zamanları

Çizelge 15 incelendiğinde numunelerin genelinde gerilme artışıyla ($\Delta\sigma$) c_{r0} ' in artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Çizelge 21' de hidrolik hücrede denenen numunelerin hesaplanan radyal konsolidasyon katsayıları aynı numunelerin ödometre deneyinden hesaplanan konsolidasyon katsayıları ile birlikte verilmektedir. Radyal drenaj durumunda bulunan yatay konsolidasyon katsayılarının, ödometrede konsolidasyon deney sonuçları ile karşılaştırıldığında düşey konsolidasyon katsayısının onbir katına kadar büyük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 21. Hidrolik hücrede ve ödometrede denenen numunelerin konsolidasyon katsayıları

Sondaj	Derinlik (m)	σ (kPa)	$\Delta\sigma$ (kPa)	c_{r0} m ² /gün (t ₉₀ ile)		c_v m ² /gün (t ₉₀ ile)	C_{r0ort}/C_v	C_{r0mer}/C_v	Sıvılaşıma
				ortalama	merkezi	ödometre			
STYG06_C3	2.80-3.10 CL e ₀ =0.87	450-250	110	7.71	10.01	1.29	6.0	7.8	YOK
STSR08_B1 R+D	3.70-4.00 ML e ₀ =0.95	700-500	100	1.52	1.97	2.34	0.6	0.8	VAR
		900-500	200	1.98	2.58	0.25	7.9	10.3	
STTE09_A3	1.90-2.04 CI e ₀ =0.944	700-500	100	2.24	2.91	1.93	1.2	1.5	YOK
		900-500	200	2.33	3.03	13.60	0.2	0.2	
STTE09_C3	3.15-3.30 CL e ₀ =0.74	700-500	100	0.04	0.06	1.06	0.04	0.05	YOK
		900-500	200	0.02	0.03	0.97	0.02	0.03	
STTE09_D1	3.30-3.60 CL e ₀ =0.89	600-400	100	5.35	6.94	1.34	4.0	5.2	YOK
		800-400	200	7.20	9.36	1.66	4.3	5.6	
STTE09_E3	4.25-4.40 CL e ₀ =0.83	600-200	200	2.59	3.36	0.81	3.2	4.2	VAR
STYA12_A1	2.10-2.40 CI e ₀ =0.96	700-500	100	0.94	1.22	1.54	0.6	0.8	YOK
		900-500	200	0.40	0.52	1.38	0.3	0.4	
STKO13_A1	1.80-2.20 ML e ₀ =0.83	700-500	100	1.11	1.44	0.40	2.8	3.6	VAR
		900-500	200	1.11	1.44	0.95	1.2	1.5	
STKO13_B2	2.37-2.80 CI e ₀ =1.11	900-500	200	0.01	0.01	0.07	0.1	0.1	YOK
STOR15_B1	3.50-4.00 CH e ₀ =1.218	700-500	100	0.01	0.01	0.26	0.04	0.1	YOK
		900-500	200	0.00	0.00	0.04	0.1	0.1	
STOR15_C1	4.50-5.00 MI e ₀ =0.929	700-500	100	12.75	16.55	1.14	11.2	14.5	YOK
		900-500	200	7.71	10.01	1.17	6.6	8.6	
STOR15_D1	5.40-5.70 CL e ₀ =1.116	700-500	100	1.19	1.55	2.57	0.5	0.6	YOK
		900-500	200	1.26	1.64	2.10	0.6	0.8	
STTK17	7.19 CL e ₀ =0.88	960-600	118	3.38	4.39	1.53	2.2	2.9	VAR
STYA19_A1	2.90-3.00 ML e ₀ =0.951	800-500	100	0.81	1.05	4.67	0.2	0.2	YOK
STYA19_A3	3.20-3.30 CI e ₀ =0.895	700-500	100	0.92	1.19	1.97	0.5	0.6	YOK
		900-500	200	0.50	0.65	2.54	0.2	0.3	
STTH25_	2.65-2.80 CL e ₀ =	700-500	100	1.55	2.01	13.53	0.1	0.1	YOK
		900-500	200	8.50	11.03	6.07	1.4	1.8	
Silindir_Üst	0.00-0.30 SM	700-500	100	17.44	22.65	4.44	3.9	5.1	
		900-500	200	18.41	23.91	5.45	3.4	4.4	

Çizelge 22' de ise aynı numune üzerinde arazide (CPTU) ve laboratuvarında (Rowe) yapılan sönümlenme deneylerinden elde edilen sönümlenme zamanları verilmektedir. Çizelgedeki son üç sütunda arazi değerinin laboratuvar değerine oranı verilmiştir. Buna göre, laboratuvar sönümlenme zamanlarının arazideki değerlerinden

300 kat fazla olabildiğinin yanı sıra, onda bir kadar düşük değerler aldığı da kaydedilmiştir.

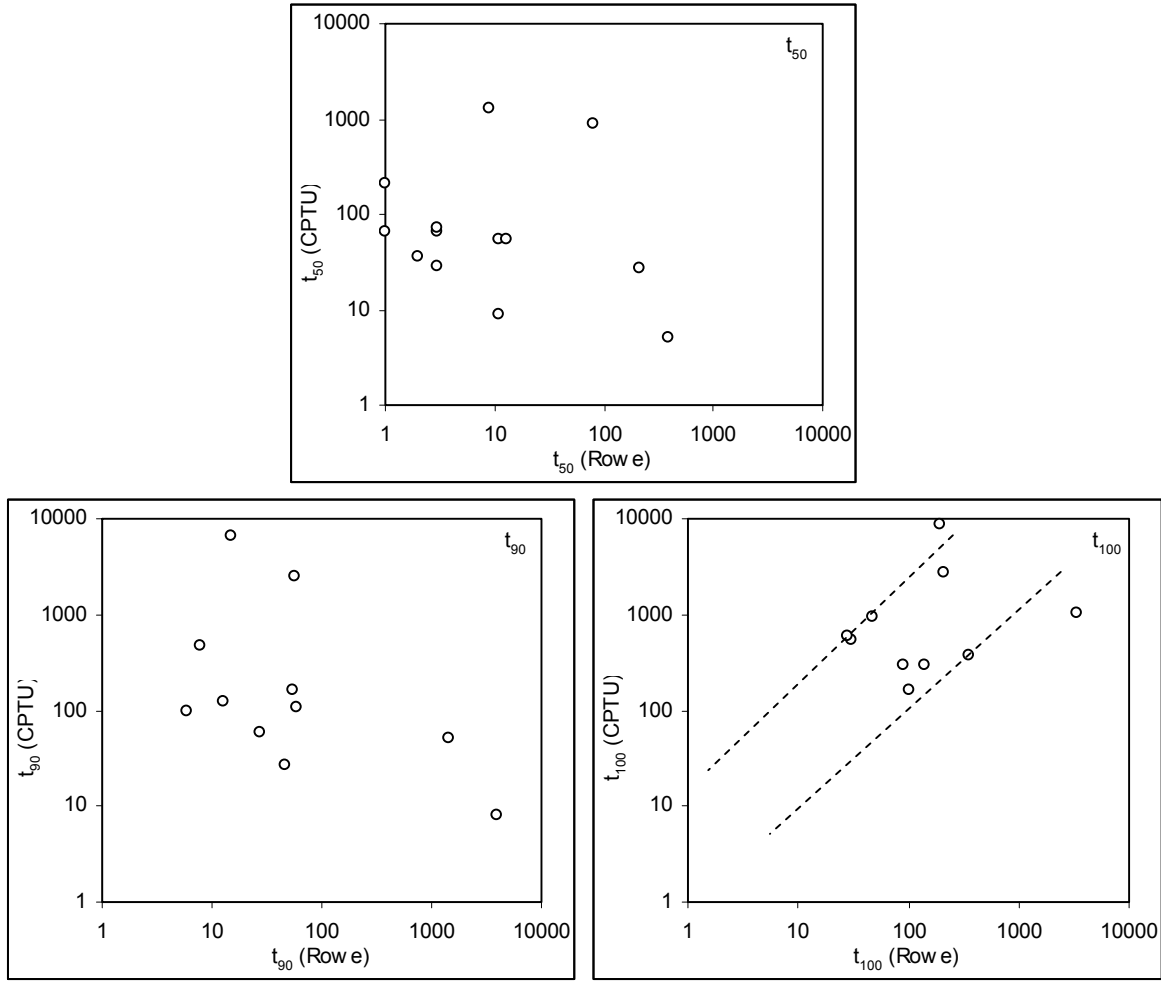
Şekil 56' da laboratuvar (Rowe) ve arazi (CPTU) sönümlenme deneylerinden hesaplanan t_{50} , t_{90} ve t_{100} sönümlenme zamanlarının karşılaştırması yapılmıştır. Buna göre, t_{50} ve t_{90} sönümlenme zamanları arasındaki ilişkinin zayıf olduğu görülmektedir. Bu durum Çizelge 22' de görülen 400' e varan arazi/lab sönümlenme zamanları arasındaki oranlarla da farkedilmektedir. Şekil 56' da en uyumlu ilişkinin t_{100} sönümlenme zamanları arasında belirlediği göze çarpmaktadır.

Çizelge 22. Arazi/lab sönümlenme zamanları

Sondaj	Sınıf	Derinlik (m)	LAB (ROWE)			ARAZİ (CPTU)				A/L	
			t_{50} (sn)	t_{90} (sn)	t_{100} (sn)	t_{50} (sn)	t_{90} (sn)	t_{100} (sn)			
STYG06_C3	CL	2.80-3.10	1	8	47	210	465	927	300.0	58.1	19.7
STSR08_B1	ML	3.70-4.00	3	54	354	65	162	377	24.3	3.0	1.1
STTE09_A3	CI	1.90-2.04	9	30	213	-	-	-	-	-	-
STTE09_C3	CL	3.15-3.30	80	481	2430	891	-	-	11.1	-	-
STTE09_D1	CL	3.30-3.60	2	12	83	-	-	-	-	-	-
STTE09_E3	CL	4.25-4.40	1	15	198	67	6562	8880	54.0	438.1	44.8
STYA12_A1	CI	2.10-2.40	11	32	231	54	-	-	5.0	-	-
STKO13_A1	ML	1.80-2.20	3	27	91	28	59	293	8.8	2.2	3.2
STKO13_B2	CI	2.37-2.80	212	1457	3311	27	50	1045	0.1	0.0	0.3
STOR15_B1	CH	3.50-4.00	383	3918	15199	5	8	4203	0.0	0.0	0.3
STOR15_C1	MI	4.50-5.00	3	13	31	73	124	533	25.7	9.5	17.2
STOR15_D1	CL	5.40-5.70	13	60	140	54	105	295	4.3	1.8	2.1
STTK17	CL	7.91	2	6	28	36	97	607	17.7	15.8	21.5
STYA19_A1	ML	2.90-3.00	9	57	207	1268	2505	2717	139.6	43.6	13.1
STYA19_A3	CI	3.20-3.30	11	47	104	9	27	160	0.8	0.6	1.5
STOZ22_	CI	2.50-2.80	67	481	1077	-	-	-	-	-	-
STTH25_	CL	2.65-2.80	2	12	34	-	-	-	-	-	-

5.3 Sönümlenme Eğrisi Tipleri

Bu proje kapsamında yapılan arazi sönümlenme deneyleri birbirlerinden şekil olarak farklılıklar göstermiştir. Proje kapsamında yürütülen sönümlenme deneylerinde 6 farklı türde sönümlenme eğrisi tespit edilmiştir. Bu sönümlenme eğrilerinin toplam sönümlenme deneylerine göre oranları Çizelge 23' de verilmiştir. Farklılıkların zemin cinsine, zeminin Atterberg limitlerine, aşırı konsolidasyon oranına, sönümlenme gerçekleştirilen tabakanın kalınlığı ile alt ve/veya üstünde bulunan tabakaların geçirimsizliğine bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu proje kapsamında ayırt edilen sönümlenme tipleri Şekil 57' de logaritma zaman (t), Şekil 58' de ise karekök zaman (t) grafiğinde verilmiştir.

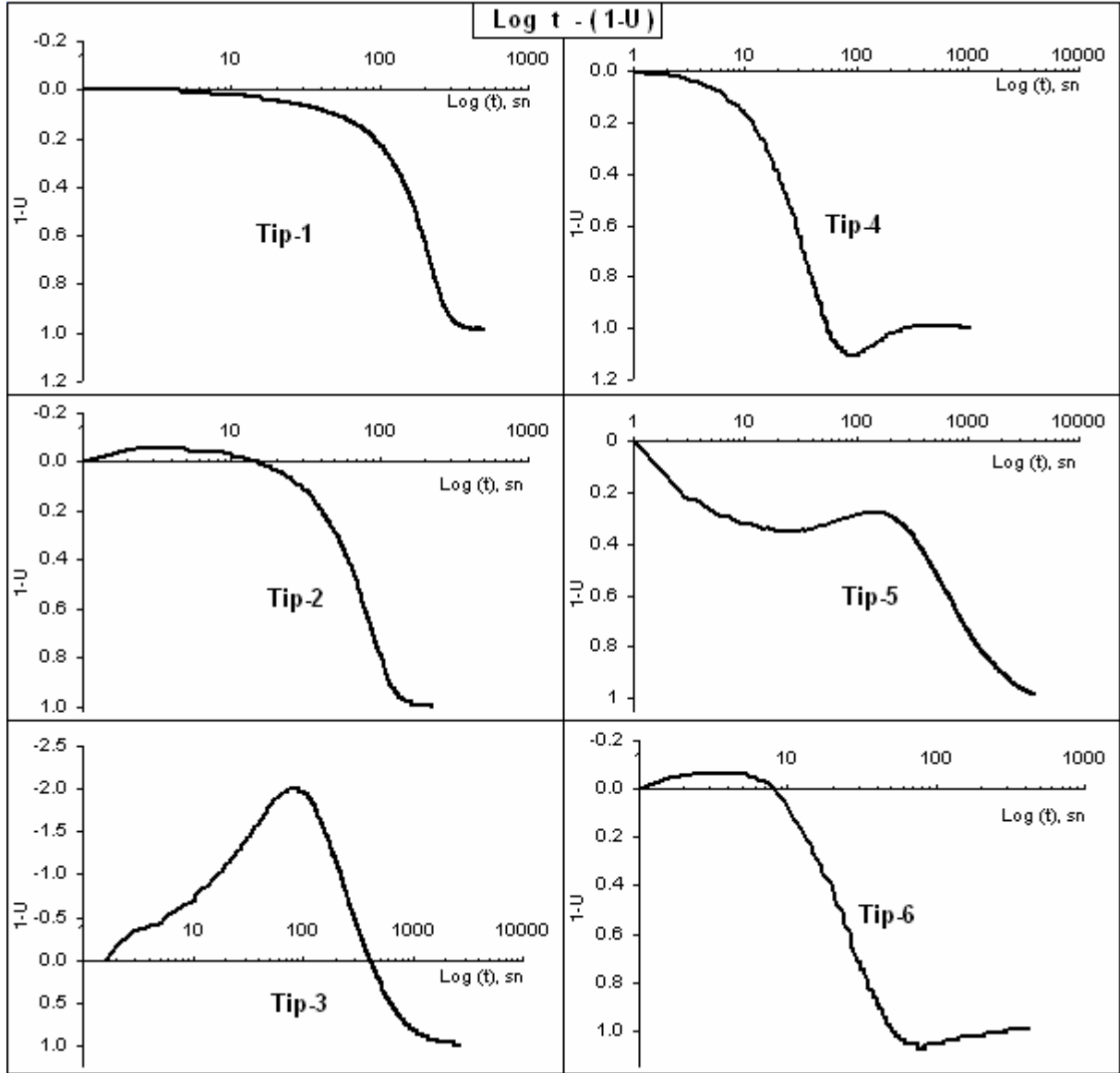


Şekil 56. Laboratuvar ve arazi sönümlenme zamanlarının karşılaştırılması

Çizelge 23 Sönümlenme eğri tiplerinin sonda tipine göre dağılımları

Tip	u_1 (adet, #)	u_2 (adet, #)	Toplam, Σ	Σ %	u_1 %	u_2 %
1	22	105	127	56.19	44.90	59.32
2	3	12	15	6.64	6.12	6.78
3	9	25	34	15.04	18.37	14.13
4	4	29	33	14.61	8.16	16.39
5	11	3	14	6.19	22.45	1.69
6	0	3	3	1.33	0.00	1.69
Toplam, Σ	49	177	226	100	100	100
Σ %	21.68	78.32	100	100	100	100

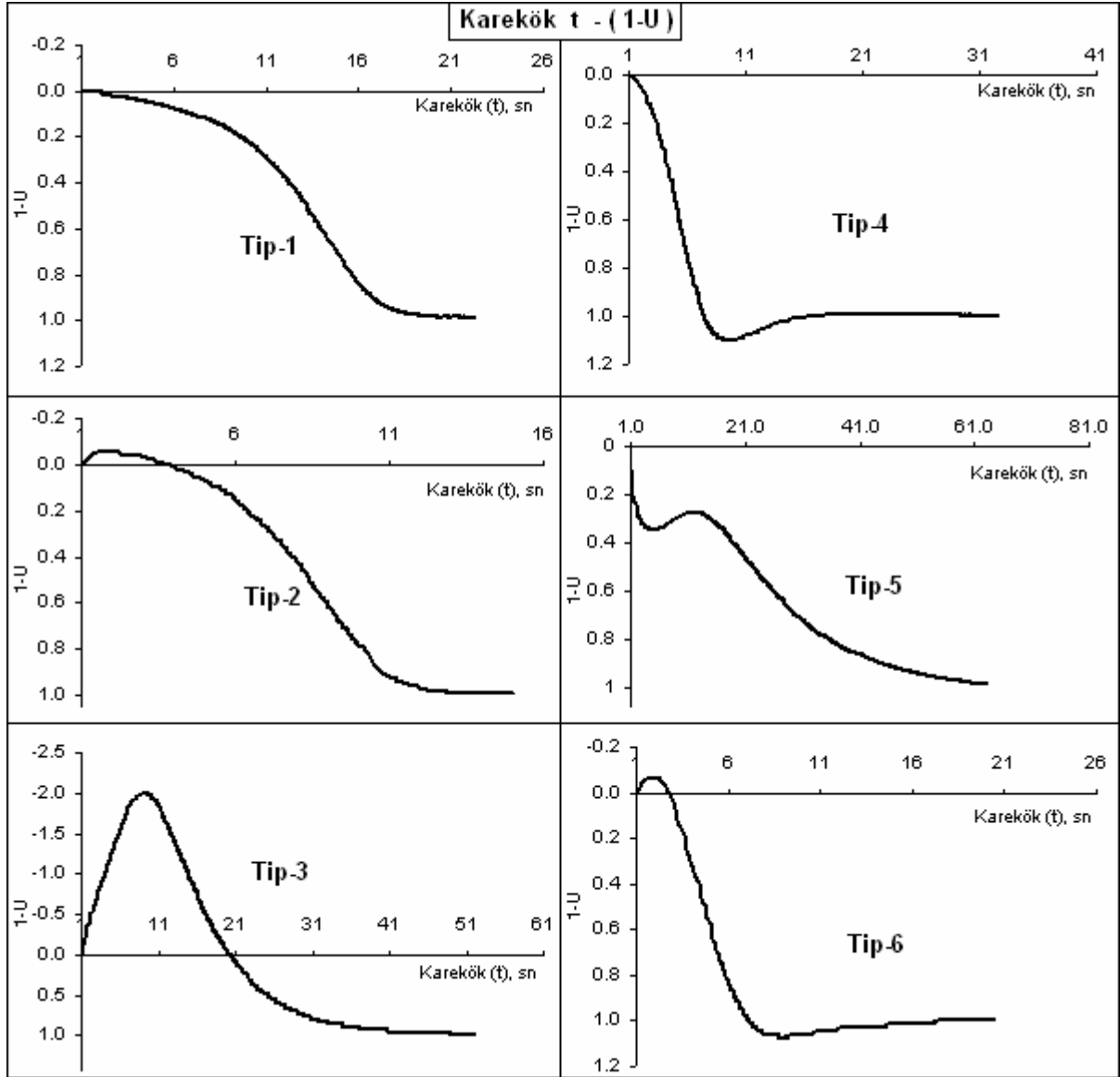
Tip-1 standart bir sönümlenme grafiğini vermektedir. Burada boşluk suyu basınçları başlangıç t_0 zamanında herhangi bir değerden başlayarak devamlı olarak statik su seviyesi basıncına doğru düşme veya artma eğilimindedir. Burada düşme veya artma ifadesi kullanılmıştır, çünkü konik uç ilerledikçe zeminin özelliklerine bağlı olarak boşluk suyu basınçları statik su yükünden fazla veya daha az olabilir ve hatta Adapazarı siltlerinde olduğu gibi çoğun negatif değerler gösterebilirler.



Şekil 57. Log t – (1-U) eksenlerine göre CPT arazi sönümlenme eğrileri tipleri

Tip-2 genel görünüm olarak Tip-1 gibi görünse de ikisinin arasında ufak ancak ayırt edici bir özellik vardır. Bu da, sönümlenmenin başlangıcında boşluk suyu basınçlarının mutlak değerlerinde bir miktar artma eğiliminde olmasıdır. Bu artma az bir miktarda ve çoğun 20-30 sn' yi geçmemektedir. Bu artma bittikten sonra eğri aynı Tip-1' de olduğu gibi tekrar su yüküne eşdeğer basınçlara yönelmektedir.

Tip-3 olarak ayırt edilen sönümlenme grafiğinde ise; sönümlenmenin başlangıcında boşluk suyu basınçlarının mutlak değeri aşırı biçimde artmakta, statik su seviyesine eşdeğer su yükünün yaklaşık 10 katı seviyelerine kadar bile ulaşabilmektedir. Sönümlenme eğrisi belirgin bir maksimum gösterdikten sonra basınçlar eşdeğer su yüküne doğru düşmektedir.



Şekil 58. Karekök t – (1-U) eksenlerine göre CPT arazi sönümlenme eğrileri tipleri

Tip-4 ile gösterilen sönümlenme eğrisi ise yukarıda bahsedilen sönümlenme eğrilerinden çok daha farklı bir özellik sunmaktadır. Burada sönümlenmenin başlangıcı aynı Tip-1 gibi olmakta ve statik su yüküne doğru azalmaktadır. Ancak statik su yüküne eriştiğinde boşluk suyu basınçları sabit kalmamakta ve sönümlenme devam etmektedir. Bu durumda sönümlenme %120' lere dahi ulaşabilmektedir. Sönümlenme eğrisi bir noktadan sonra dönmekte ve tekrar statik su yüküne doğru yönelmekte ve söz konusu su yükünde sabitlenmektedir.

Tip-5 sönümlenme eğrisinde boşluk suyu basınçları önce statik su seviyesine doğru bir düşüş gerçekleştirmekte ancak bir müddet sonra mutlak değerinde tekrar artma başlamaktadır ve bir müddet arttıktan sonra da tekrar statik su seviyesine doğru yönelmekte ve sönümlenme tamamlanmaktadır. Çizelge 23' e bakılacak olursa Tip-5 sönümlenme eğrisi tipinin u_1 filtresi için karakteristik olduğu söylenebilir.

Tip-6 eğrisi, Tip-5 eğrisinin aynada yansıması gibidir. Buna göre boşluk suyu basınçlarının mutlak değeri önce artmakta daha sonra sönümlenmeye başlamakta ancak belli bir süreden sonra Tip-4' de olduğu gibi statik su seviyelerinin altına düşmektedir. Düşüm tamamlandıktan sonra tekrar statik su seviyesine bir yönelim olmakta ve sönümlenme tamamlanmaktadır. Tip-6 için Çizelge 23 incelenirse bu tip eğriye rastlamak oldukça nadir olsa da bunların u_2 filtresinde toplanması dikkate değerdir.

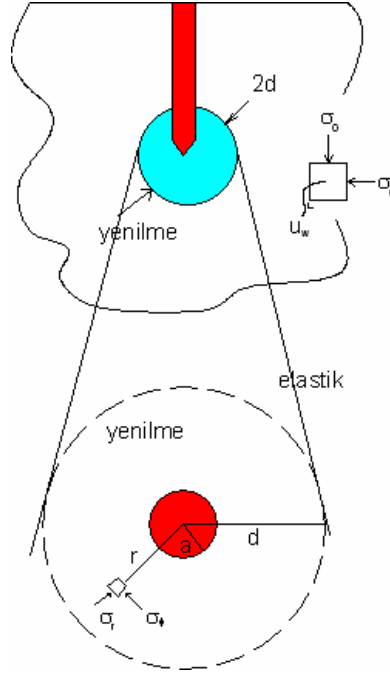
5.3.1 Hidrolik Hücrede Sönümlenme Eğri Tiplerinin Arazi ve Ödometre Eğri Tipleri ile Karşılaştırılması

Yukarıda açıklandığı gibi gözlenen arazi sönümlenme eğrileri 6 tipe (Tip-1, ..., Tip-6), laboratuvar sönümlenme eğrileri (hidrolik hücrede) ise 4 tipe (Tip-I, ..., Tip-IV) ayrılmıştır. Laboratuvar eğrilerinden Tip-III ve Tip-IV arazi eğrilerinden en çok gözlenen Tip-1' e uymaktadır. Laboratuvar sönümlenmenin başlangıçtan itibaren doğrusal olarak devam ettiği Tip-I ve Tip-II eğrileri arazi deneylerinde belirmemiştir. Bunun yanında Tip-1' in dışındaki arazi sönümlenme eğrilerine benzer laboratuvar eğrilerine rastlanmamıştır. Bunun nedeninin iki deney tipi (Rowe hücresi ve CPTU aleti) arasındaki ölçüm prensibi farkından kaynaklandığı düşünülmektedir. Arazideki sönümlenme ölçümleri zemin tabakasına ittirilen konik ucun çevresinde oluşan boşluk suyu basınçlarının takibiyle yapılmakta ve zeminin cinsi ile OCR değerine bağlı olarak boşluk suyu basınçları farklı başlangıç değerleri alabilmektedir (Şekil 8 ve 9). Dolayısıyla zemine kesme gerilmesi uygulayan koninin etrafında oluşan boşluk suyu basınçları özellikle Tip-2 (u_2) sondası kullanıldığında sıkı kum ve siltler ile aşırı konsolide killerde negatif başlangıç değerleri verecek, buna karşın gevşek kum ve normal yüklenmiş killerde pozitif başlangıç değerleri okunabilecektir. Oysa hidrolik hücrede başlangıç fazla boşluk basınçları doyurulmuş numuneye uygulanan düşey gerilme vasıtasıyla sağlanmakta ve en büyük değerine ulaşması için beklenmektedir. Böylece, hidrolik hücredeki deneylerde boşluk suyu basıncının, sönümlenme başladıktan sonra uygulanan $\Delta\sigma$ gerilme artışının üzerine çıkması veya negatif bir boşluk suyu basıncından başlaması mümkün olmamaktadır.

5.3.2 Sönümlenme Eğrilerinin Modellenmesi

Arazi CPTU sönümlenme eğrilerinin modellenmesinde Elsworth v.d. (2006) bu konuda bir boşluk genişlemesi modeli önermiştir. Bu modelde boşluk suyu basınçlarının artışı izotropik ve deviatörük gerilmelerin etkisinde drenajsız kayma direnci c_u , kayma modülü G ve Skempton A-parametresi ile tanımlanmaktadır. Şekil 59' da penetrasyon sonucu mavi bölgede drenajsız yenilen zeminde boşluk suyu basıncı artışı

$$\delta u_w = u_w - u_{w0} = \frac{4}{3} c_u \left[\left(1 + \ln \frac{G}{c_u}\right) - \frac{3}{2} (1 - A_f) + (3 \ln \frac{R}{r}) \right] \dots \dots \dots (66)$$



Şekil 59. Boşluk geometrisi modeli (Elsworth vd., 2006)

ifadesi ile verilmektedir. Burada R boşluğun yarıçapı, σ_0 toplam gerilme ve u_{w0} başlangıç boşluk basıncı, σ_r merkezden r uzaklıktaki radyal gerilmeyi göstermektedir. $r=R$ yarıçapındaki boşluğun etrafında

$$d = R \left(\frac{G}{c_u} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(67)$$

şeklinde tanımlanmakta, elastik bölge ($a \left(\frac{G}{c_u} \right)^{1/3} < r < \infty$) içinde ise sıfır alınmaktadır.

Penetrasyonun durmasını izleyerek problem sönümlenme evresine geçmekte ve bir 'difüzyon' problemine dönüştüğünden denklem

$$\kappa \left[\frac{\partial^2 u_w}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial u_w}{\partial r} \right] = \frac{\partial u_w}{\partial t} \dots\dots\dots(68)$$

biçiminde belirlemektedir. Hidrolik sönümlenme katsayısı κ yaklaşık olarak konsolidasyon katsayısı c_v ' ye eşittir. Sönümlenme denklemini

$$\left[\frac{\partial^2 U_D}{\partial r_D^2} + \frac{2}{r_D} \frac{\partial U_D}{\partial r_D} \right] = \frac{\partial U_D}{\partial t_D} \dots\dots\dots(69)$$

olarak yazalım (D altlığı dimensionless anlamında). Burada

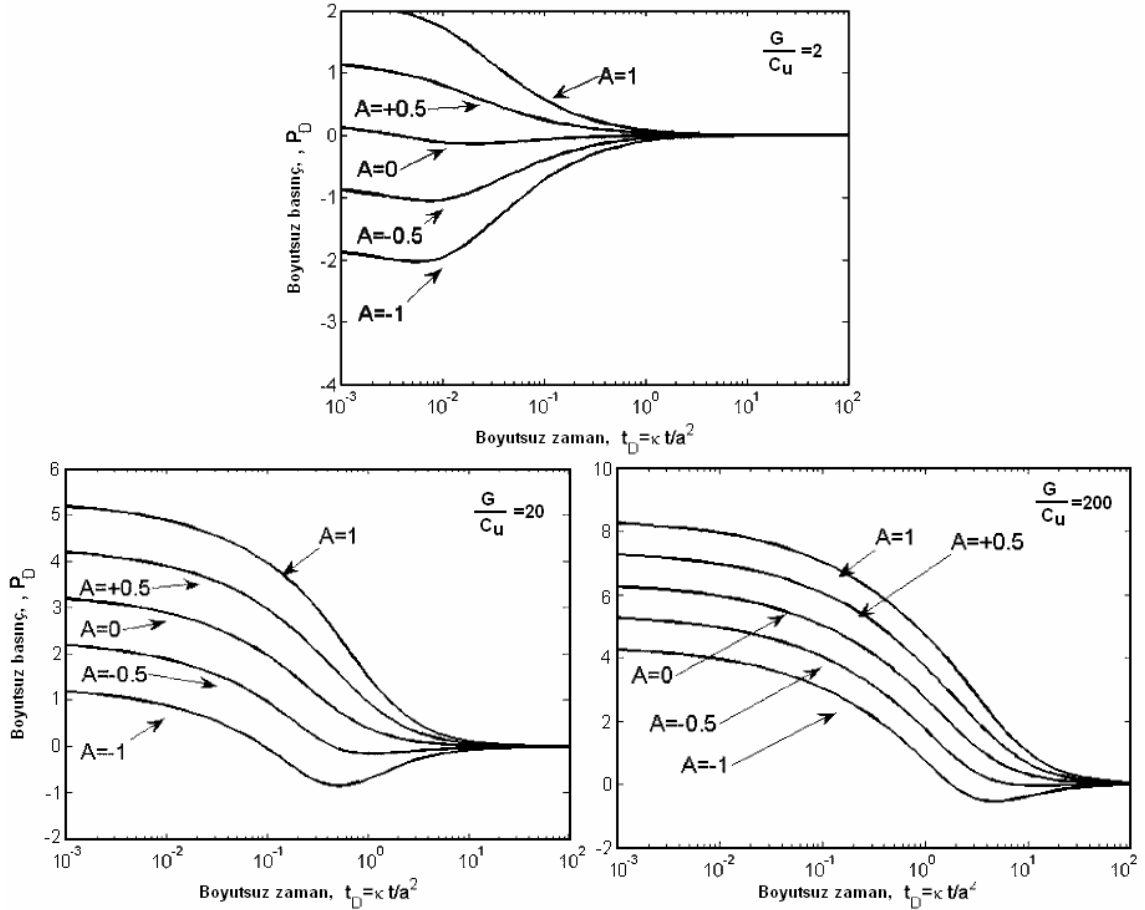
$$u_D = \frac{u_w - u_{w0}}{c_u}; \quad t_D = \frac{\kappa t}{R^2}; \quad r_D = \frac{r}{R}; \quad \text{biçiminde verilmekte olup,}$$

denklemden başlangıç koşulları $t_D=0'$ da $\rightarrow P_D=0$;

Sınır koşulları ise $r_D=1'$ de $\rightarrow \frac{\partial P_D}{\partial r_D} = 0$ ve

$r_D=\infty'$ da $\rightarrow P_D=0$ şeklindedir.

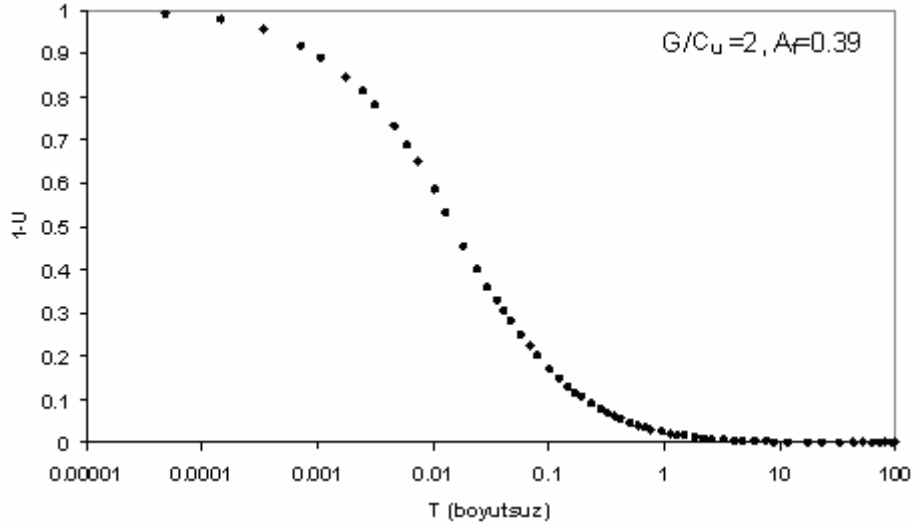
Burada G kayma modülünü, c_u drenajsız kayma direncini temsil etmektedir. Elsworth v.d. (2006) yaptıkları analizlerde değişen G/c_u ve A_f değerleri için Şekil 60' daki teorik sönümlenme eğrilerini elde etmişlerdir. Görüldüğü gibi A_f parametresinin boşluk basıncının sönümlenme karakteristiğinde önemli etkisi bulunmaktadır.



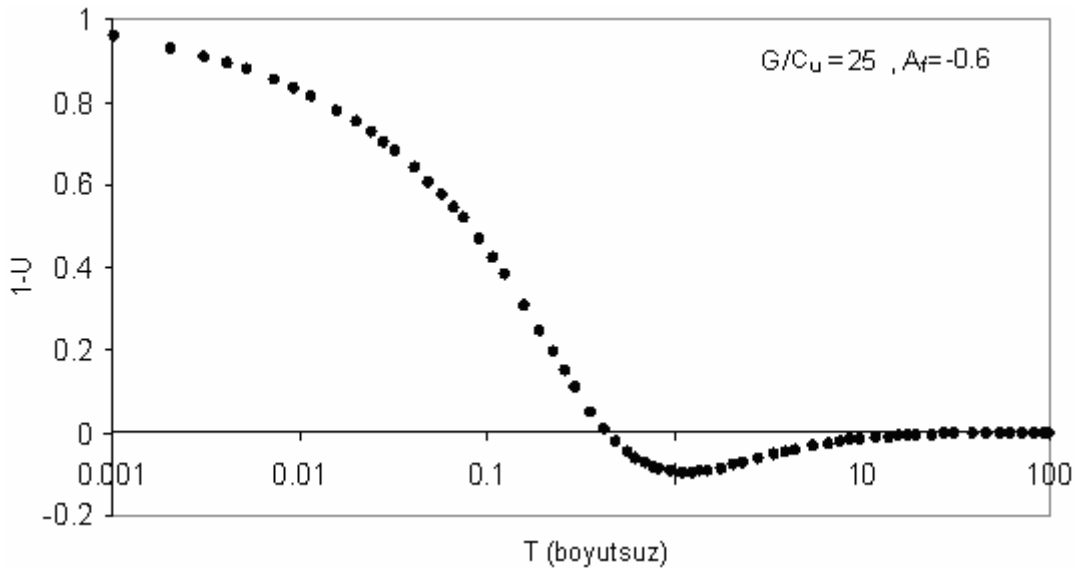
Şekil 60. $G/c_u = 2; 20; 200$ değerleri için fazla boşluk suyu basıncı dağılımlarının A_f ile değişimi (Elsworth v.d., 2006).

Denklemin çözümü Comsol Multiphysics yazılımı ile yapılabilmektedir. Değişen G , c_u ve A_f değerleri için çözümler yapıldığında arazi sönümlenme eğrilerinden Tip-1' in (Lab, Tip-III) $G/c_u=2$, $A_f=+0.39$ için (Şekil 61) , Tip-4 eğrisinin ise $G/c_u=25$, $A_f=-0.6$ için (Şekil 62) yakalandığı görülmektedir. Diğer tip sönümlenme eğrilerinde mutlak boşluk suyu basıncındaki artışla $(1-U)=0$ doğrusunun üzerinde meydana gelen

kabarma bölgesinin (Tip-2, Tip-3) bu modelle temsil edilmesi mümkün olmamıştır. Genellikle u_1 sondasında karşılaşılan Tip-5 sönümlenme eğrisi ile çok nadiren yüksek plastisiteli killerde karşılaşılan Tip-6 sönümlenme eğrisi de Tip-2 ve Tip-3'e benzer olarak kısmen kabarma bölgeleri içerdiğinden söz konusu tipler de modellenememiştir. Bu eğri tiplerinin modellenmesi için çalışmalar sürmektedir.



Şekil 61. Boşluk genişlemesi modeliyle oluşturulan Tip-1 eğrisi

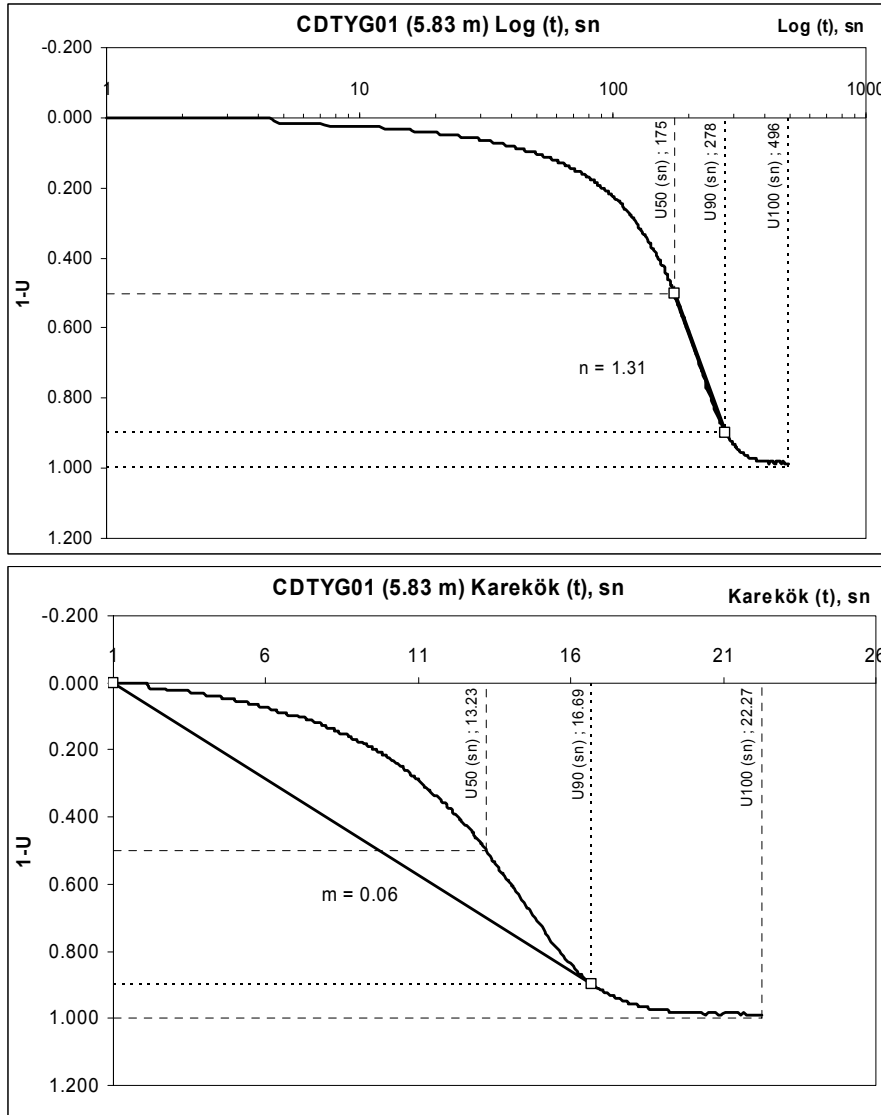


Şekil 62. Boşluk genişlemesi modeliyle oluşturulan Tip-4 eğrisi

5.3.3 Sönümlenme Eğrisi Yorumlamaları

Yukarıda anlatılan bölümlerde sönümlenme eğrilerinin oluşturulması ve biçimsel yapıları hakkında bilgiler verilmiştir. Ancak bunların matematik olarak neyi ifade ettiklerini de irdelemek gerekmektedir. Bu aşamada ilk olarak bir sönümlenme eğrisinden %100 ($1-U=1.00$), %90 ($1-U=0.90$) ve %50 ($1-U=0.50$) sönümlenmenin

hangi zaman aralıklarında olduğunu çıkartmak gerekir. Nitekim bu değerlerin konsolidasyon ve Rowe hücresi deneylerinden gelen verilerle karşılaştırılması ile sıvılaşılan ve sıvılaşmayan zeminlerde bu değerlerin ne tür farklılıklar gösterdiğini irdeleme olasılığı bulunmaktadır. Şekil 63' de söz konusu sönümlenme oranları logaritmik ve karekök-zaman grafiklerinde gösterilmiştir. Burada kullanılan veri değerlendirme programında (Excel) ara değerler arasında enterpolasyon yapılmamıştır. Okumalar sık aralıklı alındığından söz konusu aranan değerlerin bir üstünü veya altını almak önemsenmeyecek bir miktarda hataya (max. 1-2 sn) sebep olmaktadır.

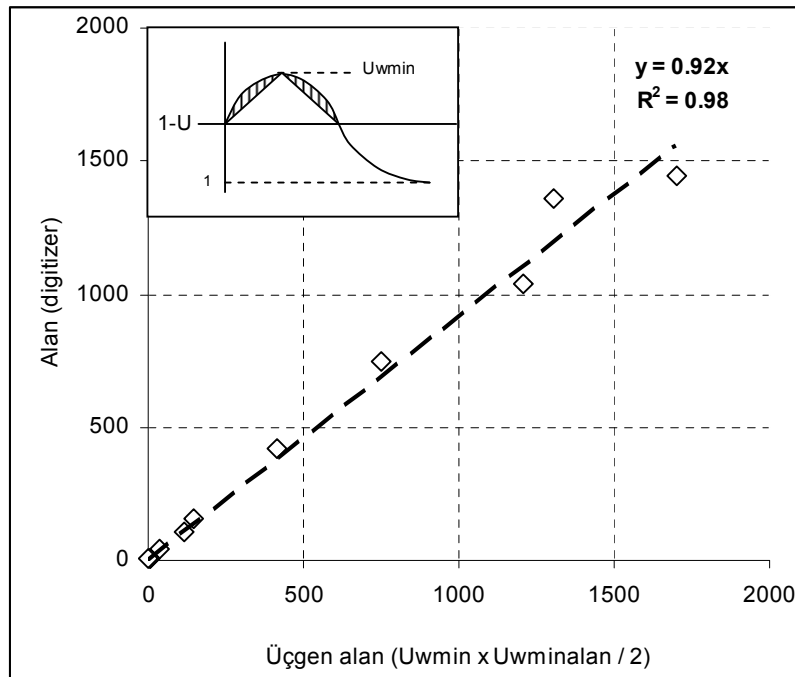


Şekil 63. STYG01, 5.83 metre sönümlenme deneyi (1-U)-zaman grafikleri a) logaritmik, b) karekök (t)

Şekil 63 incelenecek olursa %50 sönümlenme ($1-U=0.50$) için $t_{s50}=175$ s, %90 sönümlenme ($1-U=0.90$) için $t_{s90}=278$ s ve %100 sönümlenme ($1-U=1.00$) için $t_{s100}=496$ s zamana ihtiyaç vardır. Bununla birlikte (1-U)-log(t) grafiğinde %50 sönümlenme ile %90 sönümlenme arasında okumaların bir doğru üzerinde noktalandığı grafiklerin büyük bir kısmında göze çarpmıştır. Bu aralığın eğimi bu

projenin ileri aşamalarında bir katkı sağlayacağı düşünülerek hesaplatılmış ve bu eğim de «n» simgesi ile belirtilmiştir. (1-U)-karekök (t) grafiğinde ise göze çarpan; başlangıç okumasından %90 sönümlenme değerine çizilecek bir doğrunun uzantısının söz konusu grafiğin alt dirseğine çoğunlukla teğet olduğudur. Bu durumda (1-U)-karekök (t) grafiğinde başlangıç okumasından %90 sönümlenme değerine çizilecek doğrunun eğimleri hesaplatılmış ve bu eğim «m» simgesi ile belirtilmiştir. Teh (1987) konsolidasyon verisinin, karekök zaman ölçeğinde çiziminin başlangıç kesimlerinin yaklaşık olarak bir doğruya yakın olduğunu göstermiş ve bu doğrunun eğimini «m» olarak vermiş, bu eğim yardımı ile yatay yönde konsolidasyon katsayısının hesabını mümkün kılmıştır. Sönümlenmeler tamamlanmış ise Tip-1 nolu eğrilerde yukarıda anlatılan bu değerleri bulmak oldukça kolaydır. Bununla birlikte Tip-2 ve Tip-3 nolu sönümlenme eğrilerinde başlangıçta sönümlenmenin bir miktar negatife gittiği (1-U=0 doğrusunun üzerine çıktığı, diğer bir deyişle boşluk suyu basıncının mutlak değerinin arttığı) ve bir doruk yaptıktan sonra Tip-1' e benzeyen şekilde sönümlenmenin ileriki safhalarının devam ettiğine değinilmiştir. Bu durumda başlangıçtaki bu artmanın miktarının ne olduğu ve ne kadar süre ile devam ettiğinin bilinmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

Her grafik için minimum (1-U) değerleri (u_{wmin}) kayıt edilmiştir. Aynı zamanda Tip-1' e benzer sönümlenmenin hangi zamanda başladığı da %U:0.00 olarak kayıt altına alınmıştır. Sonuçta iki değer çarpımı bir nevi alansal bilgi verecek ($u_{wmin} \times u_{wminalan}$) ve bu kısmın büyüklüğü veya böyle bir artışın olup olmadığı hakkında bilgiler verebilecektir. Böyle bir uygulamada (1-U)=0.00 doğrusunun üzerinde kalan alan iki değer çarpılıp ikiye bölünmesiyle (tabanxyükseklik/2) elde edilecek üçgenin alanına eşdeğer olarak düşünülmüştür. Gerçekte, Şekil 64' te de görüleceği üzere bu doğru üzerinde şekil bir eğriden ibarettir ve taralı alanlar ihmal edilmiştir.



Şekil 64. Sönümlenme eğrisinde başlangıçtaki yükselme miktarının alan hesabı

Bu durumda bu ihmalin meydana getireceği hata payı incelenmiş, alanlar üçgen ve paraboller için ayrı ayrı hesaplatılmıştır. Sonuçta hata payının %8 gibi önemsenmeyecek bir miktarda olduğu söylenebilmektedir.

Tip-4 grafikler genellikle uzun süre alan sönümlenme deneyleridir. Bu tip sönümlenme eğilimi gösteren zeminlerde statik su yüküne eşdeğer bir su basıncına erişilinceye kadar beklenene olursa %100 sönümlenmenin zamanının bulunacağı şüphesizdir. Bununla birlikte, %90 ve %50 sönümlenme için ne gibi tekniklerin uygulanabileceği bu araştırmanın hedeflerinden birisidir. Bu sebeple Tip-4 nolu eğrinin dirsek yaptığı zaman da formata kaydedilmiştir.

Yukarıda açıklanan değerler bilgisayar ortamında hesaplatılmış ve sönümlenme sonuçları Çizelge 24’ de örnek bir sönümlenme verisi eşliğinde gösterilmiştir. Tüm sönümlenme verileri bu örnekte olduğu gibi hesaplatılmış, veritabanına girilmiş ve EK-VI’ da sunulmuştur.

Bu çizelgenin sondan bir önceki sütununda ise “Güven” adı altında bir alan bulunmaktadır. Buraya 1’ den 5’ e kadar rakamlar yazılmakta ve bunlar;

- 1: Çok kötü (kullanılamaz),
- 2: Kötü (fikir verebilir),
- 3: Orta (kısıtlı kullanılabilir)
- 4: İyi (kullanılabilir) ve
- 5: Mükemmele yakın,

sönümlenme eğrilerini göstermektedir. Burada bahsi geçen güven değeri ise söz konusu sönümlenmenin zamanında (%U=1.00) bitirilip bitirilmediğine, deney sonlandırıldığında ölçülen son kalibrasyon okumasının hata derecesine ve okumalardaki düzensizliklere bağlıdır.

Çizelge 24. Sönümlenme eğrilerinin sonuç formatı

CPT_ID	z (m)	YASS (m)	u _{ilk} (kPa)	U _{son} (kPa)	1-U max	U ₀	U ₅₀	U ₉₀	U ₁₀₀	U _w min	U _w min alan	n	m	Tip	Güven	Filtre
CDTYG01	1.10	1.10	-43.00	0.00	1.00	3	24	49	67	-0.023	0.07	1.306	0.150	1	5	u ₂

5.4 Sönümlenme Deneyi Değerlendirmeleri

5.4.1 Sönümlenme Eğrisi Tipi-Zemin Sınıfı Değerlendirmesi

Bu kısımda arazide gerçekleştirilen sönümlenme deneylerinin sönümlenme eğrisi tipleri açısından bir karşılaştırılması yapılmıştır. Sönümlenme deneyleri sırasında dikkat edilmesi gereken hususlardan biri ölçüm yapılacak derinliklerde seçici olunmasıdır. Bu proje kapsamında siltlerin sıvılaşmasına yönelik bir yöntem geliştirilmeye çalışıldığından bu tip zeminlerin tablolarda yoğun bir biçimde belirmesi kaçınılmazdır. Laboratuvarda gerçekleştirilen sınıflama deneylerinden 183 adedi söz konusu sönümlenme deneylerinin yapıldığı derinlikler ile çakışmaktadır. u₁ ölçümlerine ait 36 sınıflandırma ve u₂ ölçümlerine ait ise 147 sınıflandırma deneyinin sonuçları Çizelge 25 ve 26’ da verilmektedir. Çizelgelerde ayrıca sönümlenme eğri tiplerine karşılık gelen zemin sınıflarını da görmek mümkündür. Buradan Tip-1 nolu

sönümlenme eğrisinin iki filtre için de egemen olduğu söylenebilir. Bununla birlikte diğer sönümlenmelerin hangi zemin tiplerinde hakim olduğu hakkında da tablolardan bir fikir edinilebilir.

Çizelge 25. u_1 sönümlenmelerine ait zemin sınıfları

Tip (u_1)	CH	CI	CL	ML	MI	MH	SM	SP	SW-SM	SP-SM	GP-GM	Σ	%
Tip-1	0	1	2	10	0	0	1	0	0	0	0	14	38.89
Tip-2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	8.33
Tip-3	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	6	16.67
Tip-4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	8.33
Tip-5	2	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	10	27.78
Tip-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Σ	3	6	5	18	3	0	1	0	0	0	0	36	---
%	8.33	16.67	13.89	50.00	8.33	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	---	100

Çizelge 26. u_2 sönümlenmelerine ait zemin sınıfları

Tip (u_2)	CH	CI	CL	ML	MI	MH	SM	SP	SW-SM	SP-SM	GP-GM	Σ	%
Tip-1	1	17	12	30	4	0	16	2	1	2	0	85	57.82
Tip-2	2	0	1	3	0	0	2	0	1	0	1	10	6.80
Tip-3	5	8	3	4	0	1	1	0	0	1	0	23	15.65
Tip-4	3	7	3	5	2	0	3	0	0	0	0	23	15.65
Tip-5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2.04
Tip-6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2.04
Σ	14	33	19	44	6	1	22	2	2	3	1	147	---
%	9.52	22.45	12.93	29.93	4.08	0.68	14.97	1.36	1.36	2.04	0.68	---	100

Çizelge 25' ten görüleceği üzere 36 adet u_1 sönümlenme deneyinden %39' u Tip-1' e girmekte ve büyük payı almaktadır. Tip-1' i temsil eden sınıf olarak da büyük oranda ML karşımıza çıkmaktadır. Tip-3' te ise ML' den sonra CL' nin de bu gruba dahil edilebileceği düşünülebilir. Burada Tip-5 sönümlenme eğri tipinin u_1 için karakteristik olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Yüksek ve orta plastisiteli kil (CH ve CI) ile orta plastisiteli silt (MI) çoğunlukla bu eğri tipini vermişlerdir. Tip-2, Tip-4 ve Tip 6' da hangi sınıf zeminin hakim olduğunu kesin sınırlarla ayırmak veri yetersizliğinden dolayı mümkün olmamıştır.

Çizelge 26' da u_2 sönümlenme eğrilerinin tipleri ile sınıflandırma deneyi sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre Tip-1' de hakim olan zemin tipi yine düşük plastisiteli siltler (ML)' dir. Bununla birlikte siltli kumlar (SM) ile orta ve düşük plastisiteli killeri (CI ve CL)' de Tip-1 sönümlenme eğrisi tipini verebilmektedir. Tip-2' de ML ve SM' nin yanında 2 adet CH' ın bulunması dikkate değerdir. Orta ve yüksek plastisiteli killerin (CI ve CH) büyük oranda Tip-3 eğri tipini verdiği görülmektedir. Tip-4 ise daha çok CI ve ML' de görülmektedir. Tip-5 ise daha çok orta ve yüksek plastisiteli killerde karşımıza çıkmaktadır. Tip-6 için herhangi bir değerlendirme yapmak veri yetersizliğinden dolayı mümkün olmamıştır.

Yukarıdaki iki tablodan şu sonuçları çıkarmak mümkündür:

- u_1 filtresi:
 - a) Yüksek plastisiteli killeri (CH) ile orta plastisiteli siltler (MI)' de u_1 filtresi ile sönümlenme deneyi uygulandığında büyük bir olasılıkla Tip-5 eğri tipi elde

- edilecektir.
- b) Tip-6 sönümlenme eğrisi tipi hiçbir zeminde u_1 filtresi ile ölçülememektedir.
 - c) ML siltler u_1 okumalarında büyük olasılıkla Tip-1 eğri tipini verecek ve daha düşük olasılıklarda ise Tip-6 eğri tipi hariç diğer eğri tiplerini verebilecektir.
 - d) u_1 filtresi ile Tip-6 sönümlenme eğrisi tipine rastlanması olası değildir.
 - e) u_1 filtresi ile yapılan sönümlenme deneylerinde yaygın olarak sırasıyla Tip-1, Tip-3 ve Tip-5 sönümlenme eğrisi tipleri ile karşılaşılır.
 - u_2 filtresi:
 - f) Düşük plastisiteli siltler (ML), siltli kumlar (SM), orta ve düşük plastisiteli killler (CI ve CL) u_2 sönümlenmelerinde büyük olasılıkla Tip-1 eğri tipini verecektir.
 - g) Yüksek plastisiteli killler (CH) u_2 filtresi sönümlenmesi ile Tip-3 sönümlenme eğrisini verecektir,
 - h) Herhangi bir sınıftaki zeminde u_2 filtresi ile sönümlenme yapıldığında Tip-5 ve Tip-6 eğrisine rastlanması çok düşük bir olasılıktır.
 - i) u_2 filtresi ile yapılan sönümlenme deneylerinde yaygın olarak sırasıyla Tip-1, Tip-3 ve Tip-4 sönümlenme eğrisi tipleri ile karşılaşılır.

5.4.2 Sönümlenme Eğrisi Tipi-Sıvılaşma Değerlendirmesi

Araştırmanın bu aşamasında ise yukarıda u_1 ve u_2 filtreleri ile verilen genel tablolar ML zemin cinsi özelinde detaylandırılmıştır. Adapazarı kriterine göre sıvılaşan ve sıvılaşmayan ML zeminler için her iki filtreye göre veritabanında sorgulamalar yapılmıştır.

Adapazarı kriterine göre, sönümlenme deneyi ve TS-1500/2000' e göre zemin sınıfı simgesi verilmiş 170 adet veriden 18 adedi u_1 , 44 adedi u_2 olmak üzere toplam 62 sönümlenme deneyi ML siltler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 27' de ML zeminler için u_1 ve u_2 filtreleri ile gerçekleştirilen sönümlenme eğri tipleri sıvılaşmanın var veya yok durumları için listelenmiştir. u_1 filtresi için ML siltlerde egemen sönümlenme eğri tipi Tip-1 olarak görülmekte olup bu durumda sıvılaşma olasılığının u_1 filtresinde Tip-1 ile karşılaşılması durumunda çok yüksek olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Kısıtlı veriye rağmen u_1 filtresinde Tip-2 ve Tip-3 ile karşılaşılması durumunda sıvılaşmanın görülüp görülmemeye olasılığının eşit olduğu görülmektedir. Buna karşın, u_1 filtresinde Tip-4 ve Tip-5 eğrilerinin görüldüğü kesitlerde sıvılaşmanın oluşmayacağını söylemek mümkündür. ML siltlerde u_1 filtresi ile yapılan ölçümlerde Tip-6 eğri ile karşılaşılmamıştır.

Çizelge 27. ML zeminlerin eğri ve filtre tiplerinin sıvılaşma açısından karşılaştırılması

Filtre⇒	u_1		u_2	
	VAR	YOK	VAR	YOK
Tip 1	9	1	20	10
Tip 2	1	1	2	1
Tip 3	1	1	1	3
Tip 4	0	2	1	4
Tip 5	0	2	0	0
Tip 6	0	0	1	1

Çizelge 27' de ML zeminlerde u_2 filtresi ile yapılan ölçümlerde u_1 ölçümlerine benzer şekilde yine Tip-1 eğrisinin sıvılaşabilir siltlerde egemen olduğu görülmektedir. u_2 filtresi ile gerçekleştirilen toplam 3 adet Tip-2 sönümlenmesinin 2 adedi sıvılaşabilir olarak belirlenirken 1 adedinin sıvılaşmaz çıkması bu tip hakkında sıvılaşma konusunda genel bir yargıya varılmasını mümkün kılmamaktadır. Tip-3 ve Tip-4 sönümlenme eğrileri ile sıvılaşmaz siltlerde karşılaşılması dikkate değerdir. ML siltlerde u_2 filtresi kullanıldığında Tip-5 sönümlenme eğrisi ile karşılaşılmamıştır. Tip-6 sönümlenme eğrisi ile sıvılaşabilir ve sıvılaşmaz siltlerde aynı oranda karşılaşmıştır, ancak sayı bir yargıya varmak için yetersizdir.

Yukarıdaki tablodan şu sonuçları çıkarmak mümkündür:

- Sıvılaşabilir ML simgesine sahip zeminler u_1 filtresi ile büyük bir olasılıkla Tip-1 eğrisini vereceklerdir.
- u_1 ' de karşılaşılan Tip-2 ve Tip-3 eğri tipleri sıvılaşma açısından herhangi bir fikir vermemektedir,
- u_1 filtresi ile Tip-4, Tip-5 ve Tip-6 eğrilerle sıvılaşabilir zeminlerde karşılaşılması olası değildir.
- u_2 filtresi ile yürütülen sönümlenme deneylerinde, Tip-1 eğri sayısı sıvılaşmanın mümkün olduğu durumlarda sıvılaşmazlara göre iki kat fazla olmasına karşın bu tipte kesin bir ayırımın yapılması için yeterli değildir.
- u_2 filtresi sönümlenmeleri karşılaştırıldığında Tip-3 ve Tip-4'e giren sönümlenme eğrileri için sıvılaşmanın büyük bir olasılıkla gerçekleşmeyeceği söylenebilir.

5.4.3 Sönümlenme Zamanları ve Sıvılaşma Değerlendirmesi

Proje kapsamında sıvılaşan ve sıvılaşmayan sitelerden gelen zemin numuneleri laboratuvarında denenmiş ve ince daneli zeminlerde Adapazarı Kriteri' ne göre değerlendirme yapılmıştır. Bunun yanında kum « S » simgesi alan tüm zeminler mekanik özelliklerine bakılmaksızın sıvılaşabilir kabul edilmişlerdir. Çizelge 28' de u_1 ve u_2 sönümlenmelerinde Tip-1 sönümlenme eğrisi tipini veren ve güven değeri en az 3 olan okumaların ortalama değerlerini gösteren bir özet görülmektedir. Aynı zamanda sıvılaşmanın Adapazarı Kriteri' ne göre olup olmayacağına dair bilgi çizelgenin son sütununda sunulmuştur.

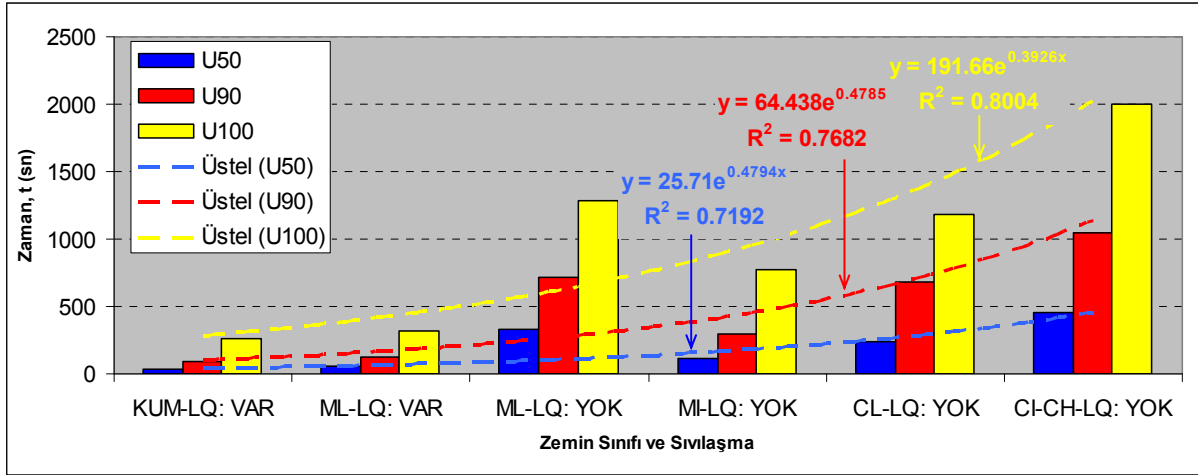
Çizelge 28. Tip-1 eğrisi için ortalama sönümlenme değerleri

Sınıf	Filtre	U_0	U_{50}	U_{90}	U_{100}	n	m	Sıvılaşma
S	u_2	3	31	86	256	1.097	0.151	Var
ML	u_2	3	55	125	315	1.295	0.177	Var
ML	u_1	2	21	191	947	0.428	0.090	Var
ML	u_2	7	327	713	1285	1.142	0.043	Yok
MI	u_2	4	113	300	768	1.131	0.061	Yok
CL	u_2	6	235	687	1185	1.218	0.056	Yok
CI-CH	u_2	6	460	1048	2001	1.560	0.047	Yok

Çizelge 28' de ML sınıfı zeminlerde u_2 sönümlenmeleri göz önüne alınırsa; U_{50} okumasının sıvılaşan siltlerde 55 sn, sıvılaşmaz siltlerde 327 sn olduğu, U_{90}

okumasının sıvılaştan siltlerde 125 sn, sıvılaşmaz siltlerde 713 sn ve U_{100} okumasının sıvılaştırabilir siltlerde 315 sn, sıvılaşmaz siltlerde ise 1285 sn olduğu görülecektir. Sıvılaştırabilir ve sıvılaşmaz ML sınıfı zeminlerde U_{50} , U_{90} ve U_{100} okumalarında görülen bu büyük farklılıklar bize bir ipucu verebilir. Bu noktada en azından sönümlenmenin %90' ının tamamlanması için gerekli sürenin sıvılaştırabilir ve sıvılaşmaz siltler için bir gösterge olduğu sonucunu çıkartmak mümkündür. Burada %90 sönümlenme yüzdesi seçilmesinin sebebi bazen %90' dan %100' e kadar olan sönümlenme için gerekli sürenin toplam sürenin önemli bir kısmını içermesi, bunun da U_{100} ' ün kullanımında önemli hatalara yok açabilmesidir. Bundan sonraki Tip-1 eğrilerinin irdelenmesinde daha çok bu U_{90} ' a karşılık gelen sürelerden bahsedilecektir. Tabloda sıvılaştan ve sıvılaşmayan ML siltler «n» ve «m» eğimleri için incelenirse; sıvılaştan ML siltlerde n değeri 1.295 iken sıvılaşmaz siltlerde bu değer 1.142 seviyelerine düşmüştür, bununla birlikte sıvılaştan ML siltlerde m eğimi 0.177 iken sıvılaşmaz ML siltlerde bu değer 0.043' e düşmüştür. Buradan sıvılaştırabilir siltlerin «n» ve «m» eğimlerinin yüksek değerler verdiği, buna karşın sıvılaşmaz siltlerde bu eğimlerin düştüğü söylenebilir.

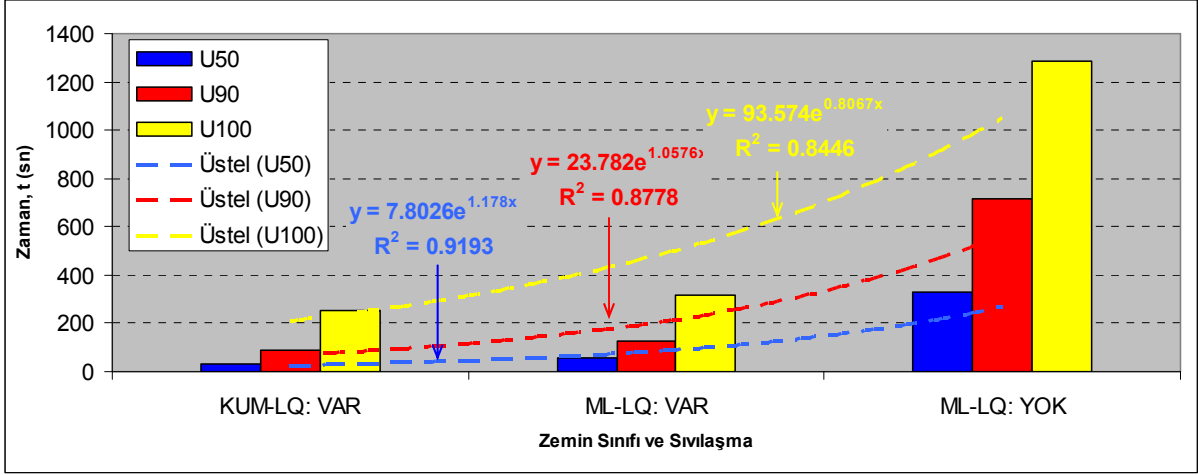
Şekil 65' te Tip-1 eğrisi için Çizelge 28' de verilen ortalama sönümlenme değerlerinin grafik gösterimi sunulmaktadır. Bu grafikte tek simge için U_{50} , U_{90} ve U_{100} okumalarının ortalama değerleri bir arada verilmiştir.



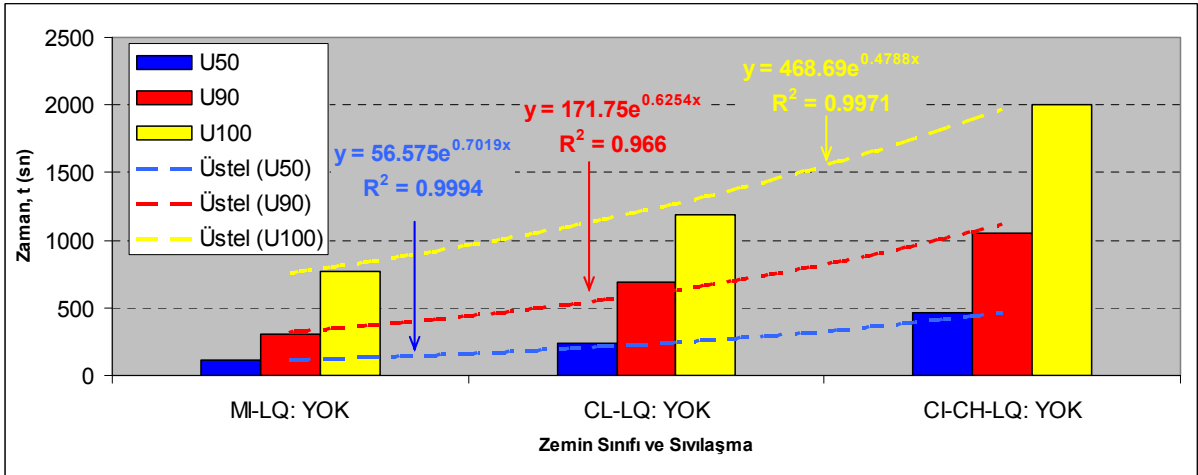
Şekil 65. Zeminlerinin U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme yüzdesine karşılık gelen ortalama zamanlar

Grafikte zeminler soldan sağa doğru dane boyutu küçülecek, plastisite artacak şekilde dizilmiştir. Şekilde genel olarak dane boyu küçüldükçe her üç sönümlenme yüzdesine ulaşmak için gerekli olan zamanın arttığı görülmektedir. Bununla birlikte şekil yakından incelenirse kumlar (S) ve düşük plastisiteli siltler (ML) ile orta plastisiteli siltler (MI) ve killer (CL, CI ve CH) olarak eğilim bakımından iki ayrı grupmuş gibi davrandığı düşünülebilir. Bu sebeple, her iki grup için ayrıca çizilmiş grafikler Şekil 66a ve b' de verilmiştir. Ancak, bu şekilde yapılan bir dizilim ile çizilen eğilim çizgilerinin doğruluk katsayısının ne denli yüksek olduğu da grafiklerden görülmektedir. Şekil 67' de ise Tip-1 eğrisi için sönümlenme eğrisinin başlangıç noktası ile eğrinin U_{90} ' a karşılık gelen zamanı arasında çizilen doğrunun eğimini

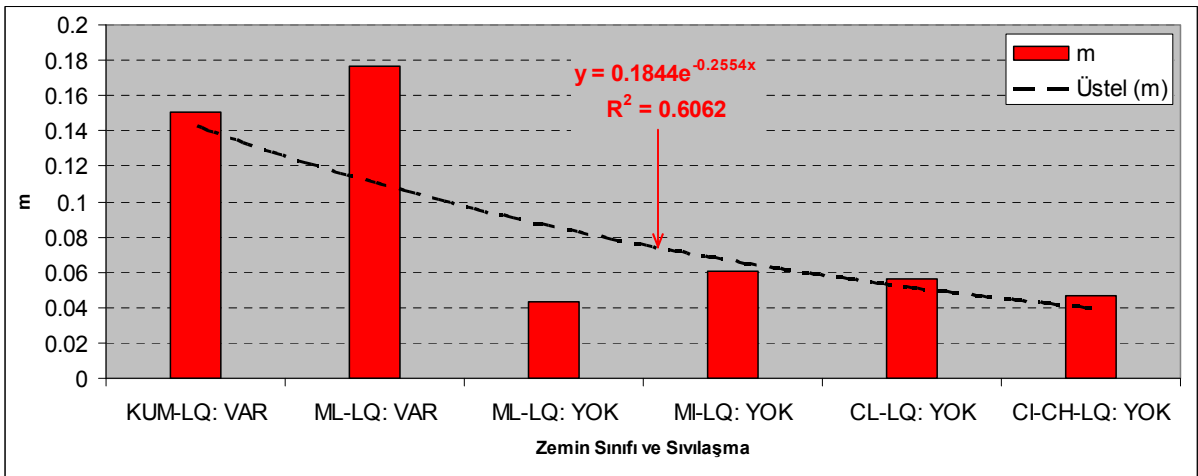
veren ve Çizelge 28' de ortalama deęerleri gsterilen «m» deęerlerinin grafiksel gsterimi sunulmaktadır. Burada sivilařma gstermeyen dűřuk plastisiteli siltlerin killerden ve plastik ozellik gsteren siltlerden (MI) de dűřuk eęimler vermesi manidardır.



Şekil 66a. Tip-1 eğrisi için kumlar ve düşük plastisiteli siltlerde ortalama zamanlar

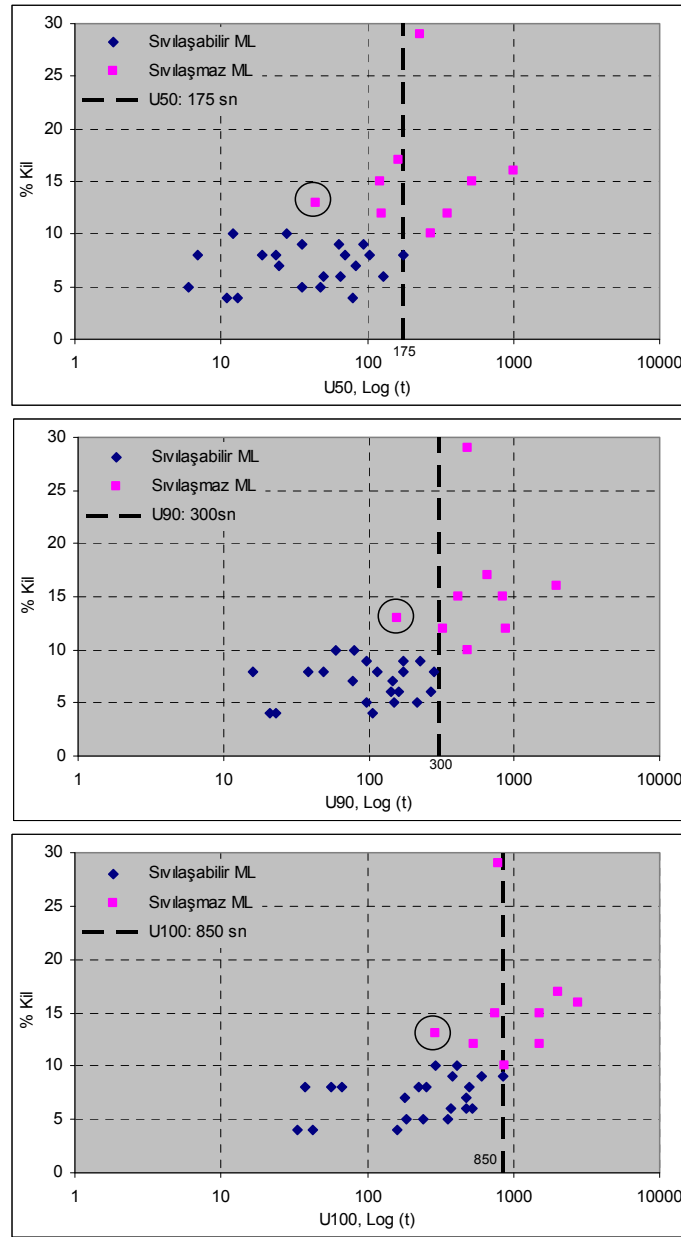


Şekil 66b. Tip-1 eğrisi için plastik siltler ve killerde ortalama zamanlar



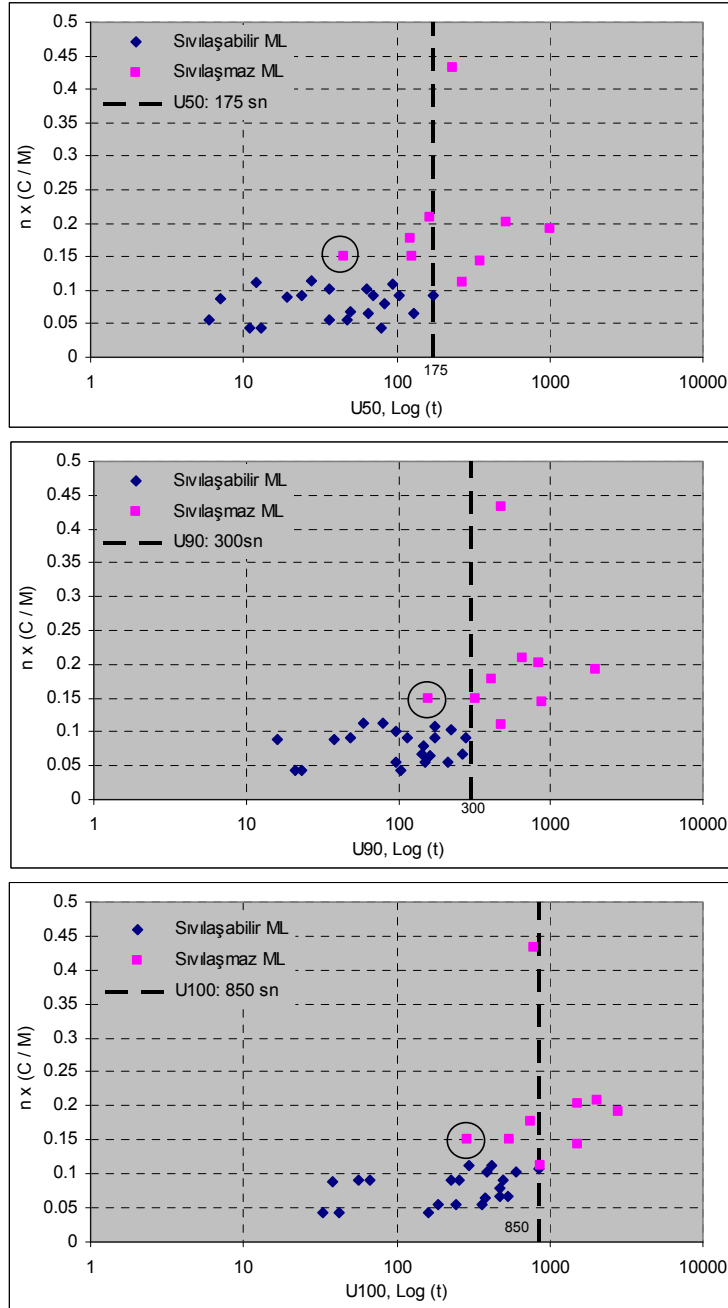
Şekil 67. Tip-1 eğrisi için ortalama m değerlerinin grafiksel gsterimi

Şekil 68’ de sıvılaşabilir ve sıvılaşmaz ML siltlerde sırasıyla U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanlar % kil içeriğine göre noktalanmıştır. Tüm grafiklerden kil oranının arttıkça sönümlenme sürelerinin arttığı kolayca görülebilir. Bununla beraber, U_{50} ve U_{100} için sıvılaşan ve sıvılaşmayan zeminleri zaman yönünden birbirinden ayırmak pek mümkün görülmemektedir. Nitekim, U_{50} ’ de 175 sn civarlarında hem sıvılaşan hem de sıvılaşmayan zeminler bir arada noktalanmıştır. U_{100} ’ de ise yaklaşık 850 sn civarında üst üste çakışmalar görülmektedir. Buna rağmen, U_{90} grafiğinde sıvılaşan ve sıvılaşmayan ML siltler daire ile gösterilen bir nokta hariç, yaklaşık 300 sn civarında birbirlerinden kesin olarak ayrılmaktadır. Buna göre, sıvılaşabilir ince daneli bir zeminin U_{90} sönümlenme yüzdesine 300 sn’ den önce erişiliyor ise sıvılaşmanın “mümkün ve olası” olduğundan bahsedilebilecektir.



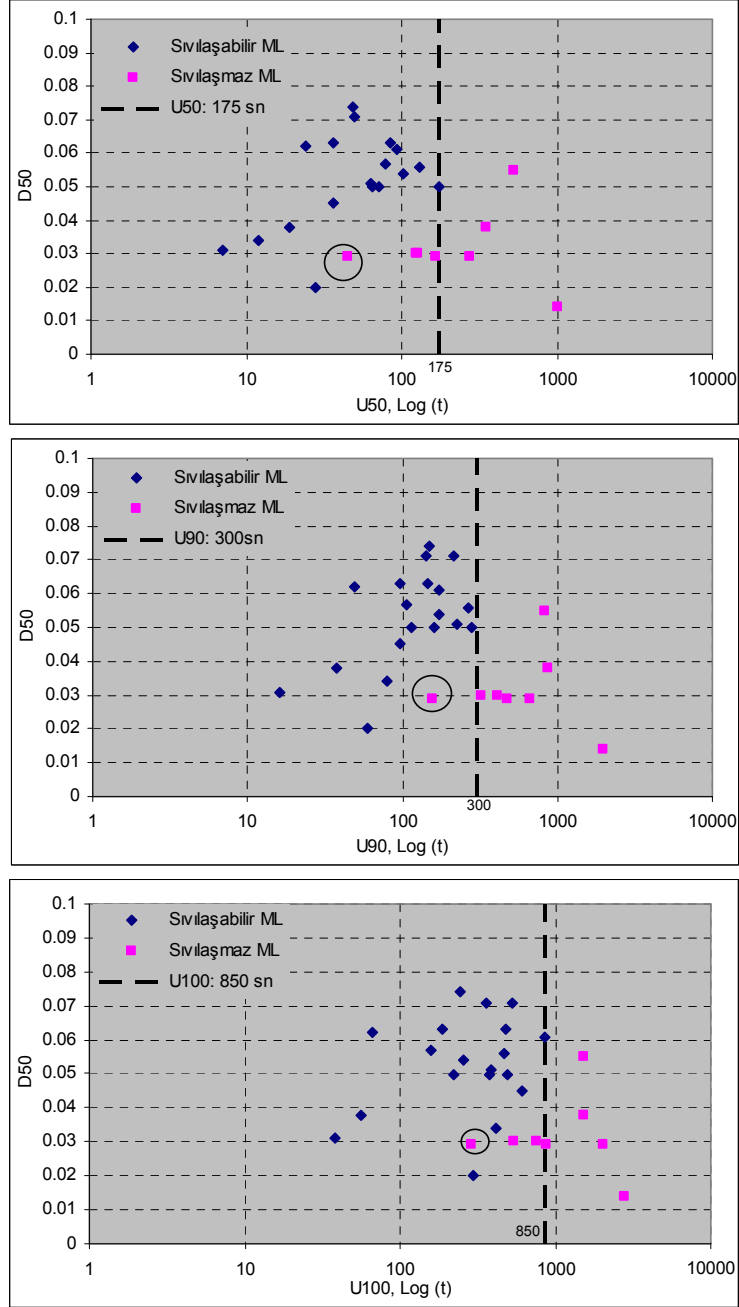
Şekil 68. ML siltlerde % kil ve U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme zamanları

Kil, silt ve %50' ye kadar da kum ihtiva eden bir zemin karışımının silt olarak simgelenebileceğini ifade eden Önalp vd. (2006) böyle bir karışımda sadece kil yüzdesinin değil, içerdiği kum oranının da dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu araştırmacılar bir karışımda kil yüzdesinin (C) silt yüzdesi (M) ile oranlanmasının yanı sıra kumun da hesaba katılması için "n" ile gösterilen "kum etki faktörü" nü tanımlamışlardır. Böylece sıvılaşmada kil oranının $n \times (C/M)$ ile daha etkin biçimde değerlendirilebileceğini önermişlerdir. Bu ifadeye göre çizilen grafikler Şekil 69' da verilmiştir. Burada da % kil' e göre çizilmiş grafiklere benzer grafikler elde edilmesine karşın noktaların düşeyde birbirlerine daha da yaklaşmaları dikkate değerdir.



Şekil 69. ML siltlerde $n \times (C/M)$ oranı ve sönümlenme zamanlar

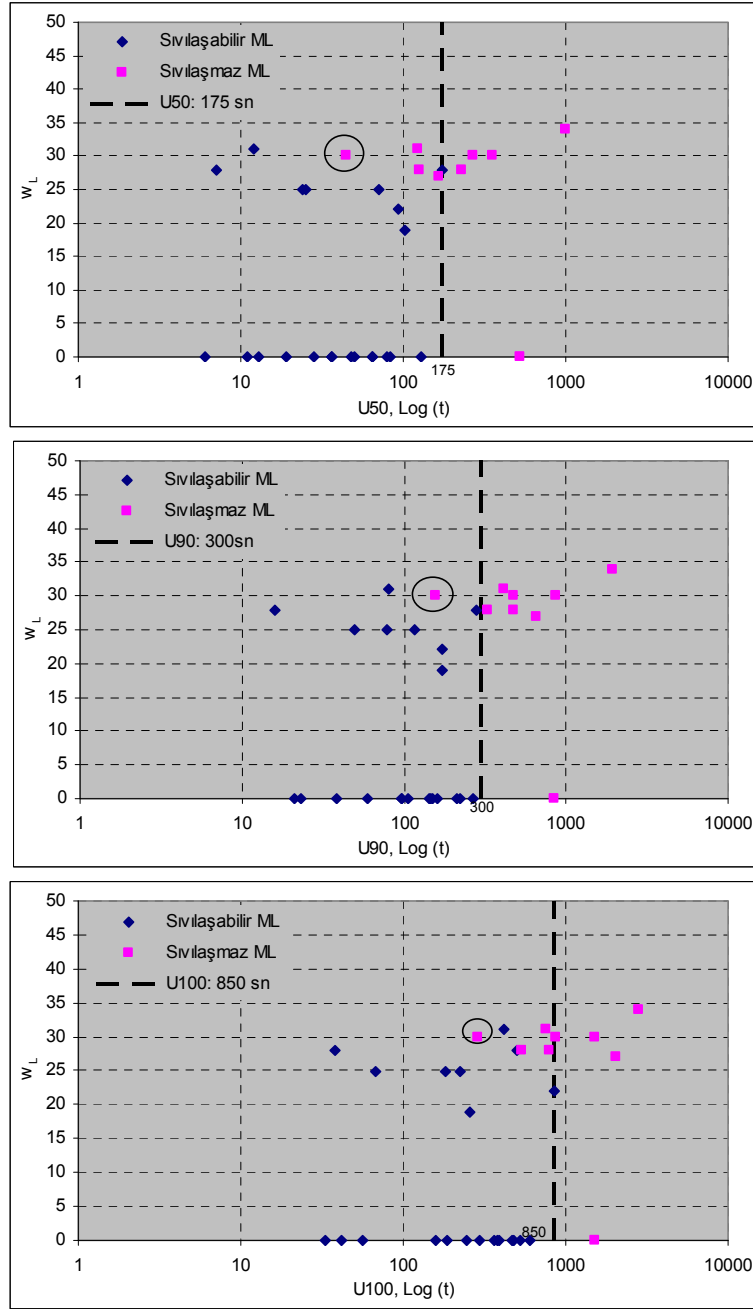
Şekil 70' te ise ML siltlerde ortalama dane boyutu D_{50} ' ye karşılık U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranları zamanları çizilmiştir. Üç şekilden, dane boyutu azaldıkça sönümlenme için zamanın arttığı söylenebilirse de, aralarındaki ilişkinin kil yüzdesi %C veya $n \times (C/M)$ oranında belireninkine oranla daha az belirgin olduğu görülmektedir.



Şekil 70. ML siltlerde ortalama dane çapı (D_{50}) ve sönümlenme süreleri

ML siltlerde likit limite karşılık çizilmiş U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme zamanları ise Şekil 71' de görülmektedir. Bu grafiklerden sönümlenme zamanları ile likit limit

arasında, en azından düşük plastisiteli siltler için, bir ilişkinin kurulamayacağı söylenebilir.



Şekil 71. ML siltlerde likit limit (w_L) ve sönümlenme zamanları

5.4.4 İnce Daneli Zeminlerin Sıvılaşmasında “Test” Bölgesi

Önceki bölümlerde değinildiği gibi, ince daneli zeminlerin sıvılaşma kriterlerinin belirlenmesinde tam bir fikir birliğinin sağlanamadığı, sıvılaşan ve sıvılaşmayan zeminler için kesin bir ayırımın yapılamadığı bilinmektedir (gri bölge). Bu sebeple araştırmacıların bu durumu gidermek için önerdikleri kriterlerin bazılarında belli

aralıklara düşen oranlarda deney “test” bölgesi olarak ayırt ettikleri alanlar bulunmaktadır. Bu durumda Önalp vd. (2006)’ nin önerdiği kriterler göz önüne alınarak, ince daneli zeminlerin sıvılaşması için gerekli kriterler Çizelge 29’ da gösterildiği gibi modifiye edilmiştir. Araştırmanın bu aşamasında sıvılaşma kriterinin değerlendirilmesinde farklı bir yöntem izlenmiştir. Buna göre “sıvılaşma var” çıkan numuneler “1”, “test” bölgesinde çıkanlar “0.5” ve sıvılaşma belirmeyenler ise “0” değerini almaktadır. Bu durum Çizelge 29’ un son sütununda “Değer” alanı altında verilmektedir.

Çizelge 29. Sıvılaşma kriterlerinin değerlendirilmesi

Kriter⇒	w_L	% Kil (%C)	D_{50}	I_L veya w_n/w_L	Değer
Sıvılaşma Var	$w_L \leq 33$	$\%C \leq 10$	$D_{50} > 0.06$	I_L veya $w_n/w_L \geq 0.9$	1
Test	$33 < w_L \leq 35$	$10 < \%C \leq 15$	$0.02 < D_{50} \leq 0.06$	$0.75 \leq I_L$ veya $w_n/w_L < 0.9$	0.5
Sıvılaşma Yok	$w_L > 35$	$\%C > 15$	$D_{50} \leq 0.02$	I_L veya $w_n/w_L < 0.75$	0

Yukarıdaki çizelgeye göre her bir numunenin dört farklı ölçütle değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçta numunelerin her bir kritere göre aldığı değerler toplanmıştır. Buna göre elde edilen bu toplamlar $0 \leq \text{Değer} \leq 4$ aralığında değişmektedir. 4 değerinin tüm kriterleri sağlamış sıvılaşabilir zeminleri, 0 değerinin ise hiçbir kriteri sağlamayan sıvılaşmaz zeminleri ifade ettiği açıktır. Ancak 0 ile 4 değerleri arasında numune farklı değerlendirmelerle karşı karşıya kalabilir. Nitekim, 3 değeri kriteri sağlamasına rağmen bir kritere göre test bölgesi içinde kalabilecek numuneler de olacağı görülmektedir. Örnek olarak gösterilen bu durum değişik kombinasyonlara göre geliştirilebilir. Sonuçta sıvılaşma değerlendirmesi için bu durum göz önüne alınarak Çizelge 30’ da gösterilen derecelendirme yapılmıştır.

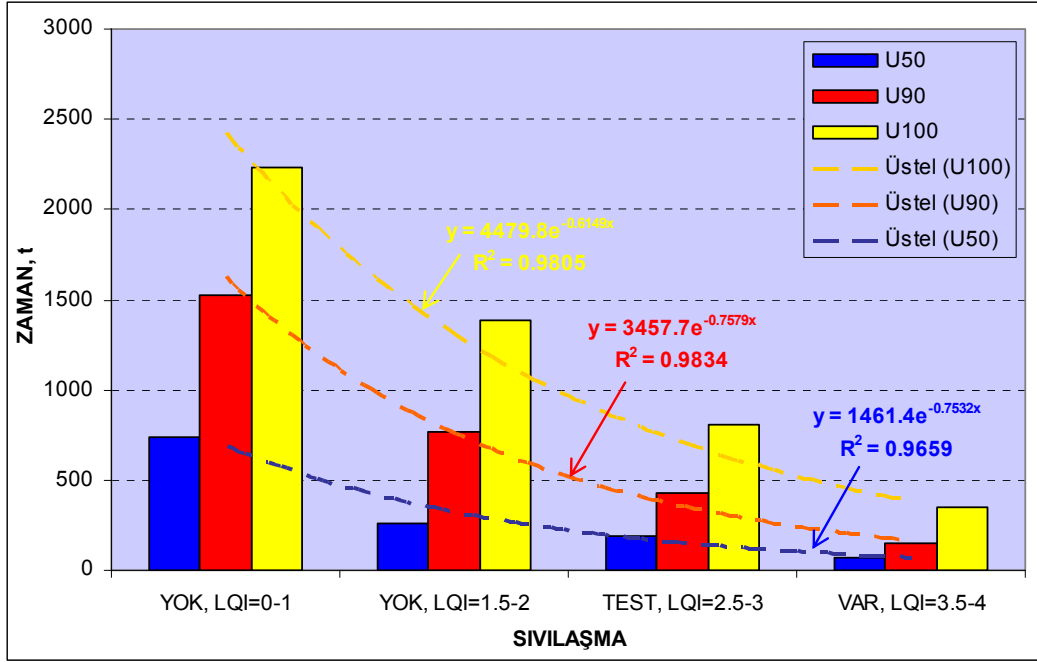
Çizelge 30. Sıvılaşma ölçütleri

Sıvılaşma	Aralık
Var	$3.5 \leq \Sigma \text{Değer} \leq 4.0$
Test	$2.5 \leq \Sigma \text{Değer} < 3.5$
Yok	$\Sigma \text{Değer} < 2.5$

Önceki alt bölümde sıvılaşma “var ve yok” olarak değerlendirilmiş, bu bölümde ise değerlendirme “var, test ve yok” bölgeleri için yapılmıştır. Çizelge 31’ de söz konusu değerlendirme ölçütlerine karşılık gelen sönümlenme zamanlarının ortalama değerleri gösterilmektedir. Ancak burada yüksek güvenilirlikli (4 ve 5) sayılabilecek sönümlenme eğrileri Tip-1, 2 ve 3 için değerlendirilmiştir. Bu çizelgeye göre çizilmiş grafikler Şekil 72’ de sunulmuştur.

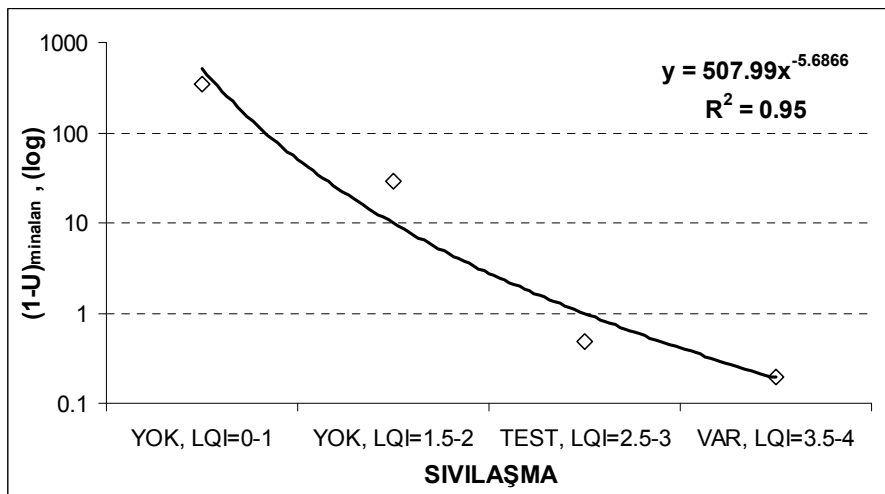
Çizelge 31. Tip-1 eğrisi için sıvılaşmanın “var, yok ve test” bölgelerinde ortalama zamanlar

SIVILAŞMA	$\Sigma \text{Değer}$	U_0	U_{50}	U_{90}	U_{100}	U_{wmin}	$U_{wminalan}$	n	m
YOK	0-1	193.3	734.21	1524.2	2231.92	-0.613	342.60	1.442	0.034
YOK	1.5-2	24.73	263.63	762.53	1388.47	-0.151	29.19	1.145	0.043
TEST	2.5-3	6.97	189.79	424.03	805.13	-0.022	0.48	1.193	0.06
VAR	3.5-4	5.31	66.54	148.17	344.65	-0.015	0.20	1.277	0.118



Şekil 72. Tip-1, 2 ve 3 eğrileri için sivilaşmanın “var, yok ve test” bölgelerinde ortalama zamanlar

Önceki bölümde açıklandığı üzere Tip-2 ve Tip-3 sönümlenme eğrileri başlangıçta bir yükselme eğilimi göstermekte ve bu kısmın alanı $(1-U)_{\text{minalan}}$ kaydı altında saklanmaktaydı. Bu alanların ortalama değerleri çizelgede sunulmuş, grafiksel gösterimi ise Şekil 73’ te verilmiştir. Grafiğe göre sivilaşma göstermeyen zeminlerde bu söz konusu yükselme maksimum düzeye çıkmakta, buna karşın sivilaşma beliren zeminlerde ise bu yükselme sifıra yönelmektedir. Sivilaşma değerlendirme ölçütlerine göre küçükten büyüğe doğru bir dizilim gerçekleştirildiğinde yükselmenin bu değerlendirme sistemi ile de ilişkili olduğu görülmektedir.



Şekil 73. Sıvılaştırmanın “var, yok, test” bölgelerinde ortalama yükselme miktarları

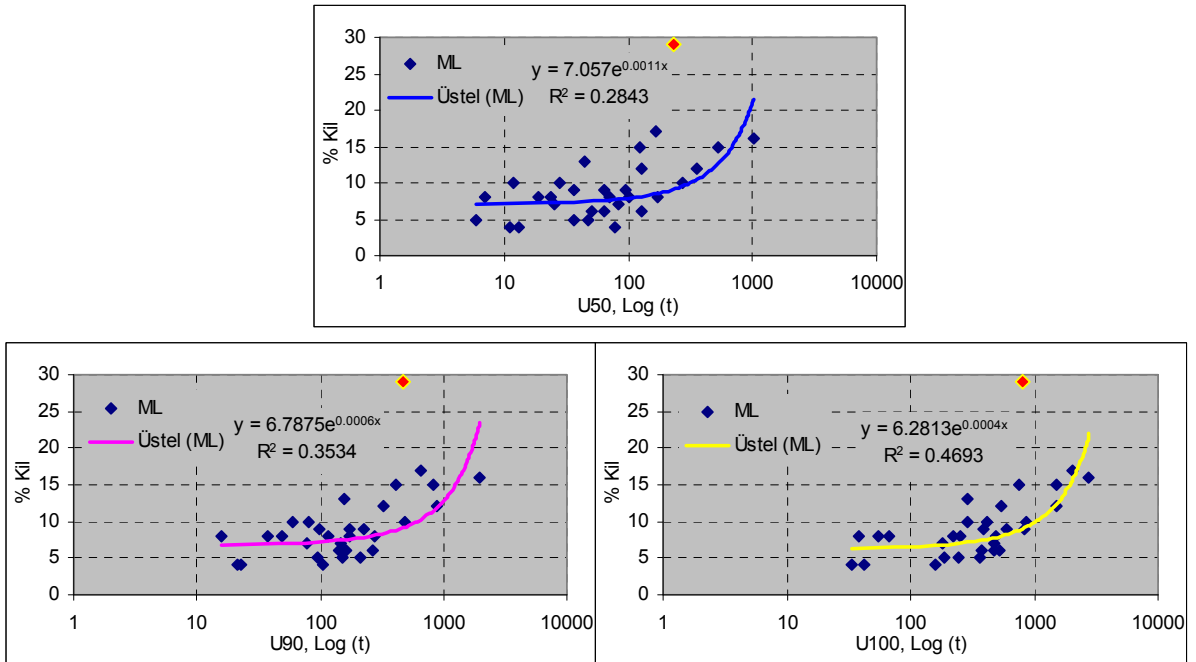
5.4.5 Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Sönümlenmeye Etkileri

Araştırmanın bu aşamasında zeminlerin çeşitli fiziksel özelliklerine karşılık gelen sönümlenme eğri tipleri, sönümlenme oranları, U_{max} ve U_{min} gibi eğrinin geometrik boyutlarıyla ilgili kısımları incelenmiştir.

5.4.5.1 Tip-1 ve Tip-2

Zeminin aranan sönümlenme zamanlarına, Tip-2 eğri tiplerinde görülen ve sönümlenme eğrisinin başlangıçtaki hafif bir yükselme ile beliren kısmının, pek bir ekisinin olmayacağı düşünülerek; bu kısımda Tip-1 ve Tip-2 birlikte değerlendirilmiştir.

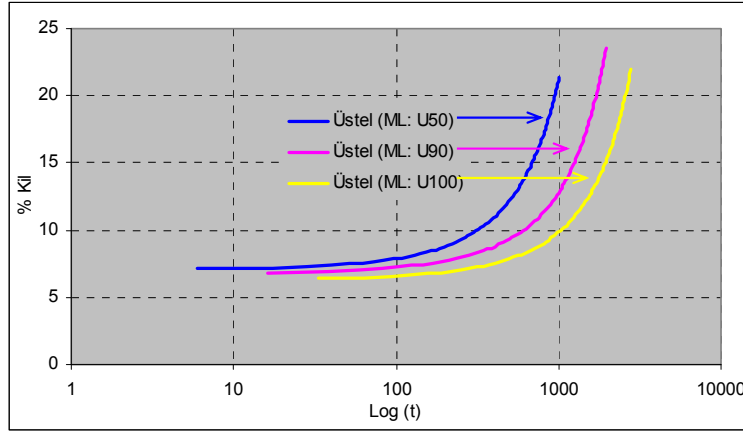
Şekil 74’ te düşük plastisiteli siltlerin % kil oranına karşılık U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanları noktalanmıştır. Burada kırmızı ile gösterilen noktanın sonuçlarının hatalı olduğu düşünülerek değerlendirmeye alınmamıştır. Şekilden de açıkça görüleceği üzere düşük plastisiteli siltlerde kil oranı arttıkça istenen sönümlenme oranı için gerekli zamanların arttığı görülmektedir.



Şekil 74. ML siltlerde kil içeriğinin a) t_{50} b) t_{90} c) t_{100} sönümlenme zamanına etkisi

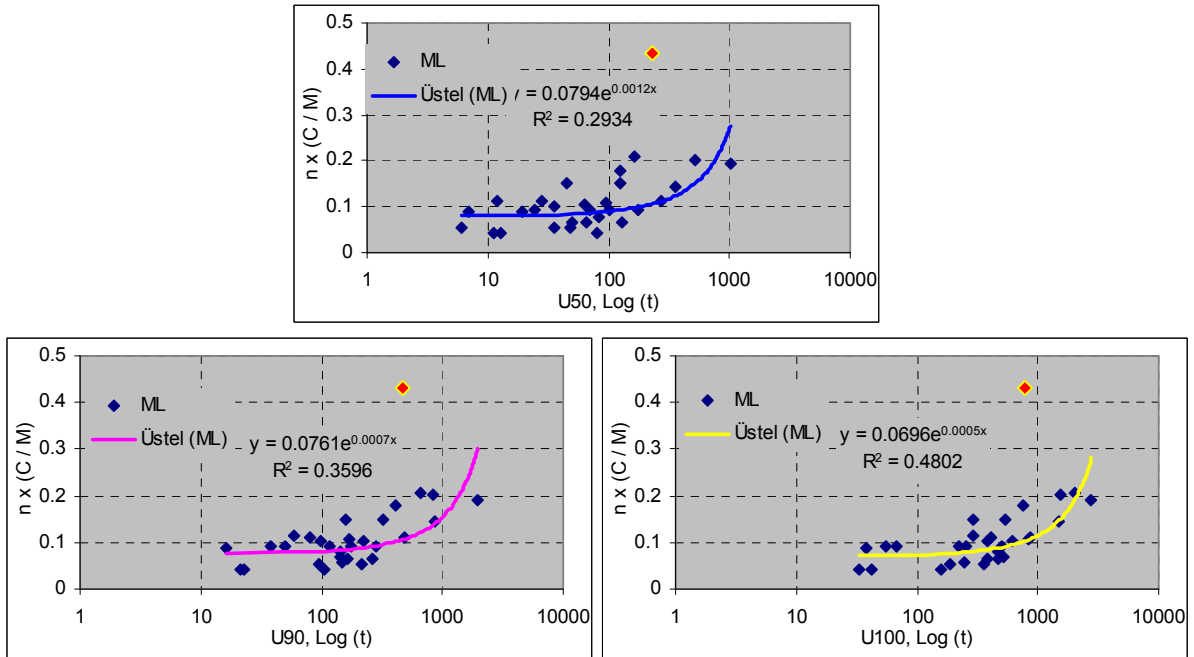
Şekil 75’ te ise tüm sönümlenme oranlarına karşılık gelen eğilim çizgileri bir arada gösterilmiştir. İlk bakışta her bir sönümlenme oranı için birbirine benzer eğilim çizgileri elde edildiği ve doğal olarak da sönümlenme oranı arttıkça eğrilerin sağa doğru ötelendiği görülmektedir. Bu şekilden ortalama %7 kil oranına kadar sönümlenme zamanlarında bir değişikliğin olmadığı, bu kil yüzdesinden sonra ise her

bir sönümlenme oranı için ilişki kurulabileceği görülmektedir. Bununla birlikte sönümlenme oranı arttıkça etkin kil yüzdesi eşliğinin az da olsa düştüğü fark edilmektedir. Diğer bir deyişle, düşük plastisiteli bir silt için değişen kil oranlarının, ancak %8' den büyük olduğu durumlarda sönümlenmeyi etkilediği söylenebilir. %8' den küçük kil oranlarında ise sönümlenme zamanlarının düşük olduğu ve bu sınırdan daha düşük kil oranlarının sönümlenmeye etki etmediği görülmektedir.

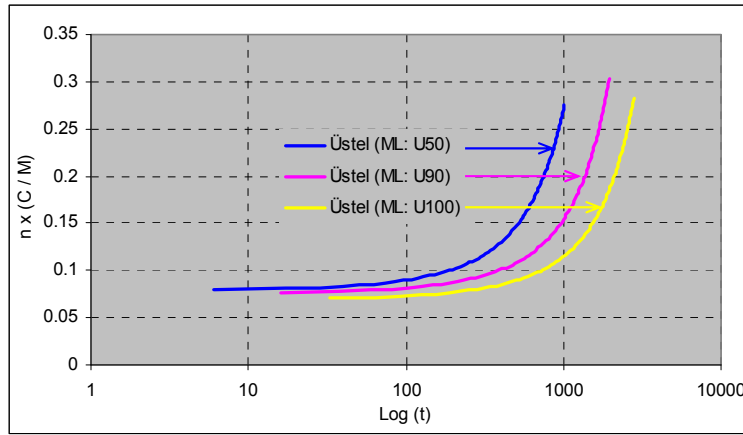


Şekil 75. ML siltlerde kil içeriğinin sönümlenme oranlarına etkisi

Şekil 76' da düşük plastisiteli siltlerin $n \times (C/M)$ oranına karşılık U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanları noktalanmıştır. Şekilden de açıkça görüleceği üzere düşük plastisiteli siltlerde oran arttıkça istenen sönümlenme oranı için gerekli zamanların arttığı görülmektedir. Ancak n "kum etki faktörü" hesaba katılarak yapılan bu değerlendirmede, sadece kil oranı hesaba katılarak yapılan değerlendirmeye göre noktaların düşey ekseninde birbirine daha da yaklaştığı görülmektedir. Yani kısaca noktaların içine düştüğü bant daralmaktadır.



Şekil 76. ML siltlerde $n_x(C/N)$ oranının a) t_{50} , b) t_{90} ve c) t_{100} sönümlenme zamanlarına etkisi Şekil 77' de $n(C/M)$ oranına karşılık tüm sönümlenme oranlarına ait çizgiler bir arada gösterilmiştir. Kil oranına göre çizilen grafikte olduğu gibi her bir sönümlenme oranı için birbirine benzer eğilim çizgileri elde edildiği ve doğal olarak da sönümlenme oranı arttıkça eğrilerin sağa doğru ötelendiği görülmektedir. Bu şekilden de ortalama 0.075 oranına kadar sönümlenme zamanlarında bir ilişkinin olmadığı, $n(C/M)$ oranının bu değerinden sonra ise her bir sönümlenme oranı için ilişki kurulabileceği görülmektedir. Bununla birlikte sönümlenme oranı artması $n(C/M)$ etkin kil yüzdesinin başlangıç değerini bir miktar aşağıya çekmektedir. Diğer bir deyişle, düşük plastisiteli bir silt için değişen $n(C/M)$ oranlarının, ancak 0.085' den büyük olduğu durumlarda sönümlenme zamanını önemlice etkilediği, 0.075' ten küçük oranlarda ise sönümlenme zamanına etki etmediği görülmektedir.



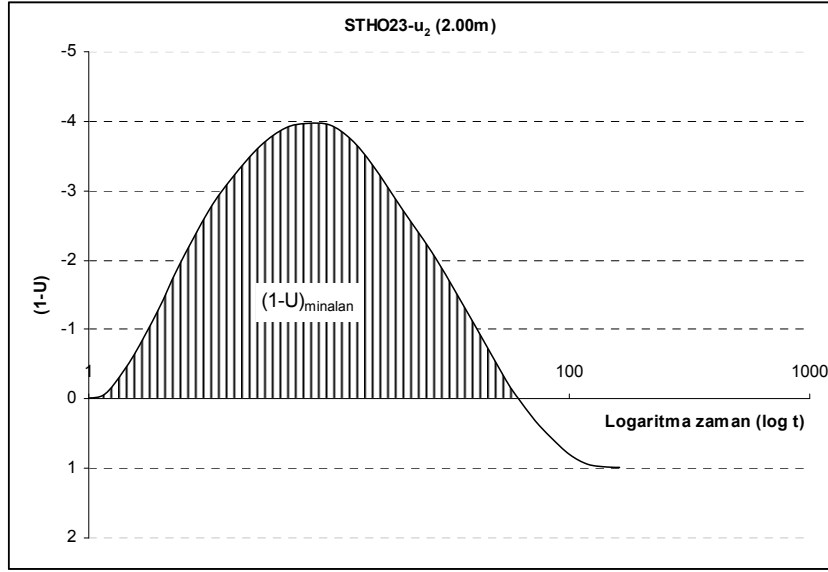
Şekil 77. ML siltlerde $n(C/M)$ oranının sönümlenme oranlarına etkisi

5.4.5.2 Tip-3 eğrisi

Bu kısımda, daha çok yüksek ve orta plastisiteli killerde belirgin olarak karşımıza çıkan kabarma (*dilation*) etkisinin zeminlerin fiziksel özellikleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Tip-3 eğrisi için belirgin olan söz konusu yükselmenin meydana getirdiği alan $(1-U)_{\text{minalan}}$ olarak kayıt altına alınmıştır. Şekil 78' de taralı olarak gösterilen alan sönümlenme eğrisinin $(1-U)=0$ yatayından yukarıya doğru yaptığı yükselmeyi göstermektedir.

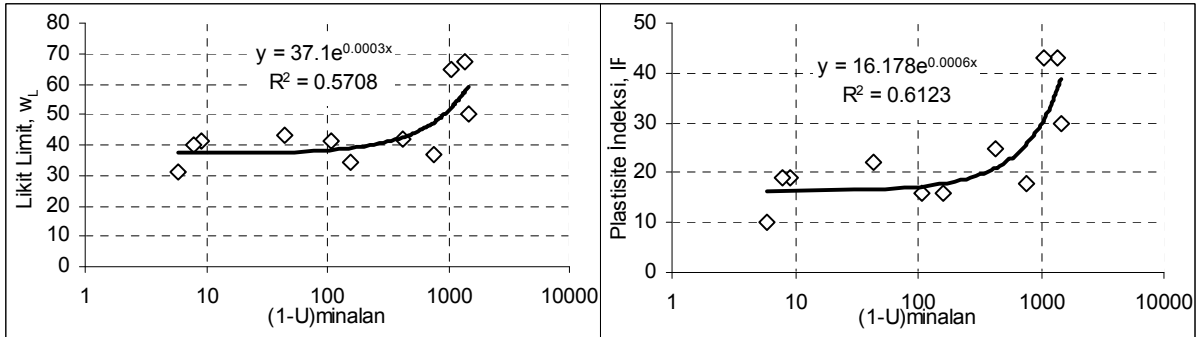
Şekil 79' da ise bu yükselme miktarının zeminlerin çeşitli fiziksel özelliklerine karşı almış olduğu değerler noktalanmıştır. Zeminin likit limiti (w_L) ve plastisite indisine karşılık olan yükselme oranları burada noktalanmıştır. Zeminlerin likit limit ve plastik limit değerleri arttıkça yükselme alanının arttığı görülmektedir. Bu, fiziksel özelliklerin dışında dane boyutu veya kil, silt ve kum oranlarını da hesaba katan değerlendirmeler de yükselme açısından incelenmiş ve aralarındaki ilişki Şekil 80' de noktalanmıştır. Şekil 80' de kil oranına göre yapılan değerlendirmenin kabaca fikir verebileceği, ancak kum oranının da hesaba katıldığı $n_x(C/M)$ oranı ile yapılan değerlendirmede incelenen noktaların birbirine daha da yanaşarak bandı daralttığı

görülmektedir. Sonuçta $n \times (C/M)$ oranı, dolayısı ile de kil yüzdesi arttıkça yükselme miktarının arttığı görülmektedir.

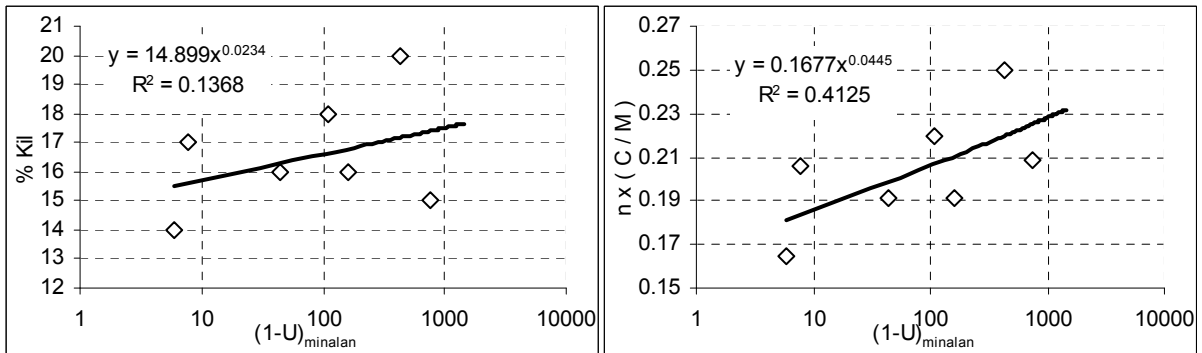


Şekil 78. Tip-3 eğrisinde $(1-U)_{minalan}$ yükselme alanı

Buna göre orta ve yüksek plastisiteli killerde karakteristik olan Tip-3 eğrisinde yükselme miktarının zeminin plastisitesi, doğal su muhtevası ve kil-kum-silt karışım oranları ile ilişkili olduğu söylenebilir.

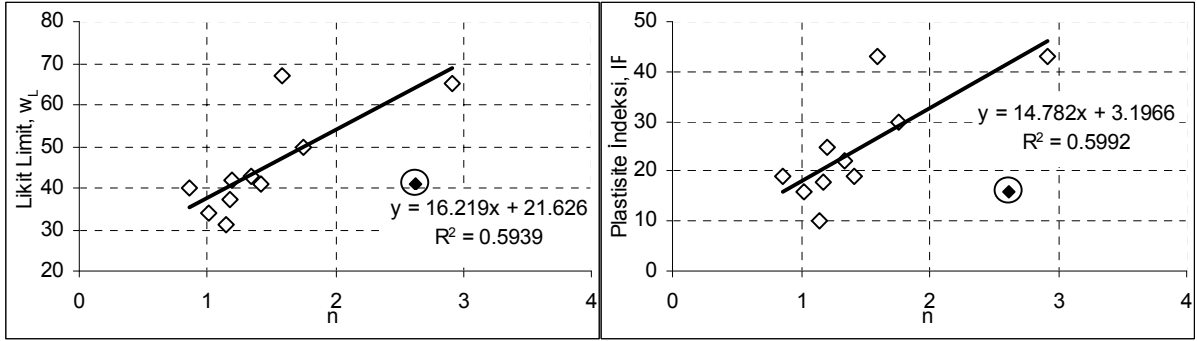


Şekil 79. Tip-3 eğrisinde fiziksel özelliklerin $(1-U)_{minalan}$ ile olan ilişkileri



Şekil 80. %C ve $n(C/M)$ oranının $(1-U)_{minalan}$ ile olan ilişkisi

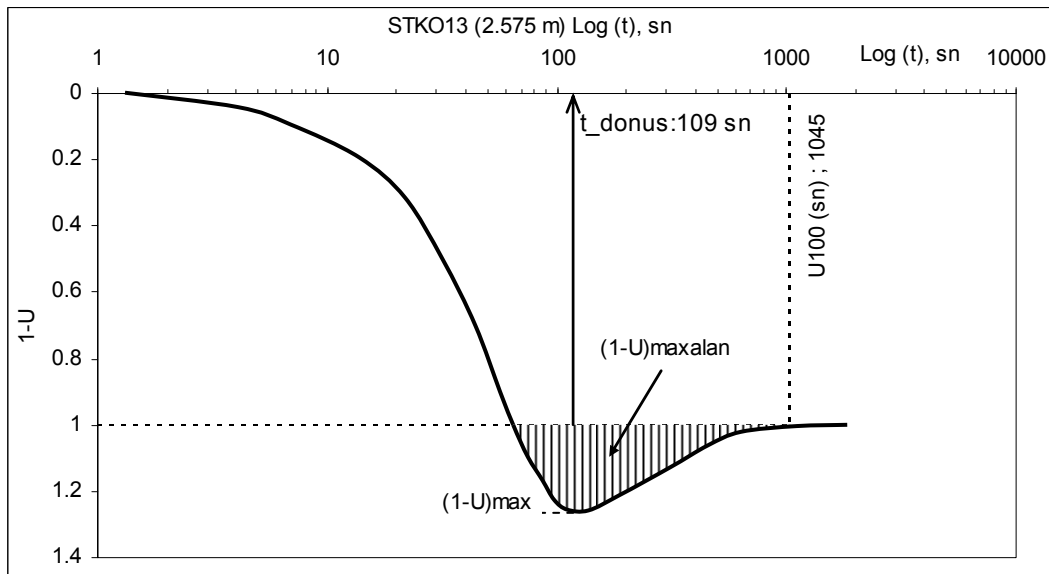
Şekil 81’ de sönümlenme eğrisinde $U=50\%$ ve $U=90\%$ ’ a karşılık gelen zamanları birleştiren doğrunun eğimi “n” ile zeminin likit limit (w_L) ve plastisite indisi (PI) birlikte değerlendirilmektedir. Söz konusu fiziksel özellikler ile n eğimi karşılaştırıldığında tam bir ilişki sağlanamasa da noktaların gidişinden likit limit ve plastisite indisi arttıkça n eğiminin arttığı söylenebilir. Yani, Tip-3 eğrilerinde yükselme tamamlanıp sönümlenme başladığında oluşan doğrusal kısmın eğimi ile zeminin plastisite özellikleri arasında bir ilişki bulunması olasıdır.



Şekil 81. Tip-3 eğrisinde fiziksel özelliklerin “n” eğimi ile olan ilişkileri

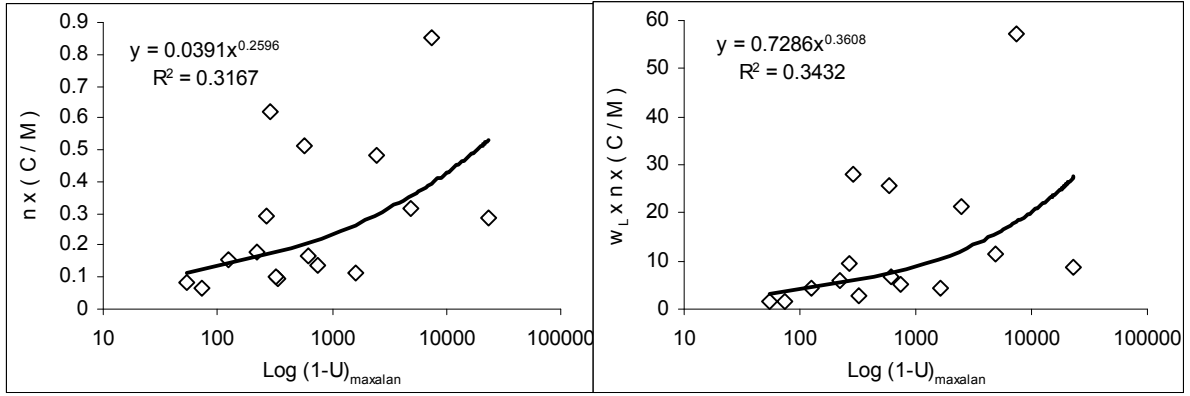
5.4.5.3 Tip-4 eğrisi

Tip-1’ e benzer bir sönümlenme deneyi yürütülürken hidrostatik basınca erişildiğinde eğrinin yatması beklenmekte ancak Tip-4 olarak ayırt edilen sönümlenme tiplerinde söz konusu basıncın da altına düşülmektedir, bu aşağı düşüş bir müddet devam ettikten sonra eğri tekrar hidrostatik basınca yönelmekte ve sabitlenerek sönümlenme tamamlanmaktadır (Şekil 82).



Şekil 82. Tip-4 eğrisinde $(1-U)_{maxalan}$

Bu durumda $(1-U)=1$ yani %100 sönümlenmeyi ifade eden yatay doğru ile eğri arasında bir alan belirmektedir. Bu alanın miktarı zeminin çeşitli özellikleri ile karşılaştırılmış ancak çoğu değişkene göre yapılan araştırmalar bir sonuç vermemiştir. Bununla birlikte $n(C/M)$ oranı ve bu oranın likit limit ile çarpılması neticesinde elde edilen sonuçlar Şekil 83’te görülmektedir. Buna göre kil oranı ve likit limit arttıkça sözkonusu alanın arttığı hakkında fikir edinilebilir.



Şekil 83. Tip-4 eğrisinde $n_x(C/M)$ ile $(1-U)_{\maxalan}$ ilişkileri

5.5 Silindirde Sönümlenme Deneyi Sonuçları

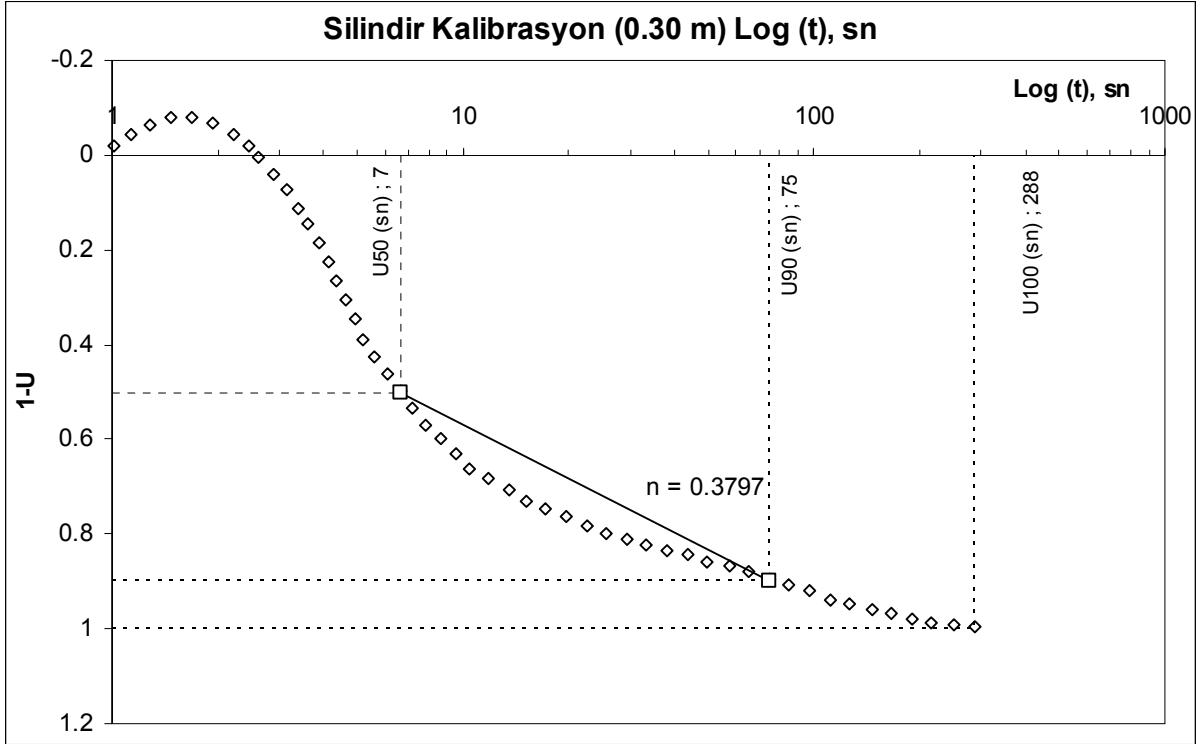
CPTU deneyinde koninin ilerlemesi sırasında yanal drenaj vanaları kapalı tutulmuş, tam sönümlenme başlangıcında açılmış ve kısa bir süre su seviyesinde herhangi bir değişim olup olmadığı gözlemlenmiştir. Numunenin tam olarak konsolide olduğu üst 30 cm’lik kısımda borudaki su seviyesinde herhangi bir değişim olmamıştır. Bu da kullanılan 50 cm çaplı silindir içinde numunede boşluk suyu basınçlarının sınır şartlarından etkilenmediğini göstermektedir.

Numunenin tam olarak konsolide olmadığına anlaşılmış olmasına rağmen planlanan derinliklerde sönümlenme deneyleri yapılmıştır. Bu amaçla, deneyler sırasında koninin kendi ağırlığı ile aşağıya hareket ederek sönümlenme yerine ek boşluk suyu basıncı okumaması için koninin sabit tutulması gerekmiştir. Dört sönümlenme deneyi sonucunda 0.30 m’de elde edilen sönümlenme eğrisinin arazide elde edilen Tip-2 eğrisine (Şekil 84), 1.07 m’de elde edilenin ise Tip-4 eğrisine benzediği görülmüştür. 1.07 m’de yapılan sönümlenme deneyinde su basıncı dengelenmiş görünmekle birlikte, o derinlikte ek boşluk suyu basınçlarının varlığı $1-U$ değerinin 1’den büyük olması ile açıklanabilmektedir (Şekil 85).

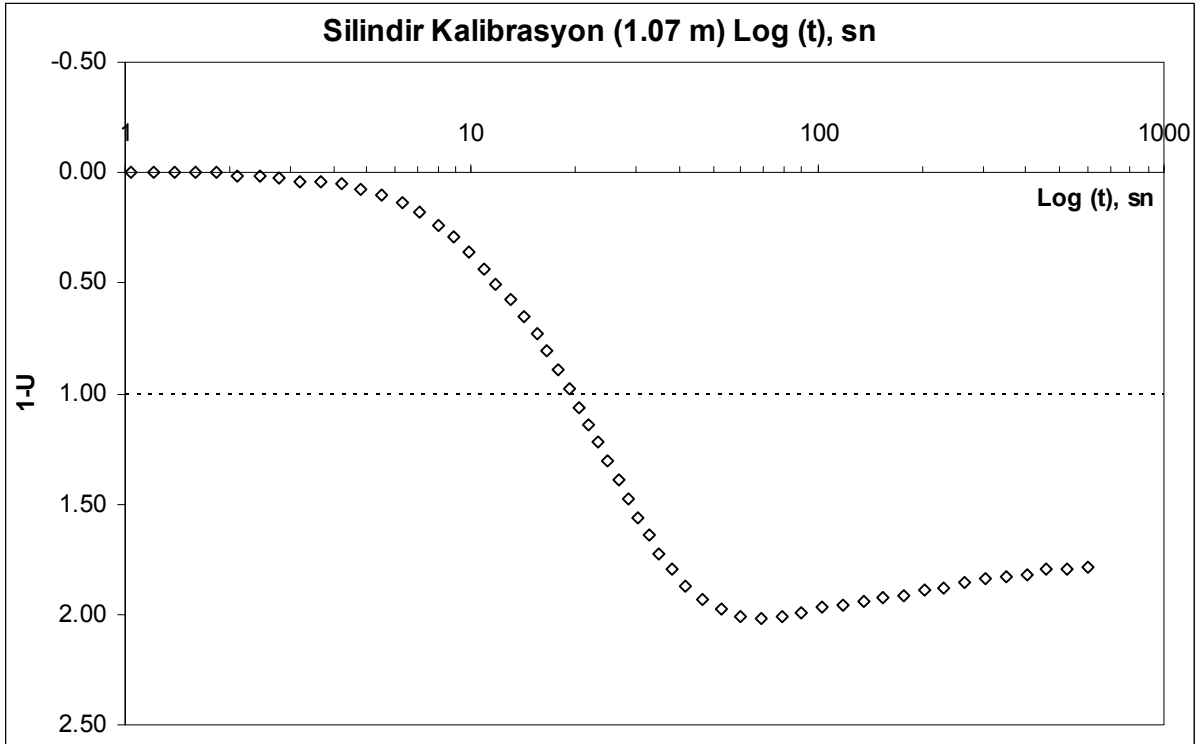
5.5.1 Silindir Numunesinin Sınıflandırılma Sonuçları

Sınıflama için 0.20-0.30 ve 0.30-0.40 m derinliklerden alınan örneklerin sınıfları SM, ince dane oranları ise sırasıyla %32 ve %43 çıkmıştır. Her iki numune üzerinde Casagrande cihazında likit limit ve plastik limit deneyleri yapılamazken, koni yöntemi ile likit limitler 26 ve 27 olarak bulunmuştur. Yapılan hidrometre deneylerinde

numunelerde kil bulunmadığı gibi bir sonuçla karşılaşılmıştır. Bir diğer deyişle borunun bu kesiminde zemin "kumsu"dur.



Şekil 84. Kalibrasyon silindirinde sönümlenme deneyi sonucu (0.3 m)



6 SONUÇ VE ÖNERİLER

- Yapılan toplam 97 adet ödometre deneyine karşılık her bir derinlik için CPTU deneyi yapılmıştır.
- Konsolidasyon deneyi numuneleri TS1500/2000'e göre sınıflandırıldığında 13 adedi CH, 6 adedi MI, 36 adedi ML, 18 adedi CL, 17 adedi CI, ve 7 adedi de SM olarak simgelenmiştir.
- Ödometre deneylerinde zaman-sıkışma eğrileri 4 farklı tipte ayırtlanmıştır. $\sigma=200$ ve 400 kPa için sıkışma katsayısı (a_v), hacimsel sıkışma katsayısı (m_v), boşluk oranı (e), sıkışma indisi (C_c), yeniden sıkışma indisi (C_r), ön konsolidasyon basıncı (σ_c), Casagrande yöntemine göre t_{50} değeri, geçirimsizlik katsayısı (k), konsolidasyon katsayısı (c_v), Taylor yöntemine göre t_{90} değeri, ve buradan bulunan geçirimsizlik katsayısı (k), konsolidasyon katsayısı (c_v) değerleri bulunmuştur.
- Ödometre deneyi sonuçları ile inceler, silt, kil, kum, çakıl yüzdeleri ile, likit limit (w_L), plastik limit (w_P), doğal su muhtevası (w_n), renk, sınıf (TS1500/2000), D_{50} , sıvılık indisi (I_L) değerleri ve sıvılaştırmanın olup/ olmadığı karşılaştırılmıştır.
- Siltli zeminler killere oranla daha çabuk drene olduğundan log zaman-oturma okumalarından elde edilen eğrilerin ilk okumadan itibaren yukarı doğru konkav olarak geliştiği görülmüştür. Bu dönüşüm 6 s' den önce olmaktadır. Bu nedenle, bu tür eğrilerde standart okumalar ile t_{50} değeri bulunamamaktadır. Zamanın karekökü eğrisinde ise ilk okumadan sonra belirgin bir doğrusallık görülemediği için t_0 bu tür eğrilerden de belirlenememektedir. Bu amaçla deney düzeneği tek yönlü (sadece üstten drenaj) olarak değiştirilmiştir. Buradan elde edilecek t_{50} değeri 0.1 dakikadan küçük olmalıdır. 0.1 dak' dan önceki okumaların alınabilmesi için deney düzeneği ADU' ya bağlanmıştır. Daha kesin ve hassas c_v değerleri için Rowe konsolidasyon hücresi kullanılarak daha büyük boyutlu örnek üzerinde deney yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla hidrolik hücrede 17 adet sönümlenme deneyi yapılmıştır.
- Ödometre eğrileri, CPTU Tip-1 sönümlenme eğrileri ile benzeştiğinden $\sigma=200$ kPa ve 400 kPa ödometre t_{50} eğrileri ile karşılaştırıldığında üç tip eğim görülmektedir. Bunlar, üst, alt ve orta olmak üzere 3 kısma ayrılmıştır. Aynı şekilde, sönümlenme eğrilerinden oluşan eğimlerle ödometre t_{90} eğrilerinden oluşan eğimler karşılaştırılmıştır.
- Sönümlenme ve konsolidasyon eğrilerinin; üst, orta ve alt eğim değerleri noktalandığında, konsolidasyon t_{50} değeri arttıkça arazi sönümlenme süresinin de arttığı, benzer şekilde sönümlenme eğrisinden elde edilen eğimle ödometre

t_{90} eğrisinden elde edilen eğim karşılaştırıldığında t_{90} değeri arttıkça arazide sönümlenmenin süresinde de artma eğilimi gözlenmiştir.

- ML siltte, ödometre t_{90} -CPTU sönümlenme eğrilerinden elde edilen eğimler karşılaştırılmıştır. $\sigma=200$ ve 400 kPa' da sıvılaşma var-yok ayırımı yapılarak elde edilen korelasyonda $\sigma=200$ kPa' da belirgin bir eğilim gözlenmemesine karşın $\sigma=400$ kPa' da korelasyon katsayısının daha yüksek olmasıyla anlamlı bir ilişki gözlenmektedir. Aynı yöntem CL kile uygulandığında $\sigma=400$ kPa' da korelasyon katsayısı daha da anlamlı çıkmaktadır.
- Rowe sönümlenme eğrilerinin 4 ayrı tipte toplanabileceği görülmüştür. Tip-I eğrisinde fazla u_w , drenaj vanası açıldıktan sonra maksimum değerinden lineer şekilde azalarak sönümlenmektedir. Tip-II eğrisinde ise fazla u_w uzun süre lineer olarak azaldıktan sonra sönümlenmenin bitişine doğru parabolik olarak sıfırlanmaktadır. Tip-III eğrisinde azalım başlangıçta parabolik olurken sonra lineerleşmekte ve tekrar parabolik biçimde sona ermekte, Tip-IV eğrisinde ise düşüş ilk birkaç (<10 sn) saniyede başlamakta ve Tip-III eğrisine benzer şekilde sürmektedir.
- Laboratuvar (Rowe) sönümlenme eğrilerinin içinde en çok Tip-III eğrisine rastlanırken ağırlıklı olarak MI' da Tip-II ve Tip-III, ML ve CI' da Tip-III, CL' de Tip-II ve Tip-III, CH' da ise Tip-III eğrisine rastlanmaktadır.
- Rowe radyal drenajlı deneylerde ML ve CL zeminlerinin %90 konsolidasyona denk gelen ortalama sönümlenme zamanları (t_{90}) birbirine yakın ve 100 sn' nin altında değerler almaktadır. Denenen üç ML numunesinin ikisi Adapazarı kriterine göre sıvılaşma potansiyeline sahipken, yedi CL numunesinden ikisinin de bu kriterleri sağlaması CL zeminlerin sönümlenme özellikleri bakımından da ML zeminlere yakın davranış ve de sıvılaşma potansiyeline sahip olduğu görüşünü desteklemektedir.
- Rowe radyal drenajlı deneylerde zemin cinsi non-plastikten yüksek plastisiteye doğru gittikçe t_{50} değerleri doğrusal şekilde artarken, t_{90} ve t_{100} değerlerindeki artışın zemin cinslerinden farklı şekilde etkilendiği ortaya çıkmıştır. Buna göre, düşük plastisiteli silt ve killer arasındaki artış oranı yüksek plastisiteli killere oranla düşük kalmaktadır. Diğer bir deyişle, killerde plastisite arttıkça %90 ve %100 sönümlenme sürelerindeki artış düşük plastisiteli zeminlerdekinden yüksek olmaktadır.
- Hidrolik hücrede (Rowe) yapılan deneylerde numunelerin genelinde gerilme artışıyla ($\Delta\sigma$) c_{r0} ' ın artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Radyal drenaj durumunda bulunan yatay konsolidasyon katsayılarının, ödometrede konsolidasyon deney sonuçları ile karşılaştırıldığında düşey konsolidasyon katsayısının onbir katına kadar daha büyük değerlere sahip olduğu görülmüştür.
- Laboratuvar sönümlenme zamanlarının arazideki değerlerinden 300 kat fazla olabildiğinin yanı sıra, onda bir kadar düşük değerler aldığı da kaydedilmiştir.

- Rowe radyal drenajlı deneylerde t_{50} ve t_{90} sönümlenme zamanları arasındaki ilişkinin çok dağınık olduğu görülmüştür. En uyumlu ilişkinin t_{100} sönümlenme zamanları arasında belirlediği göze çarpmıştır.
- Bu proje kapsamında yapılan arazi sönümlenme deneyleri birbirlerinden şekil olarak farklılıklar göstermiştir. Proje kapsamında yürütülen sönümlenme deneylerinde 6 farklı türde sönümlenme eğrisi tespit edilmiştir .
- Arazide karşılaşılan sönümlenme eğri tiplerindeki farklılıkların zemin cinsine, kıvam limitlerine, aşırı konsolidasyon oranına (OCR), sönümlenme gerçekleştirilen tabakanın kalınlığı ile bunun alt ve/veya üstünde bulunan tabakaların geçirimsizliğine bağlı olduğu izlenimi edinilmiştir.
- Laboratuvar eğrilerinden Tip-III ve Tip-IV, arazi eğrilerinden en çok gözlenen Tip-1' e uymaktadır.
- Laboratuvarda sönümlenmenin başlangıçtan itibaren doğrusal olarak devam ettiği Tip-I ve Tip-II eğrileri arazi deneylerinde belirmemiştir. Bunun yanında Tip-1' in dışındaki arazi sönümlenme eğrilerine benzer laboratuvar eğrilerine rastlanmamıştır. Bunun nedeninin iki deney tipi (Rowe hücresi ve CPTU aleti) arasındaki ölçüm prensibi farkından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Arazi CPTU sönümlenme eğrilerinin teorik olarak modellenmesine çalışılmıştır. Bu modelde boşluk suyu basınçlarının artışı izotropik ve deviatörük gerilmelerin etkisinde drenajsız kayma direnci c_u , kayma modülü G ve Skempton A_f parametresi ile tanımlanmaktadır. A_f parametresinin boşluk suyu basınçlarının sönümlenme karakteristiğinde önemli etkisi bulunmaktadır.
- Teorik çözüm Comsol Multiphysics yazılımı ile yapılmıştır. Değişen G , c_u ve A_f değerleri için çözümler yapıldığında arazi sönümlenme eğrilerinden Tip-1' in (Lab, Tip-III) $G/c_u=2$, $A_f=0.39$ için, Tip-4 eğrisinin ise $G/c_u=25$, $A_f=-0.6$ için yakalandığı görülmüştür.
- Tip-1 nolu sönümlenme eğrisinin iki filtre için de egemen olduğu görülmüştür.
- u_1 filtresi ile sönümlenme deneyi gerçekleştirildiğinde yüksek plastisiteli killer (CH) ile orta plastisiteli siltler (MI)' de büyük bir olasılıkla Tip-5 eğri tipini verecektir. ML siltler u_1 okumalarında büyük olasılıkla Tip-1 eğri tipini verecek ve daha düşük olasılıklarda ise Tip-6 eğri tipi hariç diğer eğri tiplerini verebilecektir. u_1 filtresi ile Tip-6 sönümlenme eğrisi tipine rastlanması olası değildir, yaygın olarak sırasıyla Tip-1, Tip-3 ve Tip-5 sönümlenme eğrisi tipleri ile karşılaşılır.
- u_2 filtresi ile sönümlenme deneyi gerçekleştirildiğinde düşük plastisiteli siltler (ML), siltli kumlar (SM), orta ve düşük plastisiteli killer (CI ve CL) büyük olasılıkla Tip-1 eğri tipini, yüksek plastisiteli killer (CH) Tip-3 sönümlenme eğrisini verecektir. Herhangi bir sınıftaki zeminde u_2 filtresi ile sönümlenme yapıldığında Tip-5 ve Tip-6 eğrisine rastlanması çok düşük bir olasılıktır. u_2 filtresi ile yapılan sönümlenme deneylerinde yaygın olarak sırasıyla Tip-1, Tip-3 ve Tip-4 sönümlenme eğrisi tipleri ile karşılaşılır.
- Adapazarı kriterine göre sıvılaştıran ve sıvılaştırmayan ML zeminler için her iki filtreye göre veritabanında sorgulamalar yapılmıştır. ML zeminler için u_1 ve u_2 filtreleri ile gerçekleştirilen sönümlenme eğri tipleri sıvılaştırmanın var veya yok

durumları için irdelenmiştir. u_1 filtresi için ML siltlerde egemen sönümlenme eğri tipi Tip-1 olarak görülmekte ve bu durumda sıvılaşma olasılığının u_1 filtresinde Tip-1 ile karşılaştırılması durumunda çok yüksek olduğunu söylemek yanlış olmamaktadır. Buna karşın u_1 filtresinde Tip-4 ve Tip-5 eğrilerinin görüldüğü kesitlerde sıvılaşmanın olmayacağını söylemek mümkün görülmektedir.

- ML zeminlerde u_2 filtresi ile yapılan ölçümlerde u_1 ölçümlerine benzer şekilde yine Tip-1 eğrisinin sıvılaşabilir siltlerde egemen olduğu görülmektedir. Tip-3 ve Tip-4 sönümlenme eğrileri ile sıvılaşmaz siltlerde karşılaştırılması dikkat çekmiştir.
- ML sınıfı zeminlerde u_2 sönümlenmeleri göz önüne alındığında, t_{50} okumasının sıvılaşan siltlerde 55 s, sıvılaşmaz siltlerde 327 s olduğu; t_{90} okumasının sıvılaşan siltlerde 125 s, sıvılaşmaz siltlerde 713 s ve t_{100} okumasının sıvılaşabilir siltlerde 315 s, sıvılaşmaz siltlerde ise 1285 s olduğu görülmüştür. Buna göre, sönümlenmenin %90' ının tamamlanması için gerekli sürenin sıvılaşabilir ve sıvılaşmaz siltler için bir gösterge olduğu anlaşılmıştır.
- Sıvılaşan ve sıvılaşmayan ML siltlerin «n» ve «m» eğimleri incelendiğinde; sıvılaşan ML siltlerde n değeri 1.295 iken sıvılaşmaz siltlerde bu eğim 1.142 seviyelerine düşmüştür. Bununla birlikte sıvılaşan ML siltlerde m eğimi 0.177 iken sıvılaşmaz ML siltlerde bu değer 0.043' e düşmüştür. Buradan sıvılaşabilir siltlerin «n» ve «m» eğimlerinin daha yüksek olduğu, sıvılaşmaz siltlerde bu değerlerin belirgin düşüşler gösterdiği görülmüştür.
- Dane boyutu küçüldüğünde ve plastisite arttığında istenen sönümlenme yüzdesine ulaşmak için gerekli olan zamanın arttığı görülmüştür. Bununla birlikte, kumlar (S) ve düşük plastisiteli siltler (ML) ile, orta plastisiteli siltler (MI) ve tüm killerin (CL, CI ve CH) eğilimlerinin iki farklı gurubun davranışını yansıttığı tesbit edilmiştir.
- Tip-1 için sönümlenme eğrisinin başlangıç noktası ile eğrinin U_{90} ' a karşılık gelen zamanı arasında çizilen doğrunun eğimini veren ortalama «m» değerlerine bakıldığında sıvılaşma göstermeyen düşük plastisiteli siltlerin killerden ve plastik özellik gösteren siltlerden (MI) de düşük eğimler verdiği saptanmıştır.
- Sıvılaşabilir ve sıvılaşmaz ML siltlerde sırasıyla U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanlar % kil içeriğine göre incelendiğinde tüm grafiklerden kil oranının arttıkça sönümlenme sürelerinin arttığı görülmüştür. Bununla beraber, U_{50} ve U_{100} için sıvılaşan ve sıvılaşmayan zeminleri zaman yönünden birbirinden ayırmak pek mümkün olmamaktadır. U_{90} grafiğinde sıvılaşan ve sıvılaşmayan ML siltler yaklaşık 300 sn civarında birbirlerinden kesin olarak ayrılmaktadır. Buna göre, sıvılaşabilir ince daneli bir zeminin U_{90} sönümlenme yüzdesine 300 sn' den önce erişiyor ise sıvılaşmanın "mümkün ve olası" olduğundan bahsedilebilir.
- Kil, silt ve %50' ye kadar da kum ihtiva eden bir zemin karışımının silt olarak simgelenebileceği literatürde ifade edilmiştir. Bu sebeple kil yüzdesinin (C) silt yüzdesi (M) ile oranlanmasının yanı sıra kumun da hesaba katılması için "n"

ile gösterilen “kum etki faktörü” tanımlanmıştır. Bu ifadeye göre %kil’ e göre çizilmiş grafiklere benzer grafikler elde edilmesine karşın noktaların düşeyde birbirlerine daha da yaklaşımları dikkate değerdir.

- ML siltlerde ortalama dane boyutu D_{50} ’ ye karşılık U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanları incelendiğinde dane boyutu küçüldükçe sönümlenme zamanının arttığı söylenebilir.
- İnce daneli zeminlerin sınıvlaşma kriterlerinin belirlenmesinde tam bir fikir birliğinin sağlanamadığı, sınıvlaşan ve sınıvlaşmayan zeminler için kesin bir ayırımın yapılamadığı bilinmektedir. Bu sebeple kriterlerin bazılarında belli aralıklara düşen oranlarda “test” bölgesi olarak ayırt ettikleri alanlar bulunmaktadır. Buna göre, ince daneli zeminlerin sınıvlaşması için gerekli kriterler bu proje kapsamında modifiye edilmiştir. Buna göre “sınıvlaşma var” çıkan numuneler “1”, “test” bölgesinde çıkanlar “0.5” ve sınıvlaşma belirmeyenler ise “0” değerini almaktadır. Elde edilen toplam değer 0-4 aralığında değişmektedir. 4 değeri tüm kriterleri sağlamış sınıvlaşabilir zeminleri, 0 değeri hiçbir kriteri sağlamayan sınıvlaşmaz zeminleri, 3 değeri ise kriteri sağlamasına rağmen test bölgesi içinde kalabilecek numuneleri göstermektedir. Sonuçta bu proje kapsamında $3.5 \leq \Sigma \text{Değer} \leq 4.0 \Rightarrow$ sınıvlaşma var, $2.5 \leq \Sigma \text{Değer} < 3.5 \Rightarrow$ test ve $\Sigma \text{Değer} < 2.5 \Rightarrow$ sınıvlaşma yok olarak ayırtlanmıştır.
- Yukarıda anlatılan sınıvlaşma değerlendirme kriterlerine karşılık gelen sönümlenme zamanlarının ortalama değerleri incelenmiştir. Bu inceleme yüksek güvenilirlikli (4 ve 5) sayılabilecek sönümlenme eğrileri Tip-1, 2 ve 3 için yapılmıştır.
- Tip-2 ve Tip-3 sönümlenme eğrileri başlangıçta bir yükselme eğilimi göstermekte olup, bu kısmın alanı $(1-U)_{\text{minalan}}$ olarak nitelendirilmiştir. Bu alanların sınıvlaşma göstermeyen zeminlerde maksimum düzeye çıktığı, buna karşın sınıvlaşma beliren zeminlerde ise sıfıra yöneldiği görülmüştür.
- Düşük plastisiteli siltlerin % kil oranına karşılık U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanları incelendiğinde düşük plastisiteli siltlerde kil oranı arttıkça istenen sönümlenme oranı için gerekli zamanların arttığı görülmüştür.
- Tüm sönümlenme oranlarına karşılık gelen eğilim çizgileri bir arada değerlendirildiğinde her bir sönümlenme oranı için birbirine benzer eğilim çizgileri elde edildiği ve sönümlenme oranı arttıkça eğrilerin sağa doğru ötelendiği görülmüştür. Ortalama %7 kil oranına kadar sönümlenme zamanlarında bir değişikliğin olmadığı, bu kil yüzdesinden sonra ise her bir sönümlenme oranı için bir ilişki kurulabileceği fark edilmiştir. Diğer bir deyişle, düşük plastisiteli bir silt için değişen kil oranlarının, ancak %8’ den büyük olduğu durumlarda sönümlenmeyi etkilediği söylenebilir.
- Düşük plastisiteli siltlerin $n_x(C/M)$ oranına karşılık U_{50} , U_{90} ve U_{100} sönümlenme oranlarına karşılık gelen zamanlar noktalandığında, düşük plastisiteli siltlerde oran arttıkça istenen sönümlenme oranı için gerekli zamanların da arttığı görülmüştür.

- $n_x(C/M)$ oranına karşılık tüm sönümlenme oranlarına ait çizgiler bir arada incelendiğinde, kil oranına göre yapılan değerlendirmede olduğu gibi her bir sönümlenme oranı için birbirine benzer eğilim çizgileri elde edildiği ve sönümlenme oranı arttıkça eğrilerin sağa doğru ötelendiği izlenmiştir. Ortalama 0.075 oranına kadar sönümlenme zamanlarında bir ilişkinin olmadığı, n (C/M) oranının bu değerinden sonra ise her bir sönümlenme oranı için ilişki kurulabileceği görülmektedir.
- Düşük plastisiteli bir silt için değişen $n(C/M)$ oranlarının, ancak 0.085' den büyük olduğu durumlarda sönümlenme zamanını önemlice etkilediği, 0.075' ten küçük oranlarda ise sönümlenme zamanına etki yapmadığı görülmektedir.
- Daha çok yüksek ve orta plastisiteli killerde belirgin olarak karşımıza çıkan ve Tip-3 eğrisi için belirgin olan kabarma (*dilation*) etkisinin zeminlerin fiziksel özellikleri ile karşılaştırılması bu proje kapsamında yapılmıştır. Zeminlerin likit limit ve plastik limit değerleri arttıkça yükselme alanının arttığı fark edilmiştir. Kil oranına göre yapılan değerlendirmenin kabaca fikir verebileceği ancak kum oranında hesaba katıldığı $n_x(C/M)$ oranı ile yapılan değerlendirmede daha makul sonuçların alınabileceği anlaşılmıştır.
- Orta ve yüksek plastisiteli killerde karakteristik olan Tip-3 eğrisinde yükselme miktarının zeminin plastisitesi, doğal su muhtevası ve kil-kum-silt karışım oranları ile ilişkili olduğu söylenebilir.
- Tip-3 eğrilerinde likit limit ve plastisite indisi arttıkça n eğiminin arttığı gözlemlenmiştir. Yani Tip-3 eğrilerinde yükselme tamamlanıp sönümlenme başladığında oluşan doğrusal kısmın eğimi ile zeminin plastisite özellikleri arasında bir ilişki vardır denilebilir.
- Tip-4 olarak ayırt edilen sönümlenme tiplerinde hidrostatik basıncın altına düşülmektedir. Bu düşüş bir müddet devam ettikten sonra eğri tekrar hidrostatik basınç değerine yönelmektedir. Bu durumda $(1-U)=1$ yani %100 sönümlenmeyi ifade eden yatay doğru ile eğri arasında bir alan belirlemektedir. $n_x(C/M)$ oranı ve bu oranın likit limit ile çarpılması neticesinde elde edilen sonuçlara göre sözkonusu alanın kil oranı ve likit limit arttıkça büyüdüğü söylenebilir.
- Tamamlanan araştırma programında toplanan veriler hacimce çok yüksek değerlere ulaştığından, bunların analizlerinin projenin bitiminden sonra da sürdürülmesi öngörülmüştür.

7 REFERANSLAR

ABU-FARSAKH, M., Tümay, M., Voyiadjis, G., Numerical Parametric Study of Piezocone Penetration Test in Clays, *ASCE International Journal of Geomechanics*, 3, 2, 170-181, (2003).

ANDRUS, R.D., Stokoe, K.H., Liquefaction Resistance of Soils From Shear-Wave Velocity, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 126, 11, 1015-1025, (2000).

ANSAL, A., Springman, S., Studer, J., Demirbaş, E., Önalp, A., Erdik, M., Giardini, D., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M., Akman, H., Fah, D., Christen, A., Laue, J., Buchheister, J., Çetin, Ö., Siyahi, B., Fahjan, Y., Gülkan, P., Bakır, S., Lestuzzi, P., Elmas, M., Köksal, D. ve Gökçe, O., Belediyeler İçin Sismik Mikrobölgeleme Örnek Uygulamalar, Araştırma Raporu, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, "Sismik Riskin Azaltılması İçin Mikrobölgeleme", DRM-Deza Projesi, (2004).

ASTM, Standard Test Method for Load Controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil: D 5311-92, (2004), pp: 10.

ASTM, Standart Test Method for Consolidated Undrained Direct Simple Shear Testing of Cohesive Soils: D6528-00, (2000), pp: 9.

BALIGH, M.M., Levadoux, J.N., Consolidation after Undrained Piezocone Penetration, II: Interpretation, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 112, 7, 727-745, (1986).

BOL, E., *Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri*, (Doktora Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003).

BOLTON, M.D., Gui, M.W., The Study of Relative Density and Boundary Effects for Cone Penetration Tests in Centrifuge, Report CUED/D-SOILS/TR256, Cambridge University, UK, (1993), pp: 31.

BRAY, J.D., Sancio, R.B., An Assessment of the Liquefaction Susceptibility of Fine-Grained Soils, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 132, 9, 1165-1177, (2006).

BOULANGER, R.W., Idriss, I.M., Evaluation of Cyclic Softening in Silts and Clays, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133, 6, 641-652, (2007).

BURNS, S.E., Mayne, P.W., *Penetrometers for Soil Permeability and Chemical Detection*, Geosystems Engineering Group, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, (1998a).

BURNS, S.E., Mayne, P.W., Monotonic and Dilatory Pore-Pressure Decay during Piezocone Tests in Clay, *Canadian Geotechnical Journal*, 25, 1063-1073, (1998b).

DAVIDSON, J.L., Pore Pressures Generated During Cone Penetration Testing in Heavily Overconsolidated Clays, Proceedings, 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, (1985), 5, pp: 2699.

ELSWORTH, D., Lee, D.S., Hryciw, R., Shin, S., Pore Pressure Response Following Undrained uCPT Sounding in a Dilating Soil, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 132, 11, 1485-1495, (2006).

HEAD, K.H., *Manual of Soil Laboratory Testing*, Vol: 1-2-3, Pentech Press, London, (1985), pp: 1240.

HOULSBY, G.T., Teh, C.I., *Analysis of the Piezocone in Clay, Penetration Testing*, Vol.:1, A. A. Balkema, Rotterdam, (1988), pp: 777-783.

HSU, H.H., Huang, A.B., Calibration of Cone Penetration Test in Sand, Proc. National. Sci. Counc. ROC(A), (1999), 23, 5, pp: 579-590.

JANBU, N., "Soil Compressibility as Determined by Oedometer and Triaxial Tests," Proceedings of the European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Wiesbaden, (1963), 1, pp: 19-25.

JEFFERIES, M., Been K., *Soil Liquefaction A Critical State Approach*, Taylor&Francis Group, London&New York, (2006).

JONES, G.A., Rust, E., Piezocone Settlement Prediction Parameters for Embankments on Alluvium, Proc. Intern. Symp. on Penetration Testing, CPT 95, Linköping, Sweden, (1995), 2, pp: 501-508.

KEAVENY, J.M., Mitchell, J.K., Strength of Fine-Grained Soils using the Piezocone, Proceedings, Use of In-Situ Tests in Geotechnical Engineering (In-Situ 86), ASCE, Geotechnical Special Publication No. 6, New York, pp: 668-685.

KRAMER, S.L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, New Jersey, (1996), pp: 526.

KRAMER, S.L., Elgamal, A.W., *Modeling Soil Liquefaction Hazards for Performance-Based Earthquake Engineering*, PEER Report 2001, Pacific Earthquake Engineering Research Center College of Engineering University of California, Berkeley, (2001).

KURUP, P.U., Voyiadjis, G.Z., Tümay, M.T., Calibration Chamber Studies of Piezocone Test in Cohesive Soils, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 120, 1, 81-107 (1994).

KULHAWY, F.H., Mayne, P.H., *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*, Electric Power Research Institute, (1990).

KUN LI, D., Juang, C.H., Andrus, R.D., Camp, W.M., Index Properties-Based Criteria for Liquefaction Susceptibility of Clayey Soils: A Critical Assessment, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133, 1, 110-115, (2007).

LARSSON, R., *The CPT Test: Equipment, Testing, Evaluation*, Swedish Geotechnical Institute, Linköping, (1995), pp: 80.

LEVADOUX, J.N., Baligh, M.M., Consolidation after Undrained Piezocone Penetration I: Prediction, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 112, 7, 707-726, (1986).

LEW, M., Liquefaction Evaluation Guidelines for Practicing Engineering and Geological Professionals, Proceedings of the 11th International Conference Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, (2001), 1, pp: 321-376.

MAYNE, P.W., Stress-Strain-Strength-Flow Parameters from Enhanced In-Situ Tests, Proceedings, International Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties & Case Histories [In-Situ 2001], Bali, Indonesia, (2001), pp. 27-48.

ÖNALP, A., *Geoteknik Bilgisi-I: Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği*, Birsen Yayınevi, İstanbul (2007), sf: 442.

ÖNALP, A., Bol, E., Ural, N., Siltlerin Sıvılaştırılabilirliği: Adapazarı Kriterinin Geliştirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, (2006), sf: 11-20.

PAREZ, L., Fauriel, R., Le Piézocône, Améliorations Apportées à la Reconnaissance de Sols, *Revue Française de Géotech*, 44, 13-27 (1988).

ROBERTSON, P.K., Soil Classification using the Cone Penetration Test, *Canadian Geotechnical Journal*, 27, 1, 151-158, (1990).

ROBERTSON, P.K., Woeller, D.J., Finn, W.D.L., Seismic Cone Penetration Test for Evaluating Liquefaction Potential under Cyclic Loading, *Canadian Geotechnical Journal*, 29, 686-695, (1992).

ROBERTSON, P.K., Wride, C.E., Evaluating Cyclic Liquefaction Potential using the Cone Penetration Test, *Canadian Geotechnical Journal*, 35, 3, 442-459, (1998).

ROBERTSON, P.K., Campanella, R.G., Gillespie, D., Grieg, J., Use of Piezometer Cone Data. Proceedings of American Society of Civil Engineers, ASCE, In-Situ 86 Specialty Conference, Edited by S. Clemence, Blacksburg, (1986), pp: 1263 – 1280.

ROBERTSON, P.K., Sully, J.P., Woeller, D.J., Lunne, T., Powell, J.J.M., Gillespie, D., Estimating Coefficient of Consolidation from Piezocone Tests, *Canadian Geotechnical Journal*, 29, 539-550, (1992).

ROBERTSON, P.K., Evaluating Soil Liquefaction and Post-Earthquake Deformations using the CPT, 2nd International Conference on Site Characterization ISC'2, (2004).

SANGLERAT, G., *The Penetration and Soil Exploration*, Elsevier, Amsterdam, (1972), pp: 464.

SEED, H.B., Idriss, I.M., Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, *ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97, 9, 1249-1273, (1971).

SEED, R.B., Cetin, K.O., Moss, R.E.S., Kammerer, A.M., Wu, J., Pestana, J.M., Riemer, M.F., Sancio, R.B., Bray, J.D., Kayen, R.E., Faris, A., Recent Advances in Soil Liquefaction Engineering: A Unified and Consistent Framework, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar, California, (2003).

SENNESET, K., Janbu, K., Svano, G., Strength and Deformation Parameters from Cone Penetration Tests, Proc. 2nd European Symp. on Penetration Testing, The Netherlands, (1982), 2, pp: 863-870.

SENNESET, K., Sandven, R., Lunne, T., By, T., Amundsen, T., Piezocone Tests in Silty Soils, Proceedings of the International Symposium on Penetration Testing, Balkema Pub, Rotterdam, (1988), pp: 955-966.

SOARES, M.M., Lunne, T., Lacasse, S., *In Situ Site Investigation Techniques and Interpretation for Offshore Practice*, Interpretation of Dissipation Test in Onşy Clay, Internal Report 40019-15, Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, (1987).

SULLY, J.P., Campanella, R.G., Robertson, P.K., Overconsolidation Ratio of Clays from Penetration Pore Pressures, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 114, 2, 209-216, (1988).

SULLY, J.P., Campanella, R.G., Effect of Lateral Stress on CPT Penetration Pore Pressures, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 117, 7, 1082-1088, (1991).

TEH, C.I., *An Analytical Study of the Cone Penetration Test*, D.Phil. Thesis, Oxford University, (1987).

TEH, C.I., Houlsby, G.T., An Analytical Study of the Cone Penetration Test in Clay, *Geotechnique*, 41, 1, 17-34, (1991).

TORSTENSSON, B. A., Pore Pressure Sounding Instrument, Proc., ASCE Special Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties, (1975), 2, pp: 48-54.

TORSTENSSON, B. A. The Pore Pressure Probe, Geotechnical Meeting Paper 34, Norwegian Geotechnical Society, Oslo, Norway, (1977), pp: 1-15.

TSE, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sınıflandırması: TSE1500, Ankara, (2000), sf:11.

URAL, N., *İnce Daneli Zeminlerde Kil Oranının Sıvılaşımaya Etkisi*, Doktora Tezi (kontrolde), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).

WANG, W.S., *Some Findings in Soil Liquefaction*, Research Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Beijing, China, (1979).

YOUD, T.L., Idriss, I.M., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127, 4, 297-313, (2001).

YOUD, T.L et al., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127, 10, 817-833, (2001).

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYG01	01A1	0.00-0.55	K	39	42	20	35	96		4		2.63	CI
STYG01	01B1	0.55-0.70	K	31	34	23	30	85	11	15	0.0320	2.66	CL
STYG01	01B2	0.70-0.75	K	23		NP	30	52	8	48	0.0700	2.68	ML
STYG01	01B3	0.80-1.07	K	23	30	NP	30	57	6	43	0.0680	2.69	ML
STYG01	01C1	1.07-1.20	K	25	29	NP	26	61	8	39	0.0620	2.65	ML
STYG01	01C2	1.20-1.30	K	32		21	34	95	11	5	0.0250	2.74	CL
STYG01	01C3	1.30-1.40	KY	32	34	20	34	78	8	22	0.0380	2.69	CL
STYG01	01C4	1.40-1.50	K	22	33	NP	33	59	3	41	0.0650	2.74	ML
STYG01	01D1	1.90-2.10	K	25	30	23	24	65		35		2.73	ML
STYG01	01D2	2.20-2.33	K	38	40	21	32	96	14	4	0.0150	2.75	CI
STYG01	01E1	2.70-2.90	K	40	41	19	36	100	21	0	0.0100	2.6	CI
STYG01	01E2	2.90-3.04	K	42	43	17	38	100	20	0	0.0100	2.76	CI
STYG01	01F1	3.04-3.60	K	40	44	19	36	97	23	3	0.0090	2.72	CI
STYG01	01F2	3.60-3.75	KY	36		19	34	92	19	8	0.0150	2.73	CI
STYG01	01F3	3.75-3.80	K	41		21	33	86	13	14	0.0280		CI
STYG01	01G1	3.80-4.08	Y	42	43	20	34	96	27	4	0.0080	2.6	CI
STYG01	01G2	4.08-4.30	K	25		NP	32	64	8	36	0.0500	2.65	ML
STYG01	01G3	4.30-4.45	Y	30	32	23	25	74	11	26	0.0400	2.62	ML
STYG01	01H1	4.45-4.50	K	30		17	27	81	12	19	0.0300		CL
STYG01	01H2	4.50-4.55	Y	26		20	25	82	17	18	0.0170		CL
STYG01	01H3	4.55-4.63	Y	33		17	29	88	17	12	0.0170	2.63	CL
STYG01	01H4	4.63-4.90	Y	40	39	17	33	92	14	8	0.0190	2.61	CI
STYG01	01H5	4.90-5.20	Y	24	28	22	24	70	6	30	0.0540	2.65	ML
STYG01	01J1	5.20-5.40	Y	33		17	31	83	11	16	0.0260	2.65	CL
STYG01	01J2	5.40-5.50	KY	NP		NP	28	30	4	70	0.1140	2.66	SM
STYG01	01J3	5.50-5.60	Y	33	30	21	28	90	5	10	0.0270	2.67	CL
STYG01	01J4	5.60-5.75	Y	23		19	18	60	5	40	0.0590	2.73	ML
STYG01	01K1	5.75-5.81	K	NP		NP	17	51	1	49	0.0720		ML
STYG01	01K2	5.81-5.83	Y	NP		NP	29	62	0	38	0.0620	2.65	ML
STYG01	01K3	5.83-6.08	Y	28		NP	30	65	8	35	0.0500	2.66	ML
STYG01	01K4	6.08-6.11	Y	36		21	34	98	9	2	0.0190	2.65	CI
STYG01	01K5	6.12-6.20	Y	35		22	32	98	10	2	0.0170	2.7	CI
STYG01	01K6	6.25-6.35	Y	NP		NP	21	55	1	45	0.0680		ML
STYG01	01L1	7.20-7.45	KY	34	39	25	32	96	16	4	0.0140	2.7	ML
STYG01	01L2	7.45-7.55	Y	29		23	25	77	6	23	0.0400		ML
STYG01	01L3	7.55-7.65	Y	25		NP	23	64	6	36	0.0490	2.69	ML
STYG01	01L4	7.65-7.75	K	NP	31	NP	21	50	7	50	0.0740		ML
STYG01	01L5	7.75-7.80	KY	31	35	22	29	94	13	6	0.0120		CL
STYG01	01M1	7.85-7.95	Y	36	37	18	37	90	25	10	0.0070	2.5	CI
STYG01	01M2	7.95-8.15	Y	42	44	19	41	99	23	1	0.0030	2.49	CI
STYG01	01M3	8.15-8.20	Y	26		NP	28	56	5	44	0.0620	2.66	ML
STYG01	01M4	8.20-8.43	YG	55	55	23	42	100	21	0	0.0050	2.6	CH
STYG01	01N1	8.45-8.65	Y	44	48	20	36	98	20	2	0.0060	2.73	CI
STYG01	01N2	8.65-9.05	Y	31	35	26	28	91	5	9	0.0410		ML
STYG02	02A1	1.70-2.00	K	NP	28	NP	30	66	5	34	0.0620	2.71	ML
STYG02	02AA1	0.00-1.30	K	31		21	31	92	14	8	0.0310		CL
STYG02	02AA2	1.30-1.50	K	NP	28	NP	29	65	6	35	0.0610		ML
STYG02	02AA3	1.50-1.70	K	NP	28	NP	30	65	7	35	0.0590		ML
STYG02	02AB1	2.00-2.20	K	NP	29	NP	30	50	5	30	0.0740		ML
STYG02	02AB2	2.20-2.30	K	NP	30	NP	30	73	7	27	0.0480		ML
STYG02	02AB3	2.30-2.60	K	28		20	35	86	11	14	0.0370		CL
STYG02	02AB4	2.80-2.90	K	30		23	35	88	9	12	0.0320		ML
STYG02	02AB5	2.90-3.00	K	34		16	35	98	20	2	0.0130		CL
STYG02	02AB6	3.00-3.60	K	39		20	36	97	14	3	0.0130		CI
STYG02	02AB7	3.60-3.73	K	36		19	37	99	19	1	0.0110		CI
STYG02	02B1	3.80-4.00	K	34		18	38	97	16	3	0.0140		CL
STYG02	02BC1	4.30-4.40	K	27		19	27	66	12	34	0.0400		CL

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYG02	02BC2	4.40-4.50	Y	32		19	30	92	21	8	0.0190		CL
STYG02	02BC3	4.50-4.60	Y	33		19	29	93	18	7	0.0192		CL
STYG02	02BC4	4.60-4.75	Y	NP	31	NP	27	66	6	34	0.0645		ML
STYG02	02BC5	4.75-4.80	Y	28		23	32	76	4	24	0.0484		ML
STYG02	02BC6	4.80-4.90	Y	26		19	28	79	9	21	0.0383		CL
STYG02	02BC7	5.00-5.20	Y	26		24	27	82	7	18	0.0345		ML
STYG02	02BC8	5.10-5.20	Y	30		18	29	90	20	10	0.0277		CL
STYG02	02BC9	5.20-5.30	Y	27		18	24	82	14	18	0.0348		CL
STYG02	02C1	5.45-5.70	Y	NP	28	NP	0	66	4	34	0.0569	2.73	ML
STYG02	02CD1	5.50-6.10	Y	NP	27	NP	24	59	6	41	0.0661		ML
STYG02	02D1	5.70-5.90	YG	NP	28	NP	28	53	5	47	0.0729	2.73	ML
STYG02	02DD1	6.10-6.50	Y	NP	29	NP	24	80	10	20	0.0355		ML
STYG03	03A01	0.40-0.50	K	34	38	16	29	79	24	21	0.0190		CL
STYG03	03A02	0.65-0.75	K	25	30	22	33	64	12	36	0.0490		ML
STYG03	03A03	0.80-0.90	K	22	29	NP	29	59	11	41	0.0550		ML
STYG03	03A1	0.95-1.10	K	26	30	20	28	62	9	38	0.0570		CL
STYG03	03A2	1.10-1.20	K	26	30	21	24	65	9	35	0.0510		CL
STYG03	03A3	1.20-1.30	K	26	29	23	21	65	12	35	0.0480		ML
STYG03	03B1	1.30-1.40	K	18	27	NP	17	46	7	42	0.0860		SM
STYG03	03B2	1.40-1.60	K	21	28	NP	23	40	5	60	0.0920	2.78	SM
STYG03	03B3	1.60-1.80	K	21	30	NP	29	52	6	48	0.0690	2.73	ML
STYG03	03C1	1.80-1.95	K	NP		NP	15	16	5	84	0.1800		SM
STYG03	03C2	1.95-2.20	K	NP	28	NP	20	32	5	68	0.1160		SM
STYG03	03C3	2.20-2.35	K	18	25	NP	18	50	7	50	0.0750	2.77	SM
STYG03	03D1	2.35-2.50	K	19	29	NP	21	63	8	37	0.0540		ML
STYG03	03D2	2.50-2.75	K	21	28	NP	20	54	7	46	0.0620		ML
STYG03	03D3	2.75-2.80	K	27		21	20	71	10	29	0.0410		CL
STYG03	03E1	2.80-2.85	K	NP		NP	172	65		31	0.0640		ML
STYG03	03E2	2.85-2.95	KY	38		20	36	96	25	4	0.0100		CI
STYG03	03E3	2.95-3.10	GY	44		23	40	100	23	0	0.0080		CI
STYG03	03E4	3.10-3.35	GY	49	51	22	45	99	32	1	0.0030		CI
STYG03	03EF1	3.40-3.50	Y	38	42	18	38	97	29	3	0.0060		CI
STYG03	03EF2	3.80-3.90	Y	40	42	19	41	98	24	2	0.0080		CI
STYG03	03F1	3.90-4.00	Y	36	45	22	32	97	15	3	0.0180	2.68	CI
STYG03	03F2	4.00-4.25	Y	36	39	22	26	99	17	1	0.0140		CI
STYG03	03F3	4.25-4.45	Y	42	45	21	35	99	27	1	0.0080		CI
STYG03	03FG1	4.45-4.75	Y	23	26	20	31	66	11	34	0.0440		ML
STYG03	03FG2	4.75-5.05	Y	40	43	17	33	97	29	3	0.0080		CI
STYG03	03FG3	5.05-5.25	Y	41	44	21	38	95	24	5	0.0090		CI
STYG03	03FG4	5.25-5.50	Y	28	32	18	29	72	14	28	0.0310		CL
STYG03	03G1	5.50-5.57	K	NP		NP	20	34	5	66	0.1050		SM
STYG03	03G2	5.57-5.65	K	28		16	26	64	13	36	0.0420		CL
STYG03	03G3	5.65-5.80	Y	30	33	21	29	77	13	23	0.0310	2.7	CL
STYG03	03G4	5.80-5.90	Y	30	33	24	28	69	10	31	0.0420		ML
STYG03	03G5	5.90-6.00	Y	NP	34	NP	27	44	5	56	0.0830		SM
STYG03	03H1	6.00-6.05	aY	27		24	23	82	10	18	0.0340		ML
STYG03	03H2	6.05-6.20	Y	40	43	21	35	99	22	1	0.0100	2.6	CI
STYG03	03H3	6.20-6.35	Y	31	37	24	30	96	12	4	0.0270		ML
STYG03	03H4	6.35-6.45	YK	38	40	20	40	99	30	1	0.0050		CI
STYG03	03H5	6.45-6.50	KY	33	37	26	27	93	9	7	0.0310		ML
STYG03	03HJ1	6.60-6.75	Y	31	35	26	33	94	13	6	0.0250		ML
STYG03	03HJ2	6.75-7.00	Y	37	41	19	36	95	22	5	0.0110		CI
STYG03	03HJ3	7.00-7.40	Y	35	37	20	36	86	17	14	0.0180		CL
STYG03	03J1	7.40-7.45	KY	33		19	27	89	16	11	0.0140	2.68	CL
STYG03	03J2	7.45-7.60	KY	38	41	20	35	99	20	1	0.0090		CI
STYG03	03J3	7.60-7.85	aY	39	42	25	33	99	14	1	0.0170		MI
STYG03	03J4	7.85-8.00	Y	46		22	40	100	30	0	0.0050	2.67	CI

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYG03	03JK1	8.00-8.50	Y	47	50	21	46	98	48	2	0.0020		CI
STYG03	03K1	8.50-8.62	YG	49		18	40	98	29	2	0.0040	2.74	CI
STYG03	03K2	8.62-8.90	KY	30	36	26	26	97	10	3	0.0290	2.74	ML
STYG04	04A1	1.80-2.04	K	29	34	18	28	85	15	15	0.0330		CL
STYG04	04A2	2.05-2.15	KY	31	36	21	35	94	14	6	0.0180		CL
STYG04	04A3	2.15-2.25	K	30	34	23	39	88	9	12	0.0366	2.67	ML
STYG04	04A4	2.25-2.35	K	32	36	22	40	94	9	6	0.0279	2.57	CL
STYG04	04AA1	0.00-0.50	K	38	40	17	30	93	28	7	0.0100		CI
STYG04	04AA2	0.60-1.15	K	34	38	19	43	90	18	10	0.0180		CL
STYG04	04AA3	1.15-1.30	K	30	32	25	38	82	9	18	0.0350		ML
STYG04	04AA4	1.30-1.60	K	28	33	25	41	84	8	16	0.0310		ML
STYG04	04AA5	1.60-1.80	K	30	31	25	39	81	11	19	0.0340		ML
STYG04	04AB1	2.50-2.60	K	29		23	37	79	13	21	0.0340		ML
STYG04	04B1	2.60-2.77	K	28	32	20	33	85	10	15	0.0279		CL
STYG04	04B2	2.77-2.9	K	32	34	18	37	93	18	7	0.0200	2.6	CL
STYG04	04BC2	3.25-3.50	YK	28	31	22	40	86	14	14	0.0270		CL
STYG04	04BC3	3.50-3.70	YK	30	33	20	42	90	13	10	0.0250		CL
STYG04	04C1	4.20-4.25	Y	32	36	22	46	90	13	10	0.0270	2.62	CL
STYG04	04C2	4.25-4.35	Y	36	39	16	64	89	24	11	0.0106		CI
STYG04	04C3	4.35-4.50	Y	45	46	19	40	99	14	1	0.0100		CI
STYG04	04CD1	4.50-5.00	Y	32	34	23	38	92	15	8	0.0280		CL
STYG04	04D1	5.25-5.30	Y	29	33	26	30	88	13	12	0.0310	2.6	ML
STYG04	04DE1	5.30-5.80	Y	22	27	NP	32	53	9	47	0.0610		ML
STYG04	04DE2	5.80-6.00	Y	36	39	23	41	95	14	5	0.0200		CI
STYG04	04E1	6.00-6.05	K	31		24	35	85	12	15	0.0308		ML
STYG04	04E2	6.05-6.28	Y	NP	31	NP	31	32	4	68	0.1110		SM
STYG04	04E3	6.28-6.45	Y	39	42	22	40	100	17	0	0.0120	2.68	CI
STYG04	04E4	6.45-6.50	Y	30		23	29	94	9	6	0.0310		ML
STYG04	04F1	6.50-6.57	KY	33		21	51	86	15	14	0.0285		CL
STYG04	04F2	6.57-6.80	GY		30	NP	32	45	9	55	0.0839		SM
STYG04	04F3	6.80-6.90	GY	38	42	20	39	97	21	3	0.0100	2.65	CI
STYG04	04F4	6.90-7.00	G	31	35	25	31	90	9	10	0.0330	2.66	ML
STYG04	04FG1	7.00-7.60	Y	32	34	21	33	92	17	8	0.0190		CL
STYG04	04G1	7.60-7.70	KY	29	32	20	34	78	11	22	0.0310		CL
STYG04	04G2	7.70-7.80	Y	32	32	16	38	100	22	0	0.0144		CL
STYG04	04H1	7.80-7.90	K	29	31	21	27	73	12	27	0.0423		CL
STYG04	04H2	7.90-7.95	G			NP	22	42	6	58	0.0936		SM
STYG04	04H3	7.95-8.2	G	35		21	36	94	17	6	0.0150		CI
STYG05	05A1	1.80-2.00	K	NP	30	NP	26	58	4	42	0.0710		ML
STYG05	05A2	2.00-2.10	K	NP	31	NP	29	44	5	56	0.0880	2.67	SM
STYG05	05A3	2.10-2.25	K	NP	32	NP	29	42	5	58	0.0920	2.65	SM
STYG05	05A4	2.25-2.40	K	NP	32	NP	34	35	3	65	0.1070	2.69	SM
STYG05	05AA1	0.00-0.60	KK	36	38	20	26	89	25	11	0.0150		CI
STYG05	05AA2	0.60-0.85	K	38	41	20	33	94	23	6	0.0140		CI
STYG05	05AA3	0.85-1.10	KY	32	35	18	35	80	16	20	0.0220		CL
STYG05	05AA4	1.10-1.45	KY	27	31	22	37	71	12	29	0.0440		CL
STYG05	05AA5	1.45-1.80	K	NP	28	NP	35	57	8	43	0.0650		ML
STYG05	05AB1	2.50-3.00	K	24	28	21	34	66	8	34	0.0540		CL
STYG05	05AB2	3.00-3.25	K	23	27	19	32	61	5	39	0.0620		CL
STYG05	05AB3	3.25-3.50	K	23	29	21	32	64	8	36	0.0570		ML
STYG05	05AB4	3.50-3.70	KY	36	38	17	37	89	22	11	0.0160		CI
STYG05	05AB5	3.70-4.10	YK	28	30	20	30	68	10	32	0.0550	2.67	CL
STYG05	05B1	4.10-4.40	Y	32	32	NP	33	82	11	18	0.0410		ML
STYG05	05B2	4.40-4.55	Y	25	31	NP	27	61	8	39	0.0620		ML
STYG05	05B3	4.40-4.70	Y	31	33	20	33	88	16	12	0.0270		CL
STYG05	05B4	4.55-4.70	Y	31	34	22	32	86	12	14	0.0380	2.66	CL
STYG05	05BC1	4.70-5.00	Y	29	32	22	31	85	11	15	0.0400		CL

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYG05	05BC2	5.00-5.30	Y	22	30	NP	31	68	6	32	0.0650		ML
STYG05	05C1	5.30-5.50	YK	NP	27	NP	29	46	9	54	0.0850		SM
STYG05	05D1	5.50-5.65	Y	NP	28	NP	26	36	6	64	0.1080	2.73	SM
STYG05	05DE1_4	5.65-5.90	Y	NP	27	NP	26	47	8	53	0.0820	2.65	SM
STYG05	05DE10	7.70-7.90	YK	26	30	20	35	65	11	35	0.0580		CL
STYG05	05DE11	7.90-8.15	KY	44	47	18	44	95	32	5	0.0050	2.65	CI
STYG05	05DE12	8.15-8.50	KY	44	46	22	42	99	11	1	0.0080		CI
STYG05	05DE13	8.50-9.10	K	42	44	21	0	96	18	4	0.0180		CI
STYG05	05DE14	9.10-9.40	Y	24	27	19	28	61	12	39	0.0570		CL
STYG05	05DE15	9.40-9.70	Y	22	28	NP	30	56	9	44	0.0690		ML
STYG05	05DE2	5.90-6.25	KY	25	29	20	30	58	5	42	0.0610		CL
STYG05	05DE3	6.25-6.45	Y	36	39	23	37	95	16	5	0.0230		CI
STYG05	05DE4	6.45-6.70	YG	30	34	22	36	87	13	13	0.0310		CL
STYG05	05DE5	6.70-6.85	KY	30	34	19	40	84	15	16	0.0270		CL
STYG05	05DE6	6.85-7.00	KY	28	30	19	38	79	13	21	0.0280		CL
STYG05	05DE7	7.00-7.30	KY	36	38	20	43	98	10	2	0.0110		CI
STYG05	05DE8	7.30-7.50	Y	31	34	24	38	89	11	11	0.0220		ML
STYG05	05DE9	7.50-7.70	YK	36	39	20	40	96	21	4	0.0110		CI
STYG06	06A2	1.65-1.70	K	38		21	36	91	21	9	0.0160		CI
STYG06	06AA1	0.50-1.00	K	32		26	30	74		26			ML
STYG06	06AA2	1.00-1.20	K	34		21	35	92		8			CL
STYG06	06AB1	1.70-1.90	K	31		26	37	89		11			ML
STYG06	06AB2	1.90-2.10	K	24		NP	30	61		39			ML
STYG06	06B1	2.10-2.15	K	28		22	26	65	9	35	0.0420		ML
STYG06	06B2	2.15-2.40	K	NP	30	NP	25	60	6	40	0.0560	2.7	ML
STYG06	06B3	2.40-2.60	K	NP	28	NP	28	52	5	48	0.0700	2.72	ML
STYG06	06C1	2.60-2.75	K	33	33	NP	26	79	8	21	0.0530	2.73	ML
STYG06	06C2	2.75-2.80	K	35		22	30	93	18	7	0.0150	2.74	CI
STYG06	06C3	2.80-3.10	KY	34	34	21	33	81	12	19	0.0450	2.69	CL
STYG06	06CD1	3.10-3.30	Y	34		22	42	88		12			CL
STYG06	06D1	3.30-3.60	K	31	31	19	41	89	17	11	0.0130		CL
STYG06	06D2	3.60-3.80	K	52		20	41	97	33	3	0.0050	2.7	CH
STYG06	06DE1	3.80-4.20	KY	55		24	38	84		16			CH
STYG06	06E1	4.20-4.70	GY	32		21	36	87	22	13	0.0230	2.73	CL
STYG06	06EF1	4.70-4.80	GY	30		25	28	76		24			ML
STYG06	06F1	4.80-5.05	YG	NP	29	NP	34	58	15	42	0.0550	2.72	ML
STYG06	06F2	5.05-5.10	KY	29	29	NP	30	71	7	29	0.0520	2.73	ML
STYG06	06FG1	5.25-5.35	GY	32		24	35	97		3			ML
STYG06	06FG2	5.35-5.45	GY	28		NP	34	79		21			ML
STYG06	06FG3	5.45-5.55	Y	26		NP	33	70		30			ML
STYG06	06FG4	5.55-5.65	GY	31		25	36	90		10			ML
STYG06	06FG5	5.65-5.75	Y	34		22	39	97		3			CL
STYG06	06FG6	5.75-5.90	Y	38		23	38	97		3			CI
STYG06	06FG7	5.90-6.00	Y	35		25	34	85		15			ML
STYG06	06G1	6.30-6.30	YG	30	30	NP	32	73	12	27	0.0380	2.71	ML
STYG07	07A1	2.15-2.30	K	33	36	22	34	98	12	2	0.0220		CL
STYG07	07A2	2.30-2.50	K	38	40	21	39	100	15	0	0.0140	2.71	CI
STYG07	07A3	2.50-2.60	K	42	44	19	39	99	16	1	0.0250	2.74	CI
STYG07	07AA1	0.20-0.70	K	25	31	NP	24	64	5	36	0.0680		ML
STYG07	07AA2	0.70-1.10	K	30	33	23	31	84	7	16	0.0310		ML
STYG07	07AA3	1.10-1.40	K	33	36	21	31	91	17	9	0.0180		CL
STYG07	07AA4	1.40-1.80	K	31	34	25	37	88	8	12	0.0370		ML
STYG07	07AA5	1.80-2.10	K	34	33	19	38	88	10	12	0.0290		CL
STYG07	07AB1	2.90-3.20	K	41		20	43	99	24	1	0.0080		CI
STYG07	07AB2	3.20-3.80	K	47		20	45	99	32	1	0.0050		CI
STYG07	07B1	3.90-4.35	KY	74	75	27	39	100	39	0	0.0030	2.68	CH
STYG07	07BC1	4.35-4.80	K	63		20	36	99	41	1	0.0030		CH

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYG07	07C1	4.80-5.05	K	38	41	20	34	99	28	1	0.0070	2.71	CI
STYG07	07C2	5.05-5.35	K	34	37	27	36	97	8	3	0.0310	2.73	ML
STYG07	07CD1	5.35-5.45	KY	43		21	41	100	33	0	0.0050		CI
STYG07	07CD2	5.45-5.65	KY	54	57	23	40	100	45	0	0.0020		CH
STYG07	07CD3	5.65-5.80	KY	50		24	44	99	40	1	0.0030		CI
STYG07	07CD4	5.80-5.90	KY	39		22	43	99	21	1	0.0090		CI
STYG07	07CD5	5.90-6.30	KY	60		19	47	100		0			CH
STYG07	07CD6	6.30-6.45	YK	58	62	24	46	100	49	0	0.0020		CH
STYG07	07CD7	6.45-6.60	YK	42		22	44	100	27	0	0.0070		CI
STYG07	07CD8	6.60-7.00	YSK	55		22	46	100	43	0	0.0030		CH
STYG07	07CD9	7.00-72.0	YK	50		24	45	100	30	0	0.0040		CI
STYG07	07D1	7.40-7.80	kY	NP	36	NP	33	59	6	41	0.0670		ML
STYG07	07D4	8.50-8.90	Y	76		29	44	99	57	1	0.0020		CH
STYG07	07DE1	7.80-8.00	kG	28		NP	41	57		43			ML
STYG07	07DE2	8.00-8.20	kGY	63		26	48	99	36	1	0.0030		CH
STYG07	07DE3	8.20-8.50	Y	110		33	49	100	58	0	0.0020		CH
STYG07	07E1	9.00-9.25	kY	74		29	41	100	40	0	0.0040		CH
STYG07	07EF1	9.25-9.45	Y	58		22	31	97	45	3	0.0030		CH
STYG07	07EF10	11.10-11.25	Y	34	35	19	35	92		5			CL
STYG07	07EF11	11.25-11.45	Y	36		19	38	97	18	3	0.0130		CI
STYG07	07EF2	9.45-9.70	Y	34		16	27	95	27	5	0.0130		CL
STYG07	07EF3	9.70-10.10	Y	44	45	17	36	96	33	4	0.0070		CI
STYG07	07EF4	10.10-10.25	Y	44		17	34	94	31	6	0.0080		CI
STYG07	07EF5	10.25-10.40	Y	39		17	33	92	26	8	0.0100		CI
STYG07	07EF6	10.40-10.60	Y	29	32	18	32	78	16	22	0.0280		CL
STYG07	07EF7	10.60-10.80	Y	31		17	32	81		18			CL
STYG07	07EF8	10.80-10.95	Y	31		19	33	90	14	10	0.0190		CL
STYG07	07EF9	10.95-11.10	Y	29		22	35	78	9	22	0.0410		CL
STYG07	07F1	11.45-11.75	Y	26	31	22	30	81	6	19	0.0500	2.74	ML
STSR08	08A1	2.20-2.75	K	57		20	40	98	41	2	0.0030		CH
STSR08	08AA1	1.00-1.50	K	NP	33	NP	33	69	9	30	0.0550		ML
STSR08	08AA2	1.50-1.80	K	NP	29	NP	31	50	5	48	0.0735		ML
STSR08	08AA3	1.80-2.00	K	28		21	33	73	11	27	0.0420		CL
STSR08	08AA4	2.00-2.20	K	30		21	35	80	14	20	0.0350		CL
STSR08	08AB1	2.75-2.95	K	34		19	36	87	18	13	0.0270		CL
STSR08	08AB2	2.95-3.10	K	35		21	38	88	20	12	0.0180		CI
STSR08	08AB3	3.10-3.30	K	35		23	40	95	20	5	0.0160		CL
STSR08	08AB4	3.30-3.45	Y	31		26	42	92	10	8	0.0340		ML
STSR08	08B1	3.45-3.70	Y	NP		NP	37	56	5	44	0.0630		ML
STSR08	08B1-2	3.45-4.00	Y	NP		NP	39	78	6	22	0.0500		ML
STSR08	08B2	3.70-4.00	Y	NP	37	NP	39	70	6	30	0.0540	2.71	ML
STSR08	08BC1	4.00-4.20	Y	33		23	42	90	13	10	0.0280		CL
STSR08	08BC2	4.20-4.25	Y	25		18	23	37	8	56	0.2220		SC
STSR08	08BC3	4.25-4.65	Y	34		22	32	93	20	7	0.0190		CL
STSR08	08BC4	4.65-5.00	Y	35		18	37	90	21	8	0.0140		CI
STSR08	08BC5	5.00-5.20	Y	29		19	28	57	12	34	0.0520		CL
STSR08	08C1	5.20-5.30	Y	23		18	23	36	10	49	0.2705		SC
STSR08	08C2	5.30-5.40	Y	30		22	28	83	15	16	0.0306		CL
STSR08	08C3	5.40-5.50	Y	NP	34	NP	31	75	8	25	0.0490		ML
STSR08	08CD1	5.50-5.60	Y		31		31	42	5	57	0.0900		SM
STSR08	08CD2	5.60-5.80	Y	24		21	24	46	7	40	0.1103		SM
STSR08	08CD3	5.80-6.00	Y	28		23	32	82	9	16	0.0367		ML
STSR08	08D1	6.10-6.30	kY	27		16	23	49	12	39	0.0777		SC
STSR08	08D2	6.30-6.70	kY	45		16	30	86	36	14	0.0040		CI
STTE09	09A1	1.50-1.70	K	43		17	36	92	33	8	0.0060		CI
STTE09	09A2	1.80-1.90	K	25		22	28	69	7	31	0.0520		ML
STTE09	09A3	1.90-2.04	K	38		20	33	93	23	7	0.0100		CI

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STTE09	09A4	2.04-2.13	K	33		18	32	80	19	20	0.0180		CL
STTE09	09A5	2.13-2.25	K	27		21	30	70	13	30	0.0440		CL
STTE09	09AA1	0.00-0.70	K	45		20	24	98	29	2	0.0070		CI
STTE09	09AA2	0.70-0.90	K	41		19	24	99	30	1	0.0070		CI
STTE09	09AA3	0.90-1.20	K	64		18	25	98	26	2	0.0110		CH
STTE09	09AA4	1.30-1.50	K	43		18	31	98	33	2	0.0050		CI
STTE09	09B1	2.25-2.50	K	27		20	26	70	12	30	0.0470		CL
STTE09	09B2	2.50-2.72	K	NP	33	NP	29	54	5	46	0.0710		ML
STTE09	09B3	2.72-2.80	K	32		17	30	86	19	14	0.0200		CL
STTE09	09C1	2.80-2.88	K	32		20	30	86	17	14	0.0190		CL
STTE09	09C2	2.88-3.15	K	36		18	31	94	24	6	0.0160		CI
STTE09	09C3	3.15-3.30	K	33		20	29	94	14	6	0.0200		CL
STTE09	09D1	3.30-3.50	K	32		13	32	92	10	8	0.0280	2.72	CL
STTE09	09D2	3.50-3.60	K	36		24	33	96	12	1	0.0200		CI
STTE09	09D3	3.60-3.80	K	NP	34	NP	32	50	0	50	0.0740	2.71	SM
STTE09	09D4	3.80-3.85	K	38		23	36	95	10	2	0.0160		CI
STTE09	09E1	3.85-4.00	K	36		25	34	98	2	2	0.0280		MI
STTE09	09E2	4.00-4.05	K	NP		NP	27	43	0	57	0.0900		SM
STTE09	09E3	4.05-4.25	K	37		20	33	99	20	1	0.0130	2.73	CI
STTE09	09E4	4.25-4.40	K	NP	36	NP	31	75	0	25	0.0570		ML
STTE09	09F1	4.40-4.46	GK	36		19	32	93	29	7	0.0060		CI
STTE09	09F2	4.46-4.52	G	NP		NP	15	11	0	89	0.1870		SP-SM
STTE09	09F3	4.52-4.60	GK	31		24	34	96	14	4	0.0220		ML
STTE09	09F4	4.60-4.72	G	41		22	0	99	24	1	0.0060		CI
STTE09	09F5	4.72-4.75	G	32		26	27	92	12	8	0.0270		ML
STTE09	09FG1	4.75-4.90	Y	NP	31	NP	33	58	6	42	0.0680		ML
STTE09	09FG2	4.90-6.00	Y	NP	26	NP	27	18	4	82	0.1920		SM
STTE10	10AA1	4.00-4.30	K	NP		NP	28	6	0	70	0.2500		SP-SM
STTE10	10AA2	6.30-6.60	K	NP		NP	28	45	0	55	0.0880	0	SM
STTE10	10AA3	9.00-9.30	K	39		24	35	95	10	2	0.0150	0	CI
STSA11	11A1	4.25-4.40	K	NP		NP	28	9	0	91	0.1970		SP-SM
STSA11	11AA1	1.60-1.60	K	NP	33	NP	27	87	8	13	0.0240		ML
STSA11	11AA10	4.00-4.25	kk	28	32	24	38	89	15	10	0.0180		ML
STSA11	11AA2	1.60-1.90	K	38		26	35	97	17	3	0.0140		MI
STSA11	11AA3	1.90-2.10	K	33		22	32	86	17	14	0.0170		CL
STSA11	11AA4	2.40-2.60	K	29		23	34	88	14	10	0.0217		ML
STSA11	11AA5	2.80-2.90	K	31		24	34	92	14	8	0.0220		ML
STSA11	11AA6	3.00-3.10	K	35	34	25	38	94	14	6	0.0150		ML
STSA11	11AA7	3.20-3.30	K	43		17	40	97	23	3	0.0060		CI
STSA11	11AA8	3.50-3.70	K	28		22	37	89	15	11	0.0197		CL
STSA11	11AA9	3.90-4.00	kk	34		24	38	97	28	3	0.0070		CL
STSA11	11AB1	4.40-4.60	K	NP		NP	27	6	0	94	0.2070		SP-SM
STSA11	11AB2	4.60-4.80	K	NP		NP	19	32	0	68	0.1660		SM
STSA11	11AB3	5.25-5.25	K	NP		NP	27	18	4	82	0.1976		SM
STYA12	12A1	2.10-2.40	K	49		27	41	98	39	2	0.0040		CI
STYA12	12AA1	0.00-0.80	K	34		21	27	88		12			CL
STYA12	12AA2	0.80-1.40	K	43		20	32	96		4			CI
STYA12	12AA3	1.40-1.60	K	44		18	32	93		7			CI
STYA12	12AA4	1.60-1.80	K	41		19	33	93		7			CI
STYA12	12AA5	1.80-2.10	K	42		19	38	94		6			CI
STYA12	12AB1	2.40-2.60	K	39		25	38	97	39	3	0.0040	2.69	CI
STYA12	12B1	2.60-2.70	KY	NP		NP	28	59	12	41	0.0570	2.68	ML
STYA12	12B2	2.70-3.30	K	24		21	35	76	17	24	0.0330		ML
STYA12	12BC1	3.30-3.50	K	43		22	43	98		2			CI
STYA12	12C1	3.55-3.75	K	NP	30	NP	34	56	9	44	0.0670	2.64	ML
STYA12	12CD1	3.90-4.00	Y	41		26	45	98	20	2	0.0100	2.6	MI
STYA12	12CD2	4.60-4.60	Y	37		17	35	69		31			CI

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYA12	12CD3	5.00-5.00	Y	35		25	34	94	16	6	0.0260		ML
STYA12	12D1	5.10-5.40	YG	NP	34	NP	28	82	7	18	0.0520	2.68	ML
STYA12	12DE1	5.90-5.90	Y	27		23	34	93	17	7	0.0290		ML
STYA12	12DE2	6.20-6.20	KY	52		25	53	100		0			CH
STYA12	12DE3	6.40-6.40	Y	43		23	41	96	28	4	0.0070	2.67	CI
STYA12	12E1	6.40-6.59	Y	36	38	26	29	99	24	1	0.0140	2.67	MI
STYA12	12E2	6.60-6.77	K	45		27	42	100	54	0	0.0020	2.61	MI
STYA12	12E3	6.77-6.80	KY	NP		NP	23	69	12	31	0.0420	2.61	ML
STKO13	13A1	1.80-2.20	K	NP	32	NP	37	87	10	13	0.0200	2.71	ML
STKO13	13AA1	0.00-0.70	K	40		19	29	96		4			CI
STKO13	13AA2	0.70-1.30	K	39		20	35	97		3			CI
STKO13	13AA3	1.30-1.55	K	32		19	34	78		22			CL
STKO13	13AA4	1.55-1.65	K	29	29	NP	32	39		61		2.72	SM
STKO13	13AA5	1.65-1.70	K	39		20	33	95	27	5	0.0100	2.72	CI
STKO13	13AB1	2.20-2.30	K	41		20	41	95		5			CI
STKO13	13B1	2.30-2.37	K	29		22	30	71	20	29	0.0210	2.67	CL
STKO13	13B2	2.37-2.80	K	50		21	42	98	34	3	0.0040	2.76	CI
STKO13	13C2	3.25-3.30	KY	67		24	49			0			CH
STKO13	13D1	3.30-3.75	K	NP		NP	35	97	9	3	0.0256		ML
STKO13	13E1	3.80-3.95	K	29	29	19	28	74	14	26	0.0210	2.75	CL
STKO13	13E2	3.95-4.15	K	NP		NP	18	14	5	86	0.3270	2.7	SM
STYH14	14A1	2.50-3.00	Y	35		28	34	88		12			MI
STYH14	14AA1	1.50-1.95	kG	26		NP	28	64	7	36			ML
STYH14	14AB1	3.00-3.45	K	37		26	25	92	9	8			MI
STYH14	14AB10	16.50-16.95	Y	36		18	25	93		7			CI
STYH14	14AB2	4.50-4.95	Y	NP		NP	38	62	4	38			ML
STYH14	14AB3	6.00-6.45	Y	32		26	29	81	9	19			ML
STYH14	14AB4	7.50-7.95	Y	51		20	36	95		5			CH
STYH14	14AB5	9.00-9.45	Y	50		20	33	98		2			CH
STYH14	14AB6	10.50-10.95	Y	48		24	29	73		27			CI
STYH14	14AB7	12.00-12.45	Y	57		28	32	93		7			CH
STYH14	14AB8	13.50-13.95	Y	48		16	32	77		23			CI
STYH14	14AB9	15.00-15.45	Y	32		16	25	63		37			CL
STOR15	15A1	2.50-2.70	K	46		21	43	97	37	3	0.0040		CI
STOR15	15A2	2.70-2.80	Y	38		22	35	98	26	2	0.0090		CI
STOR15	15A3	2.80-3.00	Y	32		21	32	91	16	7	0.0270		CL
STOR15	15AA1	1.50-1.95	kk	37		19	37	59	10	41	0.0520	2.77	CI
STOR15	15B1	3.50-4.00	YK	67		24	42	100	46	0	0.0020		CH
STOR15	15C1	4.50-5.00	K	36	36	25	34	89	14	10	0.0240	2.66	MI
STOR15	15D1	5.40-5.70	K	35		24	38	99	14	1	0.0220	2.72	CL
STOR15	15DE1	6.25-6.70	K	NP	27	NP	24	16	8	80	0.2800	2.69	SM
STOR15	15DE2	10.00-10.50	G	17		12	14	44	12	55	0.1330	2.73	SC
STOR15	15DE3	11.10-11.30	G	NP	36	NP	34	88	17	12	0.0230	2.73	ML
STOR15	15DE4	11.30-11.60	G	NP	33	NP	27	83	12	16	0.0460	2.73	ML
STKO16	16AA1	1.80-2.25	G	NP	24	NP	24	12	0	84	0.3000		SP-SM
STKO16	16AA2	4.00-4.50	G	NP		NP	29	2	0	95	0.4290		SP
STKO16	16AA3	4.50-4.95	G	NP		NP	15	3	0	70	1.1580		SP
STKO16	16AA4	5.00-6.00	G	NP		NP	25	6	0	92	0.5930		SP-SM
STKO16	16AA5	6.00-6.45	G	NP		NP	13	4	0	51	1.7370		SP
STTK17	17A1	2.70-2.80	K	34		NP	35	90	12	10	0.0330	2.68	ML
STTK17	17A2	2.80-2.95	K		39	23	36	98	44	2	0.0030		CI (Koni)
STTK17	17A3	2.95-3.00	K	NP		NP	26	53	6	47	0.0710		ML
STTK17	17AA1	1.50-2.00	K	40		22	40	98	20	2	0.0129		CI
STTK17	17AA2	2.00-2.30	K		36	25	40	94	11	6	0.0275		ML (Koni)
STTK17	17AA3	2.30-2.50	K		33	24	34	84	10	16	0.0416		ML
STTK17	17B1	3.00-3.05	Y	NP		NP	15	71	2	29	0.0560		ML
STTK17	17B2	3.05-3.25	Y		36	27	23	97	15	3	0.0280	2.73	MI (Koni)

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STTK17	17B3	3.25-3.50	Y	61		23	43	99	54	1	0.0010		CH
STTK17	17BC1	3.75-4.05	K	44		22	43	99	21	1	0.0104		CI
STTK17	17BC2	4.05-4.20	K	34		24	41	98	19	2	0.0217		ML
STTK17	17BC3	4.20-4.40	K	44		22	43	99	32	1	0.0065		CI
STTK17	17BC4	4.40-4.55	K	37		21	41	98	21	2	0.0148		CI
STTK17	17BC5	4.55-4.75	Y	38		22	41	99	29	1	0.0097		CI
STTK17	17C1	4.75-5.00	Y	27		NP	30	87	8	13	0.0380		ML
STTK17	17C2	5.00-5.25	Y	33		27	34	95	15	5	0.0190		ML
STTK17	17CD1	5.25-5.40	Y	36		24	41	98	16	2	0.0120		CI
STTK17	17CD2	5.40-5.55	Y		38	26	40	98	17	1	0.0139		MI (Koni)
STTK17	17CD3	5.55-5.70	Y	37		24	40	98	21	2	0.0112		CI
STTK17	17CD4	5.70-5.85	Y	38		24	38	75	22	25	0.0134		CI
STTK17	17CD5	5.85-6.00	Y		25	18	24	44	6	56	0.0919		SC
STTK17	17CD6-1	6.20-6.40	Y		24	18	29	50	16	49	0.0749		SC
STTK17	17CD6-2	6.20-6.40	Y	19		NP	34	73	17	27	0.0192		ML
STTK17	17CD7-0	6.50-6.70	Y		26	19	24	49	9	51	0.0754		SM
STTK17	17CD7-1	6.40-7.60	Y	35		23	38	98	19	2	0.0089		CL
STTK17	17CD7-2	6.40-7.60	Y	39		21	37	90		10			CI
STTK17	17CD7-3	6.40-7.60	Y	23	23	18	22	43	11	57	0.0950		SC
STTK17	17CD8	7.60-7.70	Y	29		21	26	76	13	24	0.0392		CL
STTK17	17CD9	7.70-7.80	Y	23		22	28	76	11	24	0.0317		ML
STTK17	17D1	7.80-7.90	GY	27		23	31	67	11	33	0.0420		ML
STTK17	17D2	7.90-8.00	GY		36	26	34	76	9	24	0.0450		MI (Koni)
STTK17	17D3	8.00-8.10	GY		35	27	34	59	7	41	0.0630		MI (Koni)
STTK17	17D4	8.10-8.20	GY		40	27	39	96	14	4	0.0190		MI (Koni)
STTK17	17DE1	8.20-8.40	Y	36		26	38	98	9	2	0.0197		MI
STTK17	17DE2	8.40-8.60	Y	42		23	45	99	30	1	0.0057		CI
STTK17	17DE3	8.60-9.00	Y	68		28	49	99	70	1			CH
STTK17	17DE4-1	9.00-10.25	Y	44		19	39	98	17	2	0.0148		CI
STTK17	17DE4-2	9.00-10.25	Y	44		19	35	95	24	5	0.0080		CI
STTK17	17DE4-3	9.00-10.25	Y	55		21	36	97	40	3	0.0031		CH
STTK17	17DE5	10.25-10.45	Y	44		19	32	96	24	4	0.0074		CI
STTK17	17DE6	10.45-10.75	Y	46		19	29	94	40	6	0.0047		CI
STSR18	18AA1	0.00-1.00	kk	45		19	26	89	36	11	0.0060		CI
STSR18	18AA2	1.00-1.50	K	42		19	29	92	27	8	0.0150	2.76	CI
STSR18	18AA3	1.50-2.00	K	36		16	20	35	10	31	0.3200		GC
STSR18	18AB1	2.25-3.00	kk	54		19	26	93	36	7	0.0050		CH
STSR18	18BC1	3.50-3.75	K	38		19	27	77	21	23	0.0260	2.73	CI
STSR18	18BC2	3.75-4.00	K	35		18	28	89	22	10	0.0240		CI
STSR18	18BC3	4.00-4.25	K	37		17	27	91	28	9	0.0110		CI
STSR18	18C1A	4.25-4.50	K	35		18	30	85	19	15	0.0250	2.74	ML
STSR18	18C1B	4.25-4.50	K	36		17	31	90	25	10	0.0220	2.74	CI
STSR18	18CD1	5.50-5.90	K	67		24	36	96	55	4			CH
STSR18	18CD2	5.90-6.10	K	73		24	39	93	56	7			CH
STSR18	18D1A	6.10-6.40	aK	46		19	33	83	43	16	0.0030	2.69	CI
STSR18	18D1B	6.10-6.40	aK	50		17	36	77	28	18	0.0060	2.69	CI
STSR18	18DE1	6.40-6.90	K	43		17	33	67	24	25	0.0140		CI
STYA19	19A1	2.90-3.00	K	25		21	35	84	16	16	0.0270	2.69	ML
STYA19	19A2	3.00-3.20	K	34		21	36	99	18	1	0.0150	2.69	CL
STYA19	19A3	3.20-3.30	Y	37		20	34	99	20	1	0.0120	2.71	CI
STYA19	19AA1	2.50-2.50	K	45		21	33	91	24	9	0.0140		CI
STYA19	19AA2	2.90-2.90	K	36		20	35	85		15			CI
STYA19	19AB1	3.30-3.40	Y	30		23	29	97	13	3	0.0290	2.69	ML
STYA19	19AB2	3.70-3.70	Y	48		23	45	100	21	0	0.0090		CI
STYA19	19AB3	4.00-4.00	KY	42		20	43	94		6			CI
STYA19	19AB4	4.50-4.50	Y	36		17	44	88		12			CI
STYA19	19AB5	4.80-4.80	KY	33		18	42	84		16			CL

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYA19	19B1	4.80-4.95	KY	36		20	35	96	21	4	0.0140	2.67	CI
STYA19	19B2	4.95-5.15	KY	34		23	30	96	15	4	0.0230	2.68	CL
STYA19	19BC1	5.30-5.30	Y	33		21	37	85	13	15	0.0350		CL
STYA19	19BC2	5.50-5.50	KY	29		20	40	92	19	8	0.0230		CL
STYA19	19C1	5.60-5.65	KY	NP		NP	29	55	6	45	0.0700	2.69	ML
STYA19	19C2	5.65-5.70	KY	NP		NP	29	56	9	44	0.0660	2.7	ML
STTZ20	20A1	4.00-4.50	KY	59		24	40	100		0			CH
STTZ20	20AA1	1.50-1.95	K	38		25	41	97		3			CI
STTZ20	20AA2	3.00-3.45	Y	68		25	63	98		2			CH
STTZ20	20AB1	4.50-4.95	KY	37		18	34	81	29	19	0.0080		CI
STTZ20	20AB2	6.00-6.20	Y	NP		NP	32	55	13	44	0.0630		ML
STTZ20	20AB3	6.20-6.45	Y	36		18	42	97		3			CI
STTZ20	20AB4	7.50-7.95	Y	46		28	45	96	33	4	0.0060		MI
STTZ20	20B1	8.00-8.50	Y	55		25	52	91	39	9	0.0040	2.61	CH
STTZ20	20BC1	9.00-9.45	Y	57		22	43	99		1			CH
STTZ20	20BC2	10.50-10.95	Y	59		23	32	95		5			CH
STTZ20	20BC3	12.00-12.45	G	NP		NP	25	18	0	81	0.2600		SM
STTZ20	20BC4	13.50-13.95	G	NP		NP	21	14	0	82	0.2900		SM
STTZ21	21A1	2.50-3.00	KY	79		29	45	100		0			CH
STTZ21	21AA1	1.50-1.95	KY	50		23	43	100		0			CI
STTZ21	21AB1	3.00-3.45	YK	50		24	43	100		0			CI
STTZ21	21AB2	4.50-4.95	Y	71		24	43	100		0			CH
STTZ21	21AB3	6.00-6.45	Y	51		20	33	93		7			CH
STTZ21	21AB4	7.50-7.95	Y	45		22	40	93		7			CI
STTZ21	21AB5	9.00-9.45	Y	32		29	34	94		6			ML
STTZ21	21AB6	10.50-10.95	Y	49		22	43	99		1			CI
STTZ21	21AB7	12.00-12.45	Y	66		23	33	97		3			CH
STTZ21	21AB8	13.50-13.95	G	NP		NP	23	16	0	83	0.2700		SM
STTZ21	21AB9	15.00-15.45	G	NP		NP	24	16	0	84	0.3000		SM
STOZ22	22A1	2.50-2.80	aK	48		21	50	100	17	0	0.0100		CI
STOZ22	22A2	2.80-3.05	aK	56		23	42	100	21	0	0.0088		CH
STOZ22	22AA1	1.50-1.70	K	31		22	19	93	13	7	0.0180		CL
STOZ22	22AA2	1.70-2.00	aKS	33		20	21	95	19	5	0.0111		CL
STOZ22	22AA3	2.00-2.20	aK	49		26	36	98	37	2	0.0040		CI
STOZ22	22AA4	2.20-2.40	K	43		21	37	99	16	1	0.0110		CI
STOZ22	22AA5	2.40-2.50	K	35		24	39	99		1			CI
STOZ22	22AB1	3.05-3.15	aK	46		25	42	95	26	5	0.0080		CI
STOZ22	22AB2	3.20-3.40	K	40		21	39	96		4			CI
STOZ22	22AB3	3.40-3.60	aK	31		26	39	96	20	4	0.0180		ML
STOZ22	22AB4	3.60-3.80	K	32		NP	41	90	8	10	0.0370		ML
STOZ22	22B1	3.80-3.90	K	36		27	33	97	8	3	0.0210		MI
STOZ22	22B2	3.90-3.95	K	NP		NP	10	73	8	27	0.0380		ML
STOZ22	22B3	4.00-4.10	K	NP	32	NP	33	53	4	47	0.0700		ML
STOZ22	22B4	4.10-4.20	K	34	34	NP	35	83	5	17	0.0400		ML
STOZ22	22B5	4.20-4.25	K	33	33	NP	29	67	3	33	0.0050		ML
STOZ22	22C1	4.90-5.00	SKY	NP		NP	26	56	0	44	0.0660		ML
STOZ22	22C2	5.00-5.20	K	36		24	35	99	6	1	0.0250		CI
STOZ22	22C3	5.20-5.30	Y	32		22	27	85	3	15	0.0290		CL
STOZ22	22C4	5.30-5.40	Y	31		22	28	76	8	24	0.0320		CL
STOZ22	22D1	5.50-5.60	Y	36		24	32	95	12	5	0.0160		MI
STOZ22	22D2	5.60-5.75	Y	39		25	30	96	7	4	0.0300		MI
STOZ22	22D3	5.75-5.85	Y	36		26	30	98	11	2	0.0140		MI
STHO23	23A1	1.70-2.20	aK	41		25	42	100	18	0	0.0100		CI
STHO23	23AA1	1.50-1.70	K	36		25	38	99	13	1	0.0160		MI
STHO23	23AA2	1.50-1.95	SK	40		26	40	99		1			MI
STHO23	23B1	2.50-3.00	aK	76		35	49	99	63	1	0.0010		CH
STHO23	23BC1	2.60-2.60	K	56		24	54	100		0			CH

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STHO23	23BC2	2.80-2.80	K	62		22	48	99		1			CH
STHO23	23CD1	3.00-3.45	K	NP	36	NP	36	94	14	6	0.0262		ML
STHO23	23CD2	3.50-3.70	K	41		22	44	98		2			CI
STHO23	23DE1	4.50-4.95	YK	34		24	39	94	15	6	0.0207		ML
STHO23	23DE2	6.00-6.45	K	60		29	49	100		0			CH
STHO23	23DE3	7.50-7.95	aK	52		26	43	100		0			CH
STHO23	23DE4	9.00-9.45	K	NP		NP	11	13	0	84	0.3000		SM
STHO23	23DE5	12.00-12.45	K	NP		NP	8	12	0	85	0.3000		SM
STHO23	23DE6	14.50-14.95	YK	58		25	39	98		2			CH
STHO23	23DE7	17.00-17.45	YK	68		29	43	98		2			CH
STHO23	23DE8	19.50-19.95	YK	65		31	42	98		2			CH
STIS24	24A1	2.90-3.30	K	69		26	38	100	52	0	0.0019		CH
STIS24	24AA1	1.2	K	27		22	30	77	13	23	0.0376		ML
STIS24	24AA2	1.60-1.60	K	29		25	37	87	9	13	0.0370		ML
STIS24	24AA3	1.80-1.80	K	39		22	38	91	21	4	0.0090		CI
STIS24	24AA4	2.40-2.40	K	39		22	41	97	22	3	0.0080		CI
STIS24	24AA5	2.70-2.70	K	59		24	45	99		1			CH
STIS24	24AB1	3.70-3.70	K	42		18	41	95	22	5	0.0110		CI
STIS24	24AB2	4.3	KY	28		23	39	86	12	14	0.0306		ML
STIS24	24AB3	4.40-4.40	KY	NP	33	NP	34	98	37	2	0.0040		ML
STIS24	24AB4	4.60-4.60	K	27		26	34	81	7	19	0.0480		ML
STIS24	24AB5	4.7-4.70	KY	NP	34	NP	41	72	9	28	0.0510		ML
STIS24	24B1	4.90-5.05	K	NP	34	NP	27	80	2	20	0.0493	2.69	ML
STIS24	24B2	5.05-5.20	Y	33		NP	33	97	12	3	0.0234	2.64	ML
STTH25	25A1	2.60-2.65	Y	31		23	28	82	12	18	0.0372		CL
STTH25	25A2	2.65-2.80	Y	30		23	30	85	12	15	0.0313		CL
STTH25	25AA1	1.00-1.50	K	44		20	32	91		9			CI
STTH25	25AA2	1.50-1.75	K	44		21	34	91		9	0.0098		CI
STTH25	25AA3	1.80-2.00	KG	57		22	36	99		1			CH
STTH25	25AA4	2.00-2.20	K	57		24	36	95	39	5	0.0037		CH
STTH25	25AA5	2.20-2.40	KY	53		21	31	80		8			CH
STTH25	25AA6	2.40-2.60	KG	30		20	32	82	19	18	0.0189		CL
STTH25	25AB1	2.80-2.95	YK	40		21	33	97	17	3	0.0128		CI
STTH25	25AB2	2.95-3.00	KY	35		22	31	96	13	4	0.0211		CL
STTH25	25AB3	3.00-3.50	K	36		20	32	83		17			CI
STTH25	25B1	3.50-3.70	KY	30		20	28	76		24			CL
STTH25	25B2	3.70-4.00	KY	37		19	32	87	15	0	0.0210		CI
STTH25	25BC1	4.00-4.20	K	37		20	31	87	17	13	0.0207		CI
STTH25	25BC2	4.20-4.40	K	41		23	36	96	3	4			CI
STTH25	25BC3	4.50-4.75	K	38		22	36	95	14	5	0.0176		CI
STTH25	25BC4	4.75-5.00	K	33		22	36	89		11			CL
STTH25	25CD1	5.50-5.65	Y	43		23	41	98		2			CI
STTH25	25DE1	6.10-6.30	Y	35		22	33	90	15	10	0.0224		CI
STTH25	25DE2	6.30-6.50	Y	35		21	35	92		8			CL
STHA26	26A1	2.50-3.00	GK	85		23	51	94		6			CH
STHA26	26AA1	1.50-1.95	K	50		20	48	99		1			CH
STHA26	26AB1	3.00-3.45	K	54		18	38	97		3			CH
STHA26	26B1	4.00-4.50	G	46		16	32	94		6			CI
STHA26	26BC1	4.50-4.95	GK	54		20	37	99		1			CH
STHA26	26BC2	6.70-7.25	K	NP		NP	31	59		41			ML
STHA26	26BC3	7.25-7.70	K	NP		NP	32	44					SM
STHA26	26BC4	9.25-9.70	G	NP		NP	22	8					SP-SM
STHA26	26BC5	10.00-10.45	G	NP		NP	14	6					SP-SM
STYM27	27A1	2.50-2.95	GY	33		NP	34	96		4			ML
STYM27	27AA1	1.50-1.95	K	32		NP	27	93		7			ML
STYM27	27AB1	3.00-3.45	kK	NP		NP	20	37					SM
STYM27	27AB10	14.65-15.10	KY	45		17	36	97		3			CI

ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYM27	27AB11	16.50-16.95	kG	50		14	32	96		4			CH
STYM27	27AB2	4.50-4.95	GK	NP		NP	13	7					SP-SM
STYM27	27AB3	5.50-6.00	GK	NP		NP	9	5					GP
STYM27	27AB4	6.50-6.95	KY	58		17	31	94		6			CH
STYM27	27AB5	7.50-7.95	KY	65		22	27	96		4			CH
STYM27	27AB6	9.00-9.45	KY	32		20	31	83		17			CL
STYM27	27AB7	10.45-10.90	KY	46		20	36	100		0			CI
STYM27	27AB8	12.00-12.45	Y	72		23	44	98		2			CH
STYM27	27AB9	14.00-14.45	kY	35		16	33	90		10			CI
STIS28	28A1	2.25-2.75	GK	74		32	58	99		1			CH
STIS28	28AA1	1.50-1.95	GK	40		28	37	51					MI
STIS28	28AB1	3.40-3.85	K	38		24	39	96		4			CI
STIS28	28AB2	4.50-4.95	GK	57		29	39	99		1			CH
STIS28	28AB3	6.00-6.45	GY	35		NP	33	94		6			ML
STIS28	28AB4	7.50-7.95	GY	71		32	49	100		0			CH
STIS28	28AB5	8.90-9.35	GY	28		NP	32	41					SM
STYG29	29AA1	0.45-0.55	Y	36		23	31	94	20	6	0.0220		CI
STYG29	29AA10	10.00-10.50	Y	NP		NP	28	44	19	56	0.1200		SM
STYG29	29AA11	12.05-12.20	Y	29		NP	36	79	20	21	0.0210		ML
STYG29	29AA12	12.25-12.40	GY	NP		NP	30	19	8	81	0.1500		SM
STYG29	29AA13	14.30-14.50	GY	NP		NP	23	37	12	63	0.0110		SM
STYG29	29AA2	2.54-2.63	GY						15		0.0300		ML
STYG29	29AA3	2.95-3.05	KY	28		NP	34	71	12	29	0.0550		ML
STYG29	29AA4	3.85-3.95	Y	42		23	37	95	22	5	0.0220		CI
STYG29	29AA5	5.90-6.10	GY	31		NP	33	95	15	5	0.0300		ML
STYG29	29AA6	6.70-6.85	GY	45		24	27	97	33	3	0.0060		CI
STYG29	29AA7	6.85-7.10	GY	28		NP	30	92	17	8	0.0290		ML
STYG29	29AA8	8.45-8.55	KY	35		23	37	98	20	2	0.0095		CI
STYG29	29AA9	9.45-9.55	Y	70		28	45	97	50	3	0.0020		CH
STDL30	30A1	2.42-2.60	GY	35		NP	37	99		1			ML
STDL30	30AA1	1.46-4.62	aK	NP		NP	28	58		42			ML
STDL30	30AB1	3.00-3.30	GY	64		24	42	100		0			CH
STDL30	30B1	3.85-4.15	kG	67		27	38	100		0			CH
STDL30	30BC1	4.50-4.70	kG	35		24	31	86	17	14			ML
STDL30	30BC2	4.75-5.00	kG	36		22	34	86	20	14			CI
STDL30	30BC3	5.50-5.70	kY	35		28	33	98		2			ML
STDL30	30BC4	5.85-6.08	kG	NP		NP	21	14					SM
STDL30	30BC5	7.25-7.75	G	44		25	42	100		0			CI
STDL30	30BC6	9.10-9.50	Y	NP		NP	27	44	11				SM
STOR31	31A1	2.30-2.70	KY	35		NP	37	93	19	7	0.0300		MI
STOR31	31AA1	1.40-1.60	GK	36		23	39	93		7			CI
STOR31	31AB1	3.30-3.60	KK	33		NP	37	93	19	7	0.0190		ML
STOR31	31AB2	4.30-4.70	GY	39		23	42	97		3			CI
STOR31	31AB3	5.98-6.24	GY	38		25	42	97	42	3	0.0033		MI
STOR31	31AB4	6.30-6.50	GY	NP		NP	32	41	10	59	0.0850		SM
STOR31	31AB5	7.50-7.90	GY	36		24	37	94		6			CI
STOR31	31AB6	9.06-9.30	GY	36		24	35	80		20			CI
STOR31	31AB7	10.10-10.30	Y	39		16	34	96		4			CI
STPA32	32A1	2.50-3.00	K	47		20	36	89		11			CI
STPA32	32AA1	1.50-1.95	K	32		22	30	75	11	25			CL
STPA32	32AB1	3.00-3.45	K	39		19	32	64		36			CI
STPA32	32AB2	4.10-4.36	kG	25		NP	33	92	9	8			ML
STPA32	32AB3	5.90-6.10	kG	29		NP	32	89		11			ML
STPA32	32AB4	7.36-7.72	K	27		NP	32	63	11	37			ML
STPA32	32AB5	9.00-9.45	KY	71		26	41	100		0			CH
STPA32	32B1	10.00-10.50	Y	30		20	26	94	22	6			CL
STPA32	32B2	10.60-11.00	kG	NP		NP	23	28		72			SM

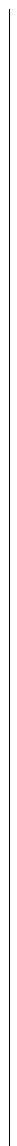
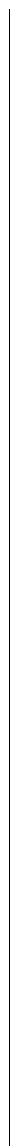
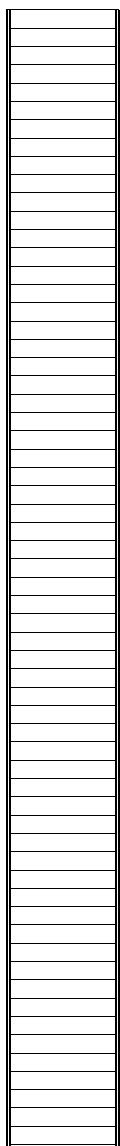
ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STYG33	33A1	3.00-3.40	K	58		33	39	99		1			CH
STYG33	33AA1	1.80-2.20	K	30		NP	30	40		60			SM
STYG33	33AB1	3.50-4.00	K	37		15	37	82		18			CL
STYG33	33AB2	5.50-5.95	KY	31		NP	29	49		51			SM
STYG33	33AB3	7.35-7.80	G	41		17	43	99		1			CL
STYG33	33AB4	9.50-10.00	KY	46		21	37	99		1			CL
STOZ34	34AA1	1.50-1.95	K	28		20	23	75		25			CL
STOZ34	34AA2	4.50-4.95	kk	33		22	32	80		20			CL
STOZ34	34AA3	7.60-9.00	kk	NP		NP	21	14					SM
STYC35	35A1	1.80-2.20	kk	NP		NP	36	44	19				SM
STYC35	35AA1	1.00-1.35	kk	50		26	39	100	52	0			CH
STYC35	35AB1	2.80-3.20	kk	39		23	37	94	30	6			CL
STYC35	35AB10	14.95-15.15	kY	29		NP	28	96	35	4			ML
STYC35	35AB2	4.50-4.90	K	NP		NP	9	11					GP-GM
STYC35	35AB3	5.50-5.90	K	NP		NP	8	16					SM
STYC35	35AB4	6.50-6.90	K	NP		NP	11	11					SW-SM
STYC35	35AB5	7.50-7.90	K	NP		NP	8	12					SW-SM
STYC35	35AB6	8.50-8.90	kk	NP		NP	13	16					SM
STYC35	35AB7	9.40-9.70	GY	77		28	44	98		2			CH
STYC35	35AB8	11.85-12.30	kY	33		NP	29	97	22	3			ML
STYC35	35AB9	13.30-13.70	kY	52		23	41	98	64	2			CH
STYM36	36A1	14.00-14.40	GY	77		29	46	98		2			CH
STYM36	36AA1	1.70-2.15	K	21		22	20	66	18	34			ML
STYM36	36AA2	3.00-3.40	K	19		NP	23	34					SM
STYM36	36AA3	4.00-4.40	K	30		NP		27					SM
STYM36	36AA4	5.00-5.40	GK	NP		NP	18	14					SM
STYM36	36AA5	6.50-6.90	GY	NP		NP	13	3					SP
STYM36	36AA6	7.60-8.00	X	NP		NP	6	6					GP-GM
STHO37	37A1	4.30-4.70	Y	59		25	40	99		1			CH
STHO37	37AA1	2.10-2.50	K	23		NP	25	67		33			ML
STHO37	37AB1	4.70-5.10	K	42		24	49	99		1			CL
STHO37	37AB2	7.00-7.40	GY	33		NP	35	86		14			ML
STHO37	37B1	8.50-8.90	Y	69		23	45	99		1			CH
STHO37	37BC1	9.00-9.40	GY	66		27	46	99		1			CH
STHO37	37C1	10.60-11.00	Y	67		25	36	98		2			CH
STHO37	37CD1	11.20-11.60	G	35		16	30	53		47			CL
STHO37	37D1	11.60-12.00	Y	57		20	32	99		1			CH
STHO37	37DE1	12.60-13.00	G	93		25	39	97		3			ML
STTE38	38A1	2.50-3.00	GY	46		26	45	100	40	0			CI
STTE38	38AA1	1.50-1.90	KY	39		26	41	98	20	2			MI
STTE38	38AB1	3.10-3.50	KY	56		24	41	100	40	0			CI
STTE38	38AB2	4.40-4.80	GY	33		NP	33	85	17	15			ML
STTE38	38AB3	6.00-6.40	GY	NP		NP	30	56	16	44			ML
STTE38	38AB4	6.40-6.70	GY	45		24	45	95	20	5			CI
STTE38	38AB5	7.30-7.70	GY	36		25	37	93	18	7			MI
STTE38	38AB6	8.60-9.00	Y	NP		NP	26	35		65			SM
STDL39	39A1	2.50-3.00	K	25		NP	34	85	14	15			ML
STDL39	39AA1	1.50-1.90	aK	24		NP	29	73	10	27			ML
STDL39	39AB1	3.00-3.40	aK	43		21	42	95		5			CI
STDL39	39AB2	4.50-4.90	K	67		33	42	99		1			MH
STDL39	39AB3	6.10-6.50	Y	35		NP	39	99	15	1			ML
STDL39	39AB4	7.50-7.90	Y	49		28	45	100	19	0			MI
STDL39	39AB5	9.00-9.40	Y	51		23	34	93		7			CH
STDL39	39B1	10.00-10.40	Y	39		19	33	91		9			CI
STDL39	39BC1	10.40-10.80	Y	32		NP	33	82	15	18			ML
STDL39	39BC2	12.00-12.40	Y	36		NP	31	85	12	15			ML
STDL39	39BC3	13.50-13.90	GY	37		24	37	97		3			CI

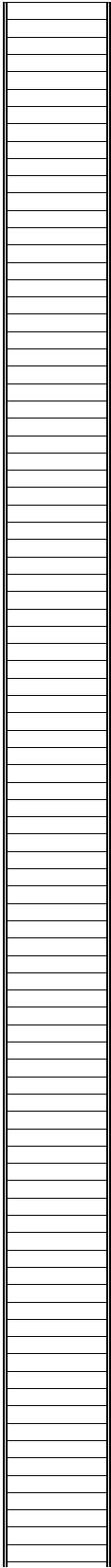
ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STDL39	39BC4	14.70-14.90	GY	40		19	28	90		10			CI
STYC40	40A1	10.00-10.40	Y	44		20	30	96		4			CI
STYC40	40AA1	1.30-1.70	Y	34		21	36	91		9			CL
STYC40	40AA2	3.00-3.40	K	NP		NP	28	79	11	21			ML
STYC40	40AA3	4.50-4.90	Y	NP		NP	24	14					SM
STYC40	40AA4	6.00-6.40	aY	NP		NP	16	18					SM
STYC40	40AA5	7.50-7.90	Y	NP		NP	12	13					SM
STYC40	40AA6	9.00-9.40	Y	39		22	35	99		1			CI
STYC40	40AB1	10.50-10.90	Y	26		NP	24	75	15	25			ML
STYC40	40AB2	11.50-11.90	Y	NP		NP	23	41					SM
STYC40	40AB3	13.00-13.40	Y	61		26	40	95		5			CH
STER41	41A1	10.40-10.80	GY	39		19	31	87		13			CL
STER41	41AA1	1.30-1.70	aK	39		NP	32	83	20	17			ML
STER41	41AA2	2.50-3.00	K	26		NP	31	73	22	27			ML
STER41	41AA3	3.00-3.40	KY	27		NP	24	81	25	19			ML
STER41	41AA4	4.50-4.90	K	27		NP	31	87	23	17			ML
STER41	41AA5	6.00-6.40	GY	28		NP	27	57		43			ML
STER41	41AA6	7.50-7.80	GY	29		NP	30	74		26			ML
STER41	41AA7	9.20-9.60	GY	NP		NP	27	41	15	59			SM
STOZ42	42A1	2.80-3.20	K	69		29	54	99		1			CH
STOZ42	42AA1	1.50-1.90	aK	24		24	39	95		5			CL
STOZ42	42AB1	3.20-3.60	aK	52		23	43	86		14			CH
STOZ42	42AB2	4.50-4.90	K	34		20	37	81		19			CL
STOZ42	42AB3	6.00-6.40	Y	46		24	44	99		1			CL
STOZ42	42AB4	7.50-7.70	GY	37		21	36	88		12			CL
STOZ42	42AB5	7.70-8.00	KY	22		NP	22	57		43			ML
STOZ42	42AB6	8.50-8.90	KY	30		NP	29	84		16			ML
STOZ42	42AB7	8.90-9.30	KY	36		27	37	91		9			ML
STOZ42	42AB8	10.50-10.90	GY	NP		NP	23	20					SM
STSM43	43A1	3.00-3.40	GK	71		31	37	99		1			CH
STSM43	43AA1	1.50-1.90	Y	33		26	34	88		12			ML
STSM43	43AB1	4.50-4.90	Y	42		23	38	91		9			CL
STSM43	43AB2	6.00-6.40	kY	47		26	40	97		3			CL
STSM43	43AB3	7.50-7.90	GY	32		NP	34	93		7			ML
STSM43	43AB4	9.00-9.40	GY	NP		NP	28	37		63			SM
STSM43	43AB5	10.10-10.50	GY	NP		NP	11	14					SM
STYC44	44AA1	1.50-1.90	K	44		23	34	97		3			CL
STYC44	44AA2	3.00-3.40	K	38		23	39	99		1			CL
STYC44	44AA3	4.50-4.90	K	NP		NP	24	18					SM
STYC44	44AA4	5.60-6.00	K	NP		NP	18	11					SP-SM
STCM45	45A1	1.90-2.20	GY	27		NP	34	88		12			ML
STCM45	45AA1	1.20-1.50	aK	61		28	35	99		1			CH
STCM45	45AB1	2.60-3.00	kY	31		NP	32	87		13			ML
STCM45	45AB2	3.50-3.70	kG	50		31	51	87		13			ML
STCM45	45AB3	3.70-3.90	kG	NP		NP	13	13					SM
STCM45	45AB4	5.20-5.70	GK	NP		NP	12	13					SM
STOZ46	46A1	8.50-8.90	G	44		29	15	99		1			ML
STOZ46	46AA1	3.00-3.40	K	47		26	44	99		1			CL
STOZ46	46AA2	6.00-6.40	Y	41		24	40	95		5			CL
STOZ46	46AB1	10.50-10.90	kY	NP		NP	20	12					SW-SM
STOZ47	47A1	2.90-3.30	K	82		27	30	99		1			CH
STOZ47	47AB1	4.30-4.60	Y	30		NP	35	72		28			ML
STOZ47	47AB2	4.60-4.80	KY	44		19	40	91		9			CL
STOZ47	47AB3	6.00-6.40	KY	43		21	28	95		5			CL
STOZ47	47AB4	8.00-8.50	GY	52		23	39	100		0			CH
STOZ47	47B1	10.50-10.90	GY	NP		NP	25	26					SM
STOZ47	47BC1	11.70-11.80	GY	NP		NP	20	8					SW-SM

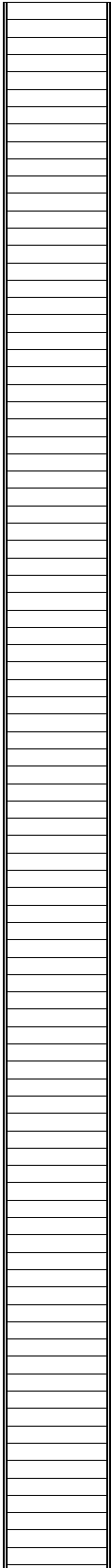
ID	Num No	Derinlik	Renk	W _L Cas	W _L Koni	W _p	W _n	% FC	% C	% S	D50	Gs	TS1500(Cas)
STOR48	48AA1	1.60-2.00	K	31		NP	34	92		8			ML
STOR48	48AA2	3.00-3.40	K	28		NP	37	82	15	18			ML
STOR48	48AA3	4.00-4.40	KY	73		27	41	100		0			CH
STOR48	48AA4	5.90-6.30	KY	28		NP	32	88	29	12			ML
STOR48	48AA5	7.10-7.50	G	29		NP	16	29					SM
STOZ49	49AA1	1.60-2.00	aK	30		22	36	74	15	26			CL
STOZ49	49AA10	8.80-9.10	kY	30		NP	33	54		46			ML
STOZ49	49AA2	2.50-2.90	K	28		NP	39	76	11	24			ML
STOZ49	49AA3	3.00-3.40	KY	54		19	46	97		3			CH
STOZ49	49AA4	4.20-4.40	KY	36		20	30	92	21	8			CI
STOZ49	49AA5	4.40-4.60	KY	29		NP	37	70	11	30			ML
STOZ49	49AA6	5.80-6.20	Y	55		23	46	92		8			CH
STOZ49	49AA7	7.40-7.60	kY	24		NP	26	57		43			ML
STOZ49	49AA8	7.60-7.80	Y	34		24	38	94	10	6			ML
STOZ49	49AA9	8.60-8.80	KY	46		23	46	98		2			CI
STOZ50	50AA1	1.90-2.30	KY	25		NP	29	52		48			ML
STOZ50	50AA2	2.70-3.10	KY	52		20	38	93		7			CH
STOZ50	50AA3	4.60-5.00	KY	50		29	42	99		1			MI
STOZ50	50AA4	7.50-7.70	Y	44		23	37	96		4			CI
STOZ50	50AA5	7.70-7.90	KY	35		21	25	73		27			CI
STOZ50	50AA6	8.70-9.10	KY	36		26	40	98		2			MI
STOZ50	50AA7	10.50-10.90	G	NP		NP	27						SM

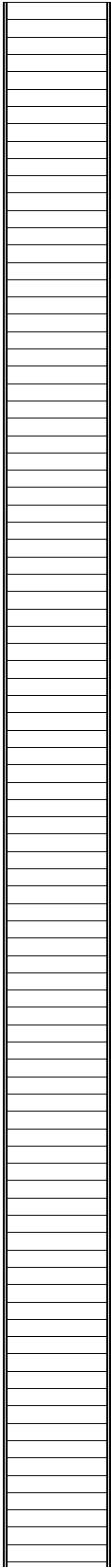
TÜBİTAK 104M387 ÖDOMETRE'DE KONSOLIDASYON DENEY SONUÇLARI

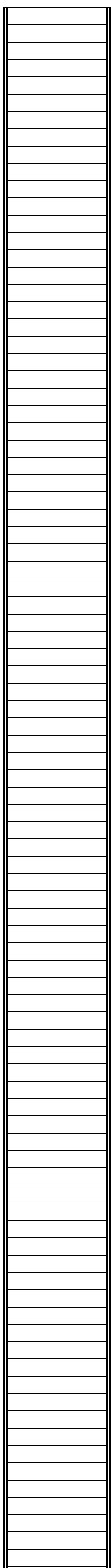
ÖRNEK NO	DERİNLİK	σ= 200 kPa				t ₉₀		t ₅₀		σ= 400 kPa				t ₉₀		t ₅₀		e ₀	c _c	c _r	σ _c kPa	%İnce	%Silt	%Kil	% K
		t ₅₀	t ₉₀	a _v	m _v	c _v	k	c _v	k	t ₅₀	t ₉₀	a _v	m _v	c _v	k	c _v	k								
		m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye	m ² /gün	cm/saniye								
STHO23A-A1§	2.50-3.00	21,23	2,6	0,00060	0,00028	1,35	4,3E-06	0,02	7,6E-08	23,99	0,78	0,00055	0,00027	4,05	1,22E-05	0,02	5,75E-08	1,293	0,51	0,084	265	99	35	64	1
STHO23B-A1§	2.50-3.00	--	3,14	0,00138	0,00056	1,03	6,6E-06	--	--	--	3,31	0,00091	0,00040	0,84	3,77E-06	--	--	1,704	0,642	0,270	98	100	78	22	0
STHO23A-A1	2.50-3.00	9,25	--	0,00072	0,00036	--	--	0,02	1,0E-07	10,58	--	0,00051	0,00027	--	--	0,02	5,78E-08	1,132	0,429	0,137	135	99	35	64	1
STHO23B-A1	2.50-3.00	9,35	--	0,00132	0,00055	--	--	0,02	1,4E-07	12,27	--	0,00087	0,00039	--	--	0,01	6,22E-08	1,63	0,58	0,698	90	100	78	22	0
STIS24A1§	2.90-3.00	8,38	0,16	0,00048	0,00023	--	5,98E-05	0,06	1,65E-07	12,87	0,34	0,00039	0,00019	--	2,15E-05	0,04	8,21E-08	1,23	0,469	--	300	100	48	52	0
STIS24A1§	2.90-3.00	2,18	0,15	0,00039	0,00020	--	1,55E-05	0,11	2,49E-07	2,17	3,47	0,00028	0,00014	0,28	4,54E-07	0,11	1,69E-07	1,073	0,367	--	245	100	48	52	0
STIS24B1§	4.90-5.05	--	0,1	0,00026	0,00014	--	6,19E-05	--	--	--	0,1	0,00017	0,00009	--	3,87E-05	--	--	0,916	0,207	--	285	80	78	2	2C
STIS24B1	4.90-5.05	0,9	0,18	0,00021	0,00014	--	8,86E-06	0,26	4,1E-07	0,24	2,14	0,00013	0,00008	0,46	4,47E-07	0,95	9,2E-07	0,57	0,13	--	245	80	78	2	2C
STIS24B2§	5.05-5.20	0,57	0,16	0,00026	0,00015	--	4,02E-05	0,37	1,64E-06	0,38	0,11	0,00018	0,00010	--	3,93E-05	1,38	1,63E-06	0,789	0,21	--	260	97	85	12	3
STIS24B2	5.05-5.20	--	1,55	0,00028	0,00015	0,68	1,19E-06	--	--	--	0,84	0,00018	0,00010	1,21	1,37E-06	--	--	0,866	0,195	--	--	97	85	12	3
STKO13A1	1.80-2.20	--	2,31	0,00047	0,00025	0,40	1,2E-06	--	--	1,06	0,93	0,00026	0,00014	0,95	1,53E-06	0,19	3,13E-07	0,995	0,243	0,020	160	87	77	10	1C
STKO13B1	2.30-2.37	--	1,06	0,00025	0,00014	0,94	1,5E-06	--	--	--	0,84	0,00019	0,00010	1,14	1,34E-06	--	--	0,903	0,241	--	240	71	51	20	2E
STKO13B2	2.37-2.80	4,41	8,45	0,00108	0,00033	0,11	4,0E-07	0,05	1,8E-07	3,45	11,72	0,00078	0,00025	0,07	2,0E-07	0,05	1,6E-07	2,512	0,559	0,101	105	98	64	34	2
STKO13C2	3.25-3.30	7,37	3,54	0,00080	0,00036	0,26	1,1E-06	0,03	1,2E-07	8,56	16,97	0,00051	0,00024	0,05	1,3E-07	0,02	6,2E-08	1,400	0,328	0,092	125	--	--	--	--
STKO13D2	3.75-3.80	0,47	2,11	0,00038	0,00020	0,51	1,1E-06	0,54	1,2E-06	0,56	2,99	0,00029	0,00015	0,34	5,84E-07	0,43	7,31E-07	1,045	0,284	0,027	203	--	--	--	--
STKO13E1	3.80-3.95	--	0,83	0,00040	0,00022	1,14	2,9E-06	--	--	0,89	0,49	0,00020	0,00012	1,85	2,42E-06	0,24	3,1E-07	0,934	0,206	0,026	180	74	60	14	2E
STOR15A1	2.80-3.00	--	0,51	0,00038	0,00021	1,97	4,6E-06	--	--	--	0,47	0,00027	0,00015	2,01	3,53E-06	--	--	0,922	0,257	0,031	230	91	75	16	7
STOR15B1	3.50-4.00	13,18	3,68	0,00067	0,00032	0,26	9,4E-07	0,02	6,1E-08	17,83	22,68	0,00054	0,00027	0,04	1,14E-07	0,01	3,36E-08	1,218	0,434	0,073	170	100	54	46	0
STOR15C1	4.50-5.00	--	0,85	0,00028	0,00015	1,14	0,00002	--	--	--	0,78	0,00027	0,00015	1,17	2,01E-06	--	--	0,929	0,221	0,028	300	90	76	14	1C
STOR15D1	5.40-5.70	--	0,36	0,00051	0,00026	2,57	7,7E-06	--	--	--	0,41	0,00034	0,00018	2,10	4,21E-06	--	--	1,116	0,334	--	200	99	85	14	1
STOZ22A1	2.50-2.80	1,53	0,17	0,00090	0,00049	5,14	0,00029	0,13	7,4E-07	1,85	2,27	0,00047	0,00027	0,34	1,08E-06	0,10	3,07E-07	0,995	0,338	--	78	99	83	16	1
STSR08A1	2.20-2.75	1,10	17,65	0,00050	0,00025	0,06	1,6E-07	0,21	6,0E-07	3,06	6,19	0,00041	0,00022	0,14	3,59E-07	0,07	1,69E-07	1,044	0,382	0,0041	210	98	57	41	2
STSR08B1	3.45-3.70	--	6,31	0,00019	0,00010	0,16	1,9E-07	--	--	--	5,33	0,00012	0,00007	0,19	1,44E-07	--	--	0,903	0,260	0,023	475	56	51	5	4A
STSR08B2	3.75-3.85	--	0,47	0,00041	0,00022	2,34	5,8E-06	--	--	--	4,16	0,00016	0,00009	0,25	2,56E-07	--	--	0,984	0,156	0,012	120	70	64	6	3C
STSR08D2	6.30-6.70	--	3,28	0,00044	0,00023	0,30	8,0E-07	--	--	10,61	5,08	0,00033	0,00018	0,18	3,71E-07	0,02	4,13E-08	0,982	0,402	0,037	265	86	50	36	1A
STSR18B1	2.25-3.00	22,7	4,59	0,00031	0,00019	0,22	4,8E-07	0,01	2,2E-08	21,91	9,19	0,00021	0,00013	0,10	1,59E-07	0,01	1,55E-08	0,68	0,22	--	220	93	57	36	7
STSR18C1B	4.25-4.50	1,38	2,57	0,00051	0,00026	0,41	1,2E-06	0,18	5,4E-07	1,58	3,46	0,00031	0,00016	0,29	5,36E-07	0,15	2,73E-07	1,027	0,244	0,023	310	90	65	25	1C
STSR18D1A	6.10-6.40	--	5,02	0,00037	0,00017	0,23	4,3E-07	--	--	2,83	8,42	0,00036	0,00017	0,13	2,44E-07	0,09	1,69E-07	1,248	0,300	0,029	200	83	40	43	1E
STTE09A3**	1.90-2.04	6,24	1,98	0,00049	0,00026	1,93	5,7E-06	0,09	2,60E-07	0,17	0,25	0,00042	0,00023	13,60	3,58E-05	2,89	7,6E-06	0,944	0,383	0,061	210	93	70	23	7
STTE09B2	2.50-2.72	--	--	0,00027	0,00014	--	--	--	--	--	2,31	0,00023	0,00012	0,41	5,71E-07	--	--	0,984	0,268	0,029	300	54	49	5	4E
STTE09C3	3.15-3.30	--	0,91	0,00038	0,00021	1,06	2,5E-06	--	--	--	0,93	0,00033	0,00019	0,97	2,05E-06	--	--	0,890	0,381	0,016	230	94	80	14	6
STTE09D1	3.30-3.60	--	0,74	0,00027	0,00014	1,34	2,2E-06	--	--	0,5	0,58	0,00014	0,00008	1,66	1,48E-06	0,45	3,98E-07	0,927	0,185	0,027	--	92	82	10	8
STTE09D3	3.60-3.80	--	1,04	0,00022	0,00011	0,97	1,3E-06	--	--	--	0,64	0,00017	0,00009	0,52	1,52E-06	--	--	1,004	0,210	0,035	265	50	50	0	5C
STTE09E1	3.85-4.00	0,62	1,92	0,00050	0,00024	0,58	1,6E-06	0,88	2,4E-06	--	--	--	--	--	--	--	--	1,136	0,443	--	202	98	96	2	2
STTE09E3	4.05-4.25	2,61	1,09	0,00083	0,00017	0,94	1,9E-06	0,09	1,8E-07	3,55	2,00	0,00091	0,00020	0,47	1,05E-06	0,06	1,38E-07	0,995	0,096	0,260	99	79	20	1	
STTE09E4	4.25-4.40	--	--	0,00021	0,00012	--	--	--	--	--	1,2	0,00015	0,00008	0,81	7,69E-07	--	--	0,835	0,225	0,024	310	75	75	0	2E
STTE09F3	4.52-4.60	3,44	0,71	0,00029	0,00018	1,39	2,8E-06	0,07	1,4E-07	2,19	1,17	0,00019	0,00012	0,80	1,11E-06	0,10	1,38E-07	0,705	0,277	0,035	320	96	82	14	4
STTH25A2	2.65-2.80	--	0,08	0,00028	0,00014	13,53	0,00022	--	--	--	0,17	0,00024	0,00012	6,07	8,38E-07	--	--	1,109	0,294	--	--	85	73	12	1E
STTK17A1	2.70-2.80	--	0,62	0,00031	0,00018	1,55	3,1E-06	--	--	--	0,37	0,00018	0,00011	2,49	2,99E-06	--	--	0,87	0,188	--	220	90	78	12	1C
STTK17B2	3.05-3.25	--	0,51	0,00069	0,00016	1,88	3,3E-06	--	--	--	0,48	0,00044	0,00010	1,92	2,23E-06	--	--	0,374	--	--	200	97	82	15	3
STTK17C2	5.00-5.25	--	1,03	0,00025	0,00014	0,98	1,6E-06	--	--	--	0,66	0,00016	0,00009	1,47	1,55E-06	--	--	0,836	0,2	--	320	95	80	15	5
STTK17D2	7.90-8.00	--	0,66	0,00020	0,00012	1,53	0,00002	--	--	--	0,57	0,00030	0,00017	1,65	3,15E-06	--	--	0,798	0,172	--	200	76	67	9	2A
STTZ20A1	4.00-4.50	2,17	6,53	0,00062	0,00031	0,16	5,5E-07	0,11	3,8E-07	--	5,71	0,00050	0,00026	0,16	4,73E-07	--	--	1,172	0,403	0,058	2				

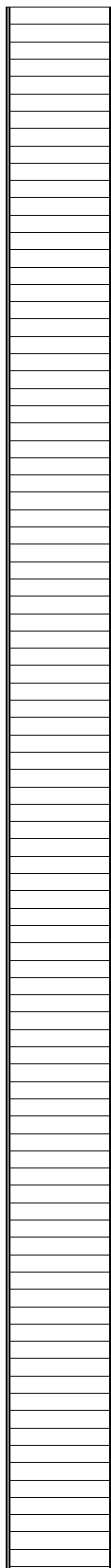


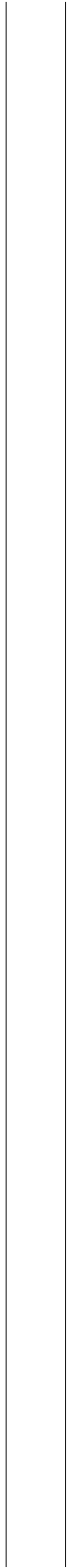
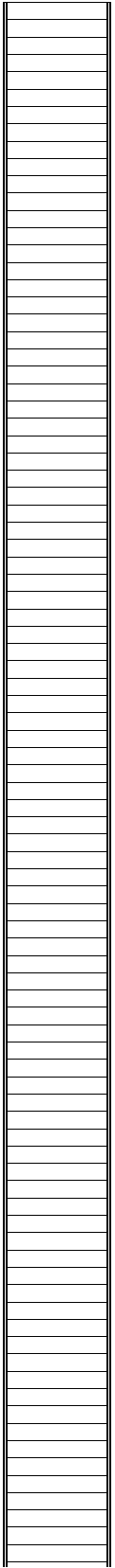


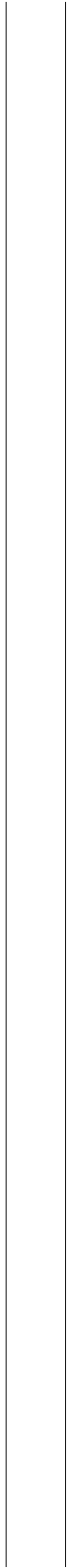
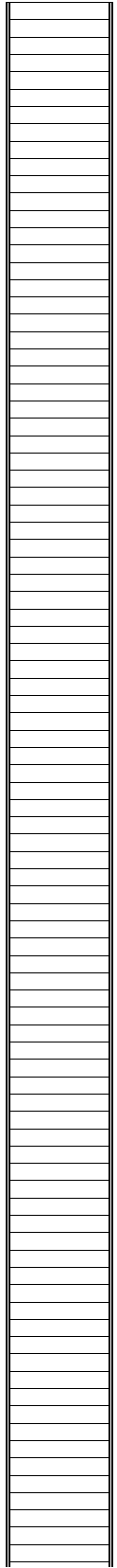


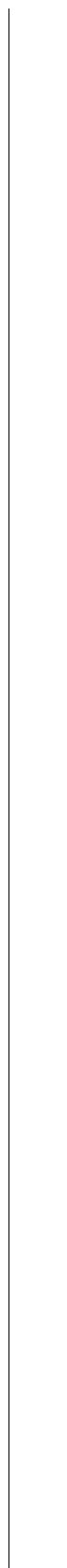
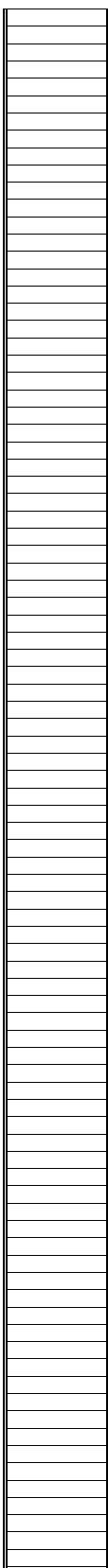


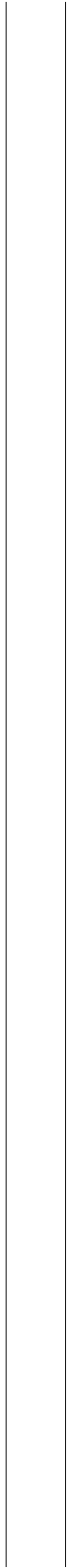
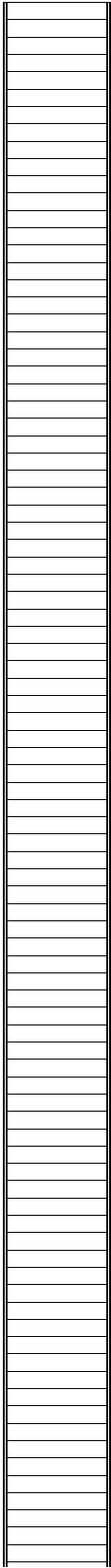


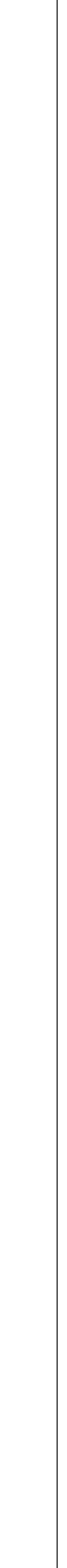
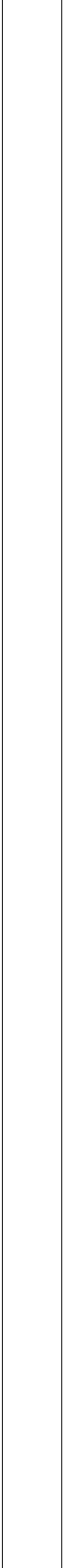
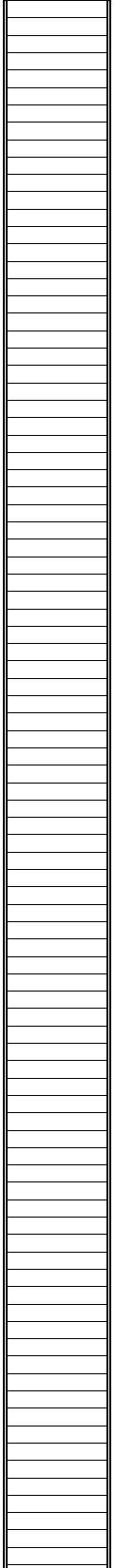


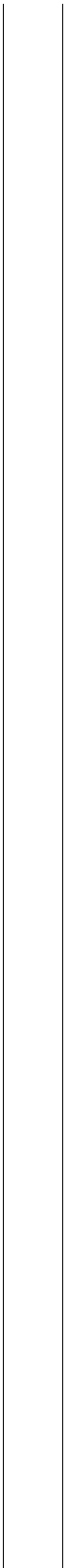
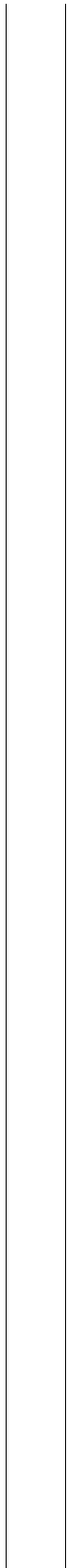
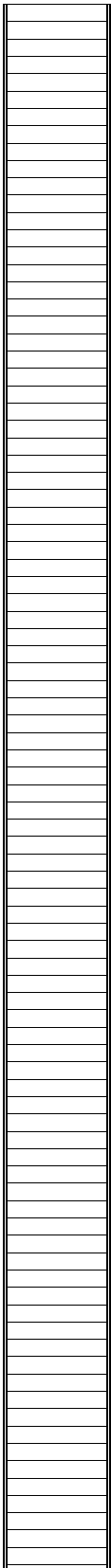


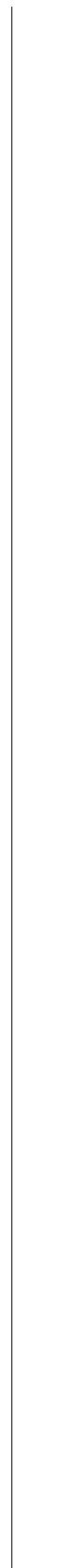
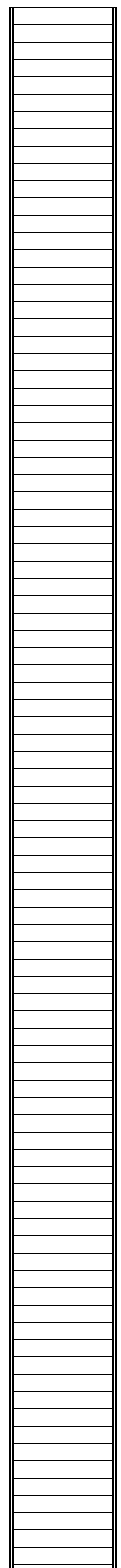


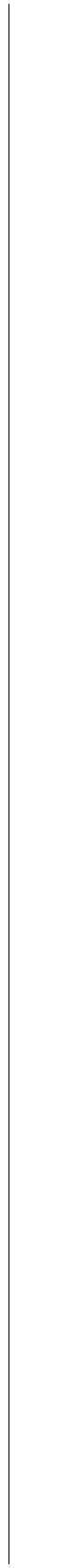
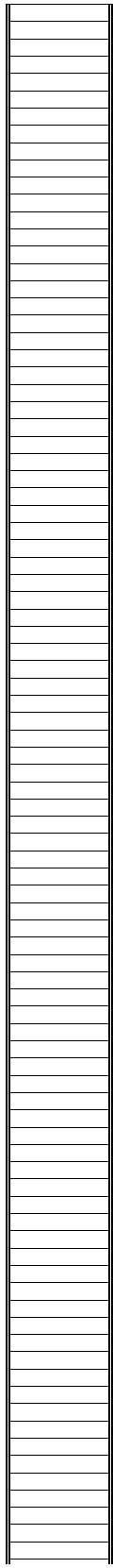


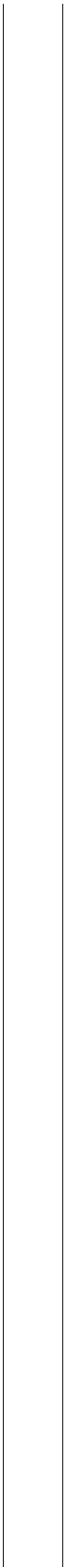
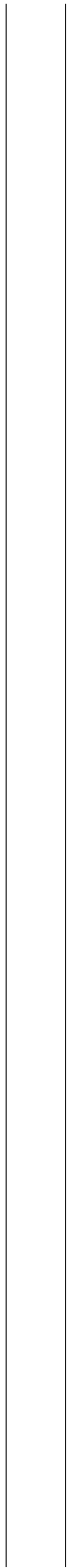
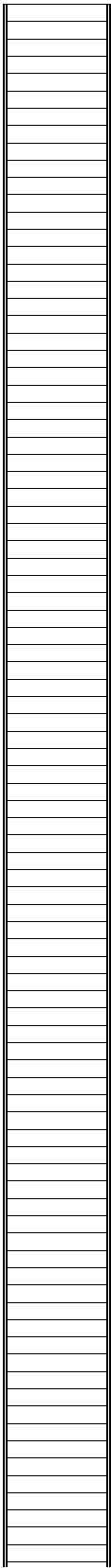


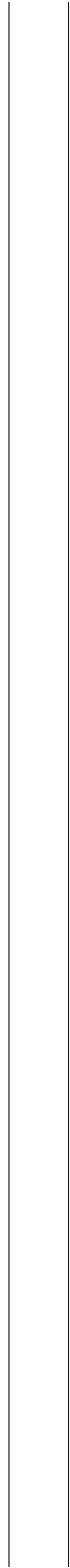
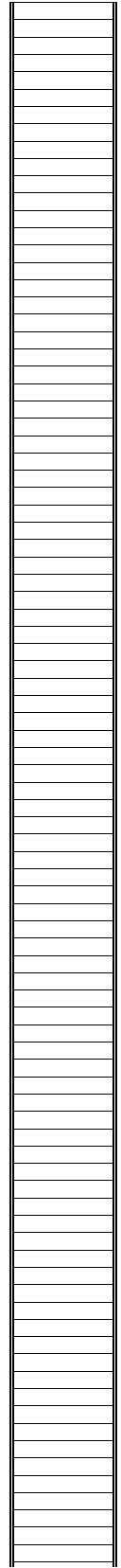


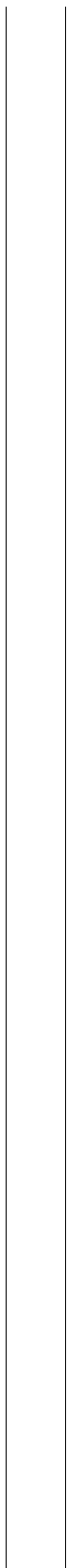
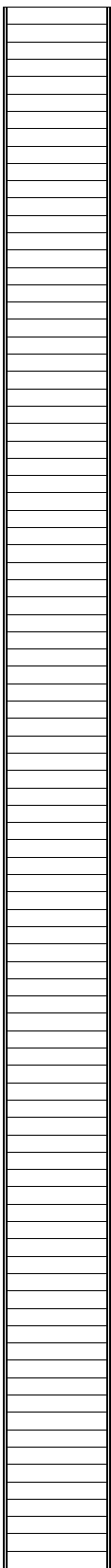


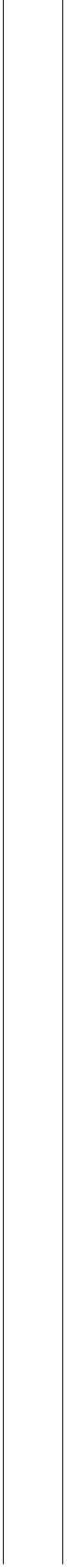
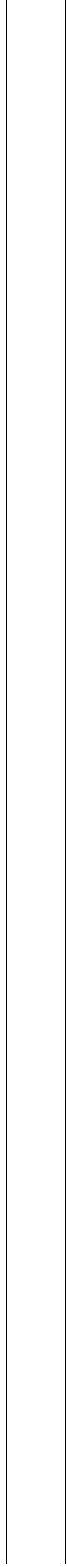
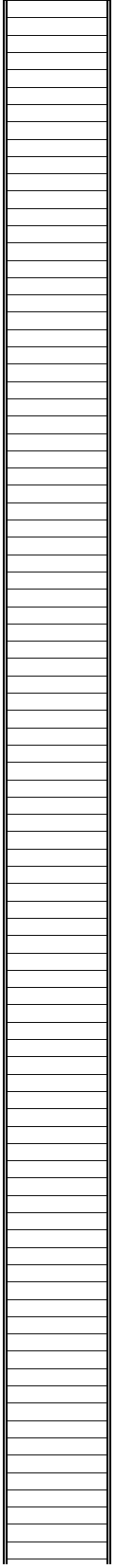


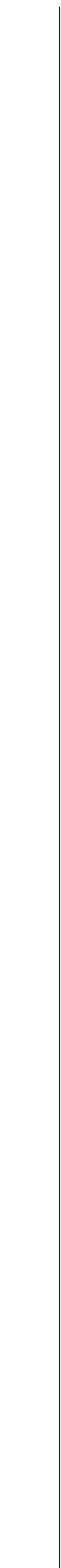
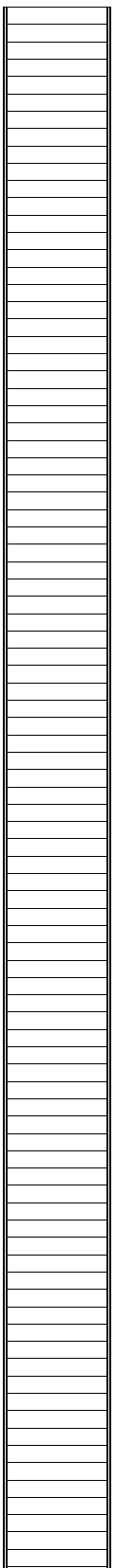


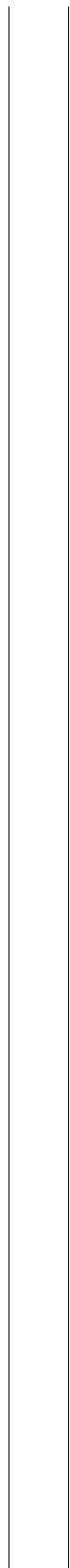
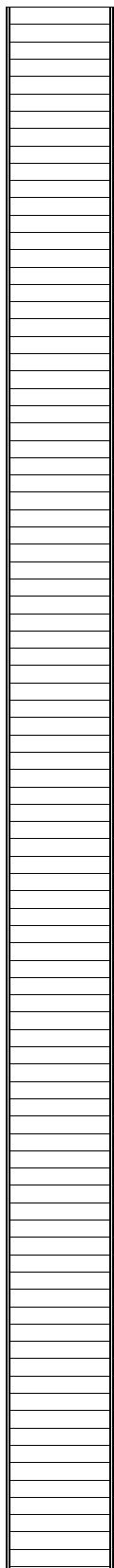


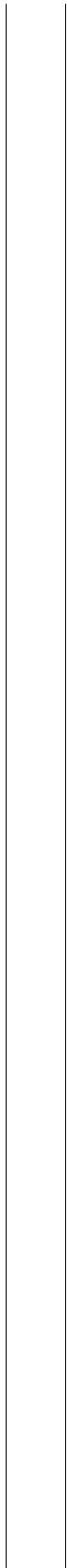
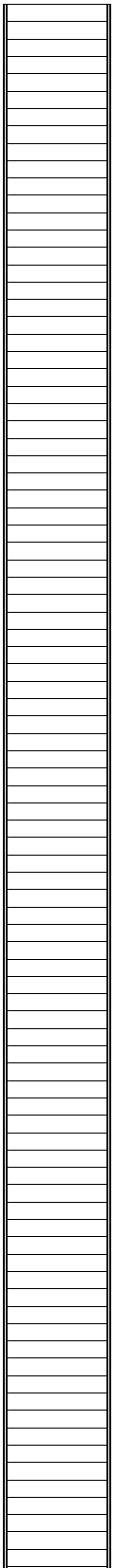


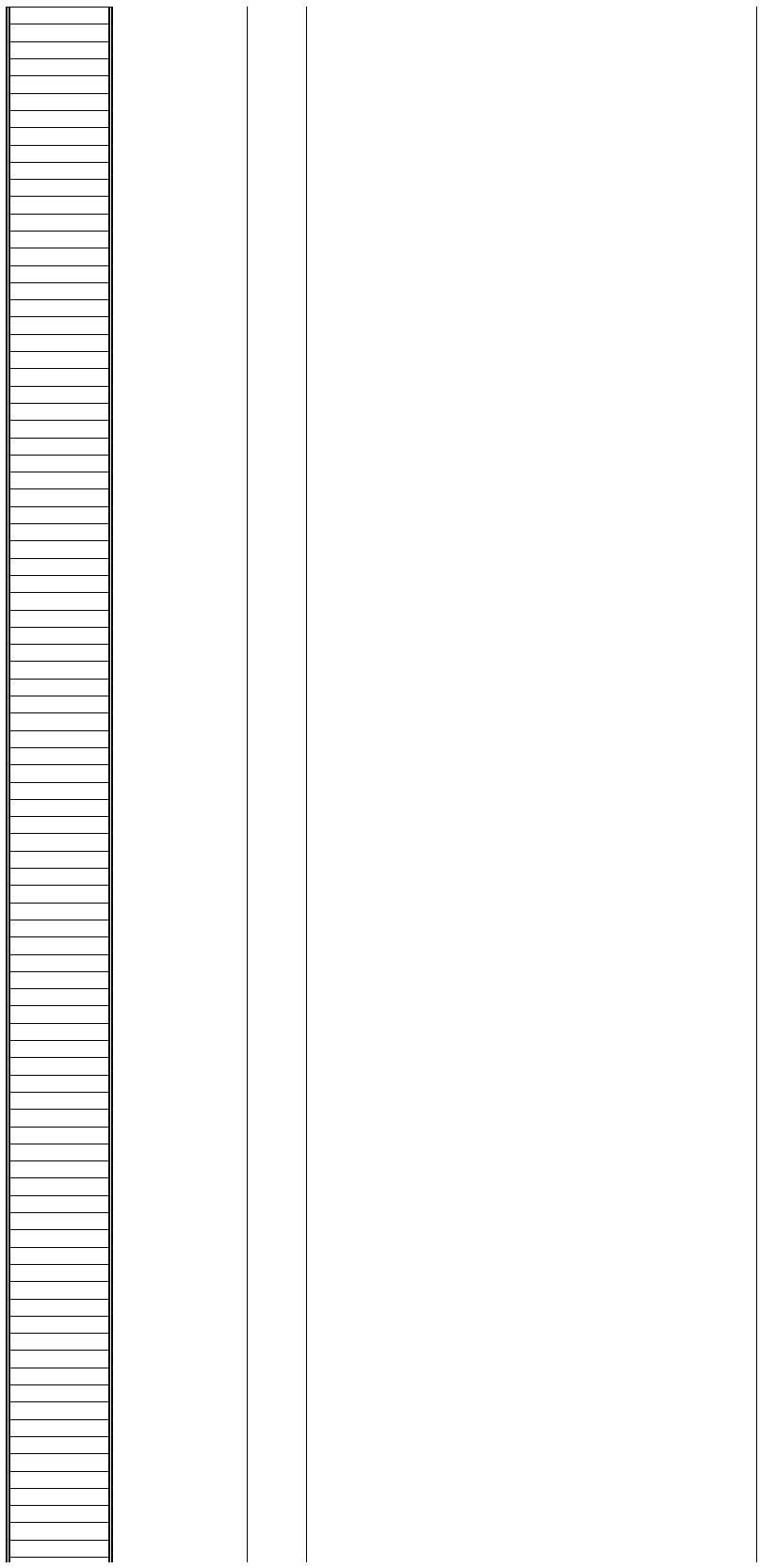


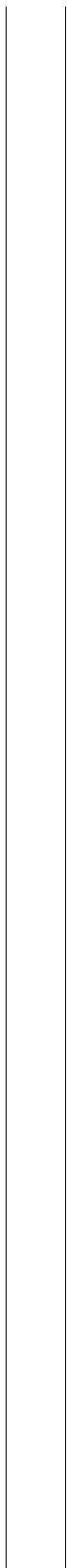
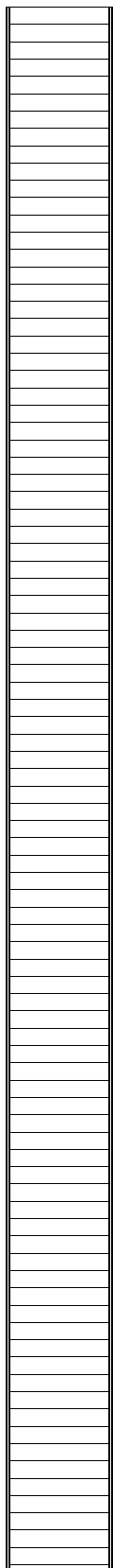


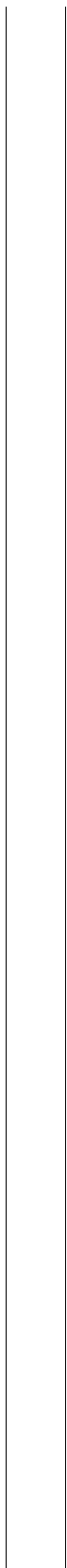
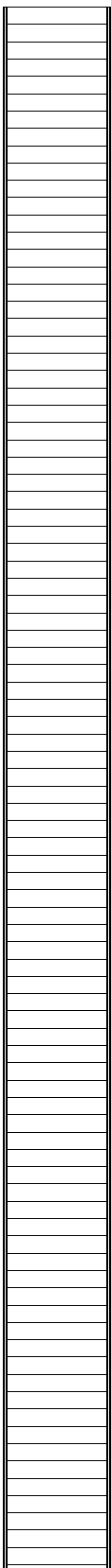


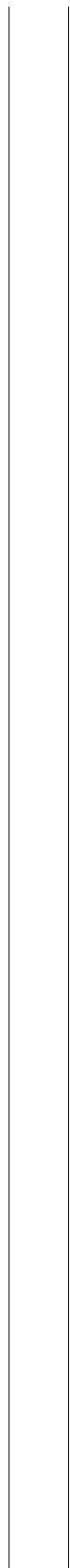
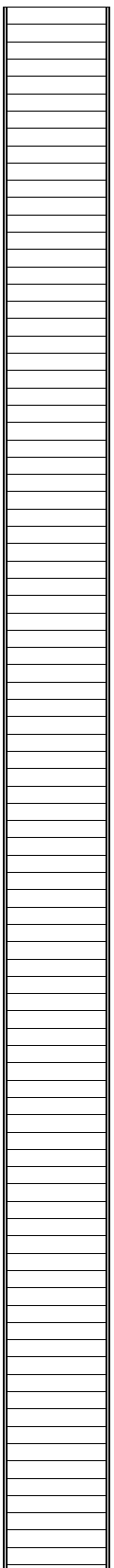


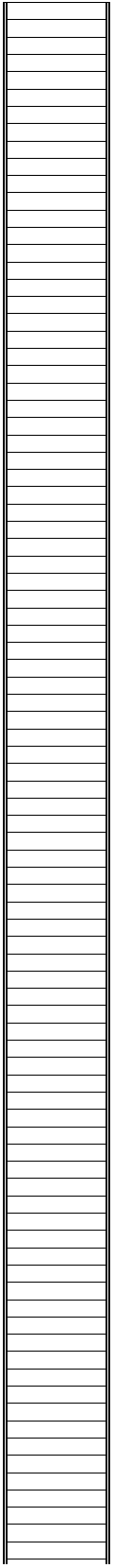


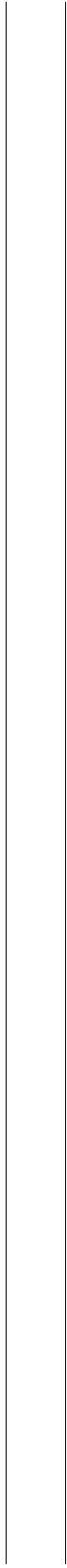
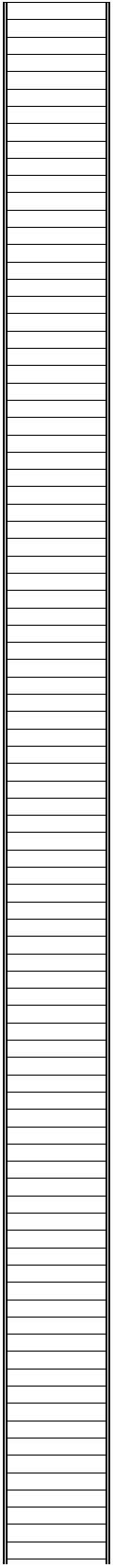


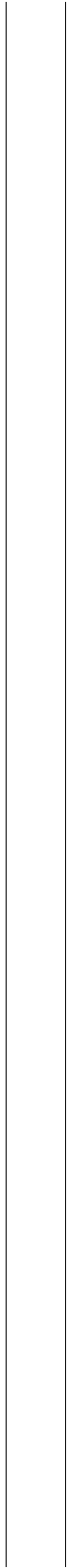
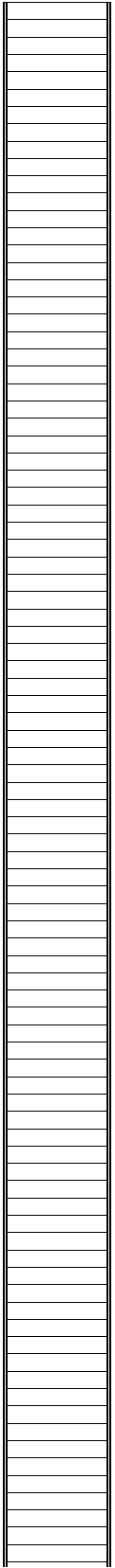


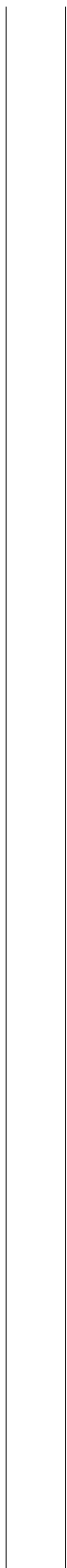
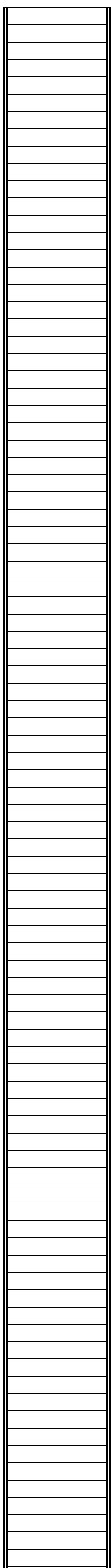


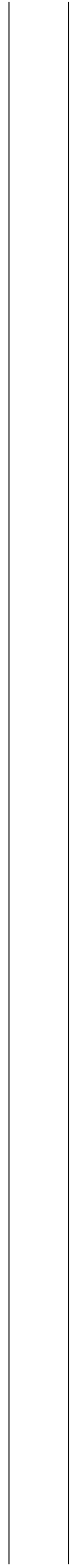
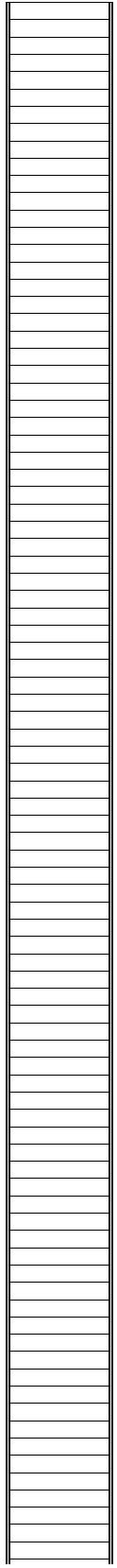


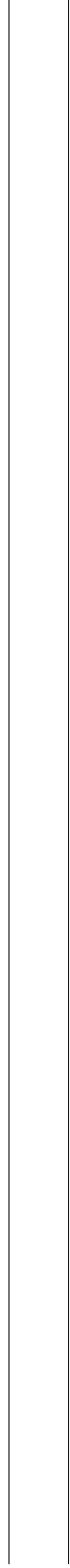
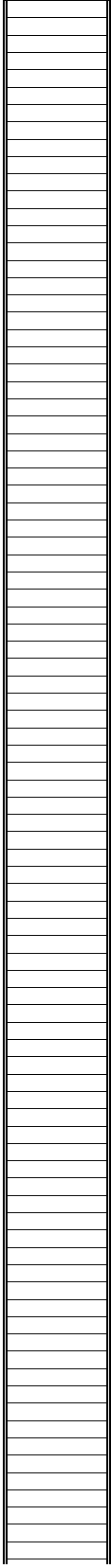


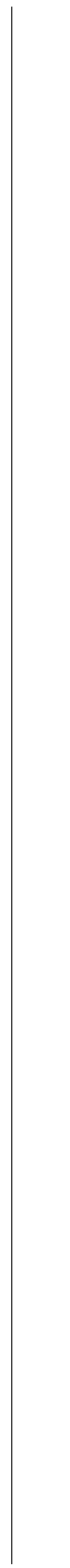
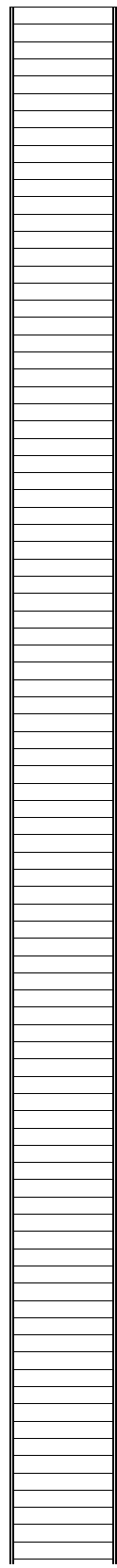


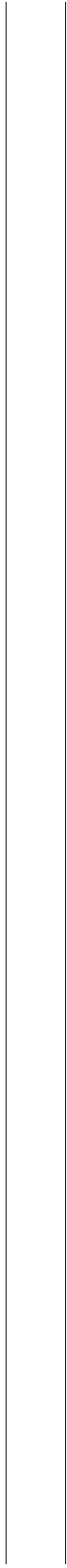
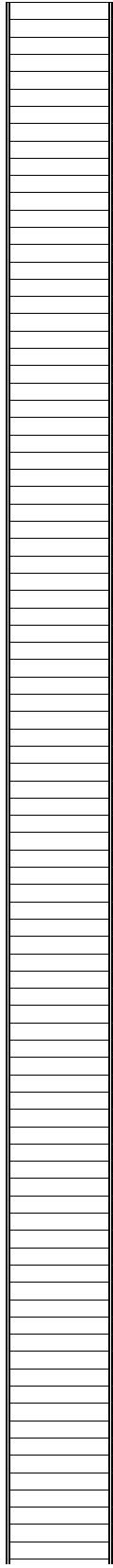


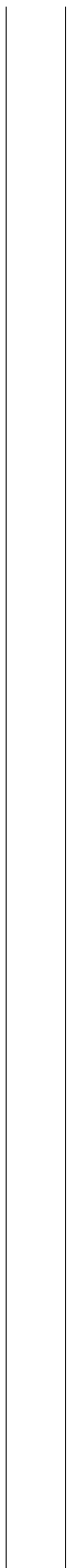
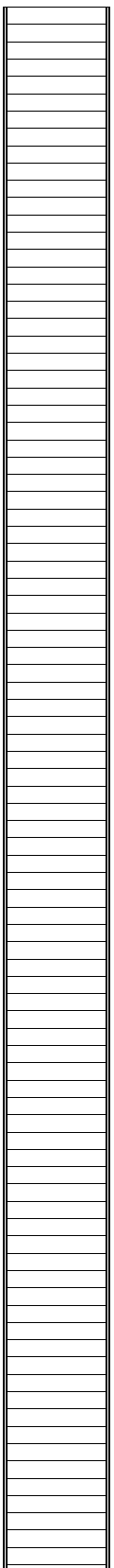


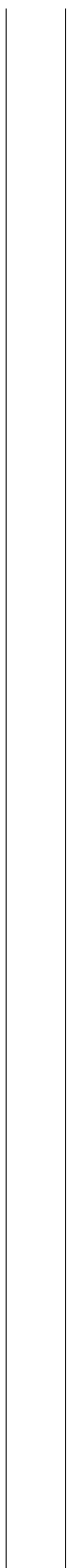
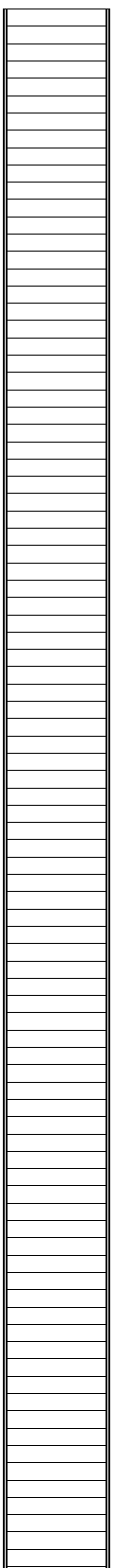


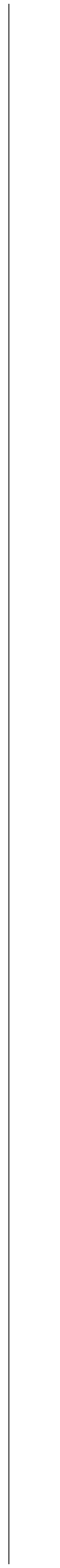
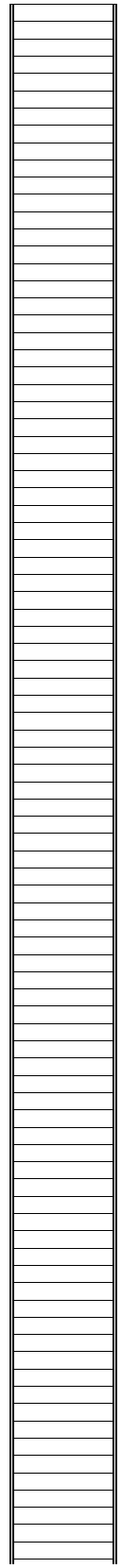


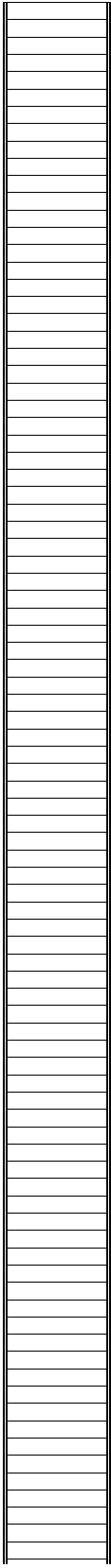


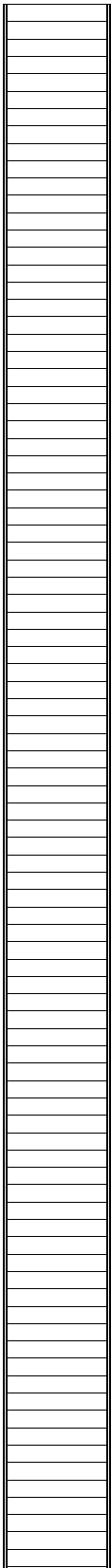


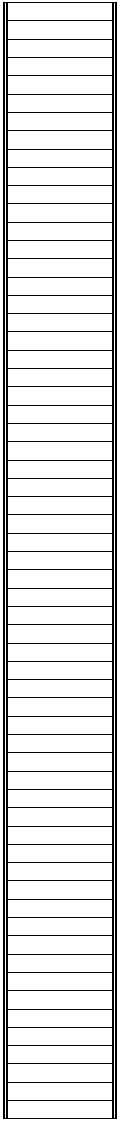










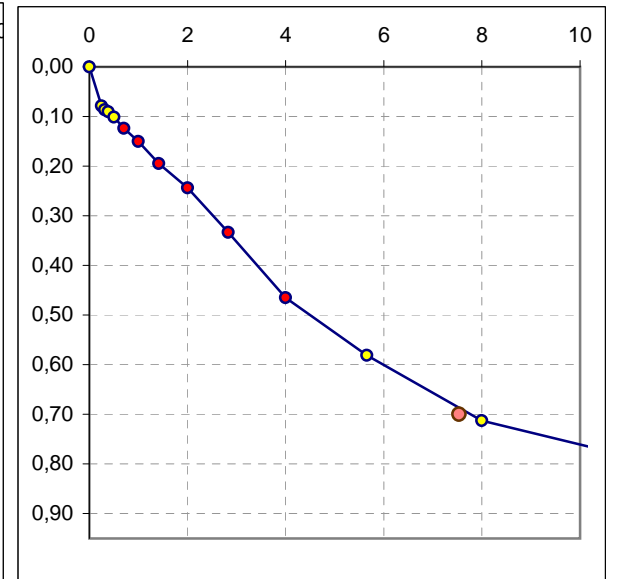
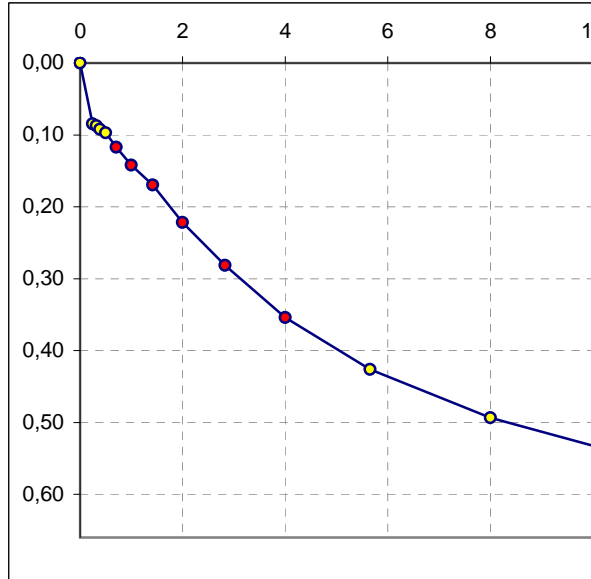
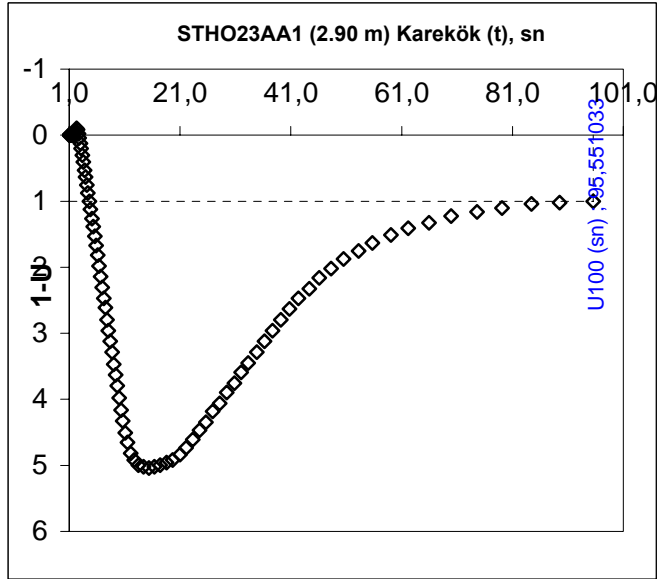
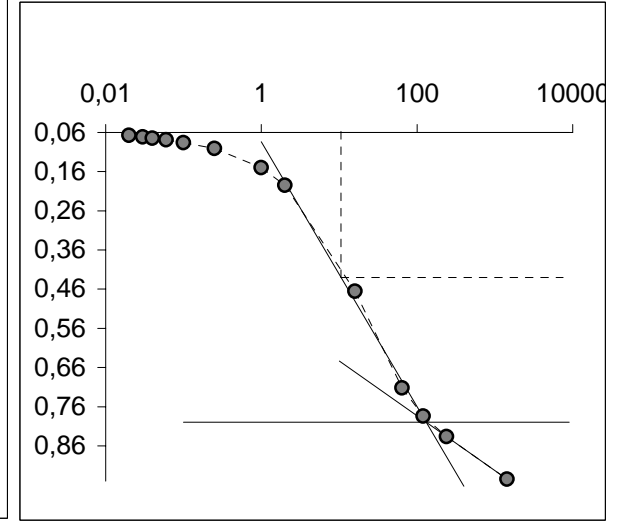
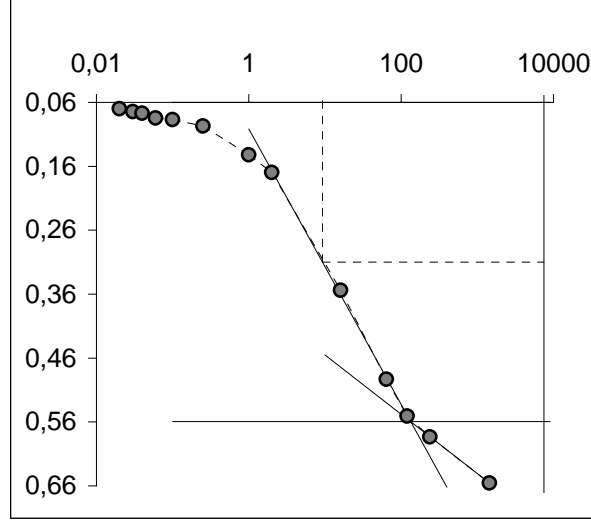
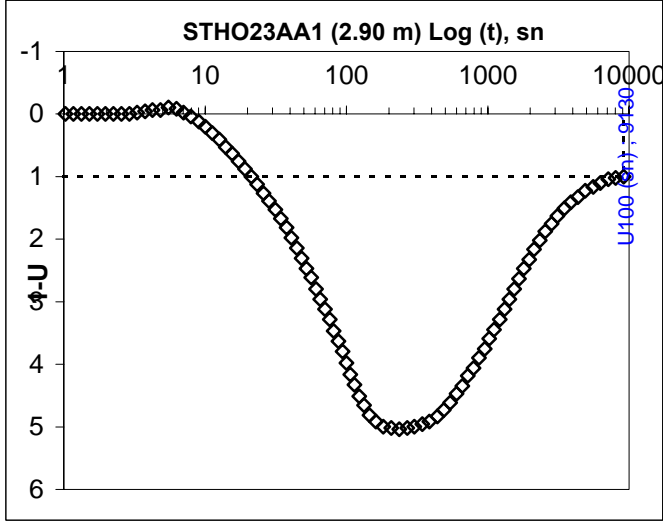


ZEMİN SINIFI	CH
SIVILAŞMA	YOK

STHO23AA1 (2.50 m)

200 kPa

400 kPa



ZEMİN SINIFI	MI
SIVILAŞMA	YOK

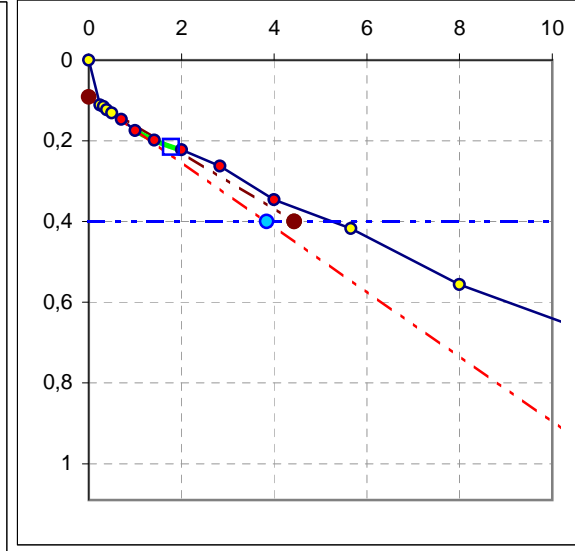
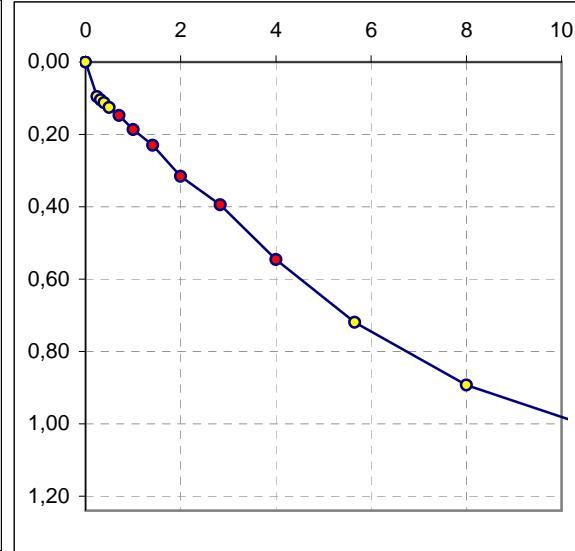
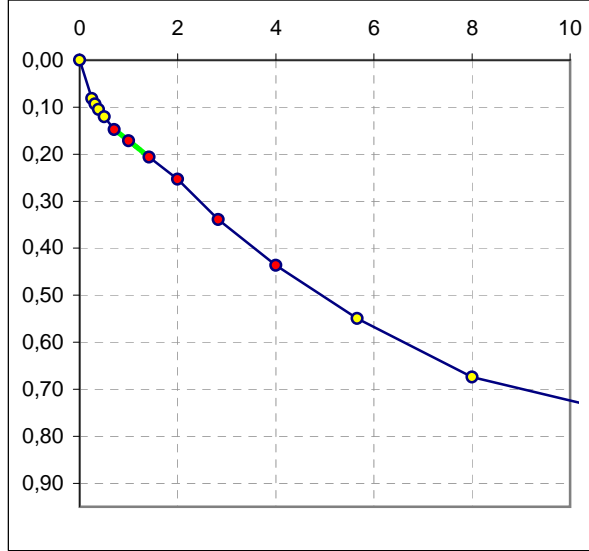
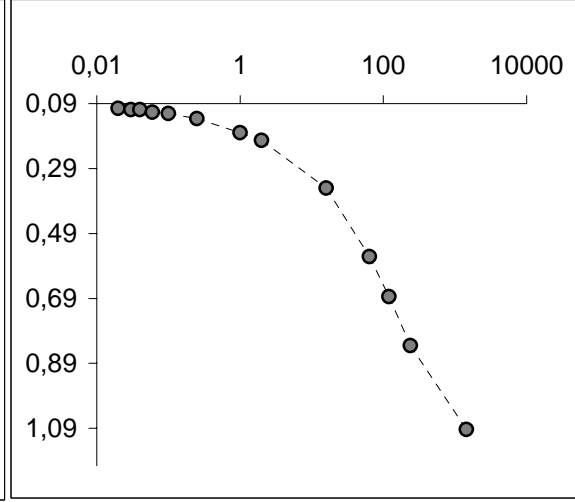
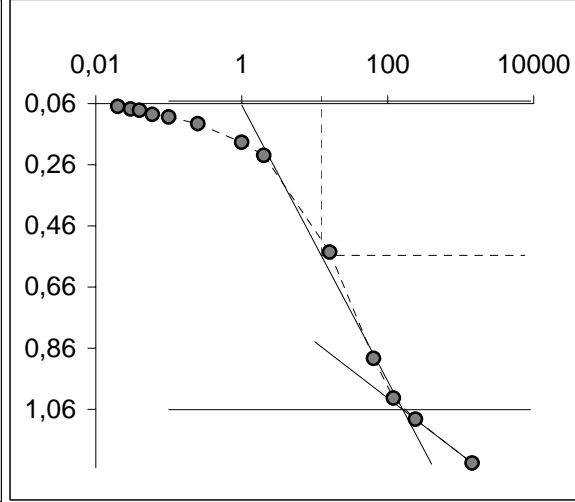
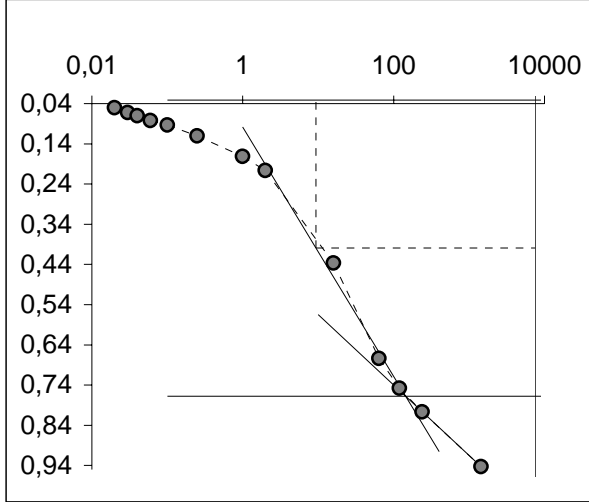
200 kPa

STHO23BA1 (2.50 m)

400 kPa

STHO23BA1§ (2.50 m)

200 kPa

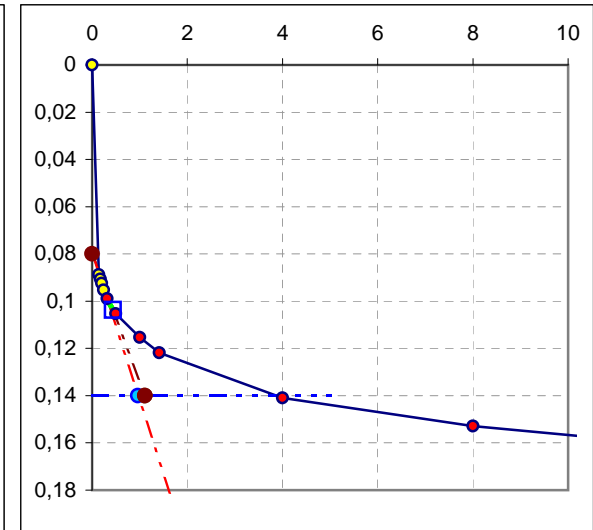
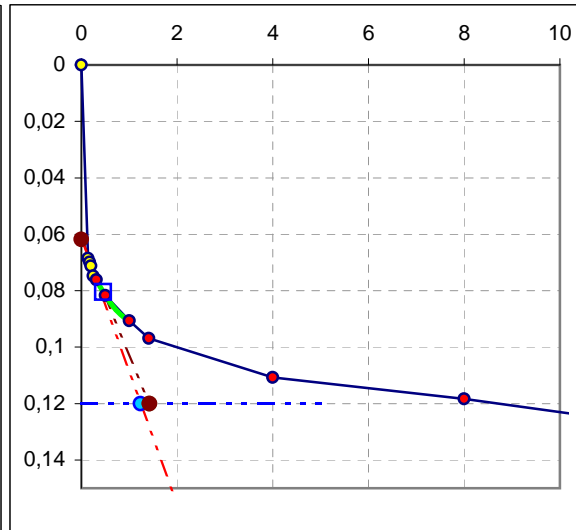
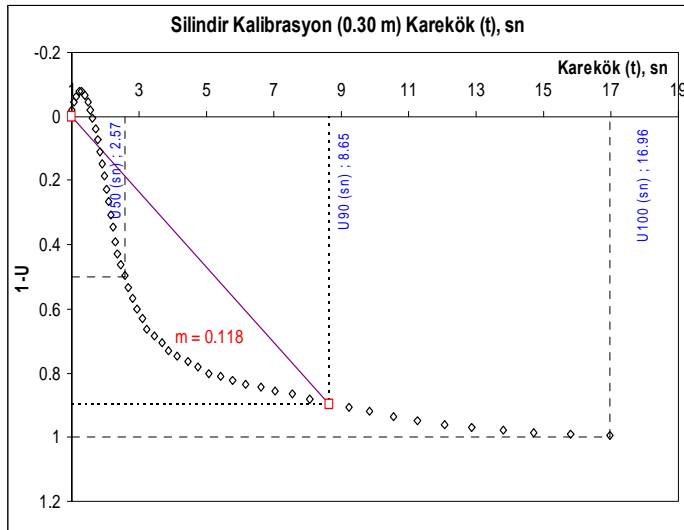
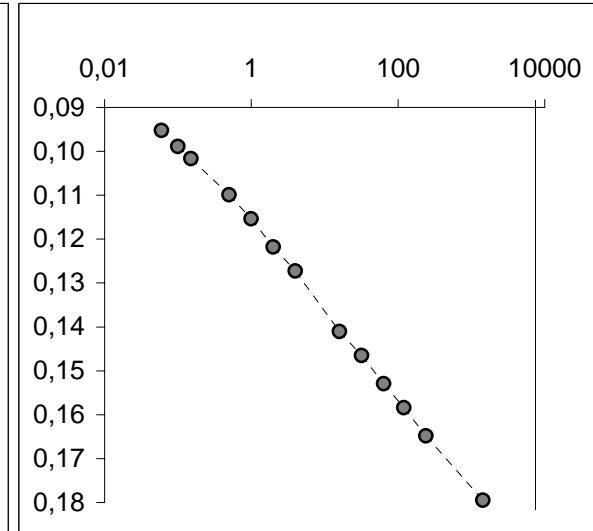
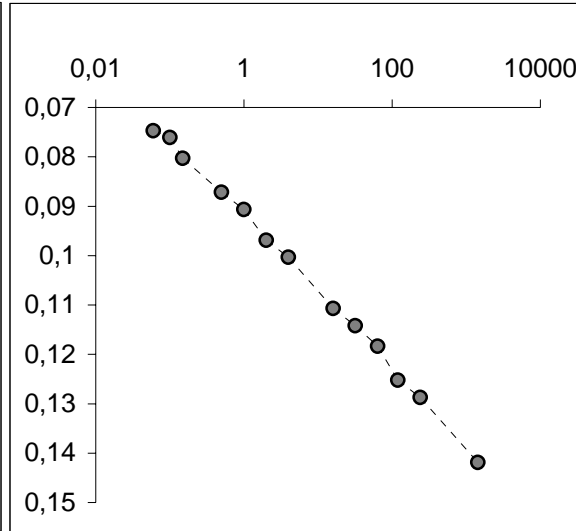
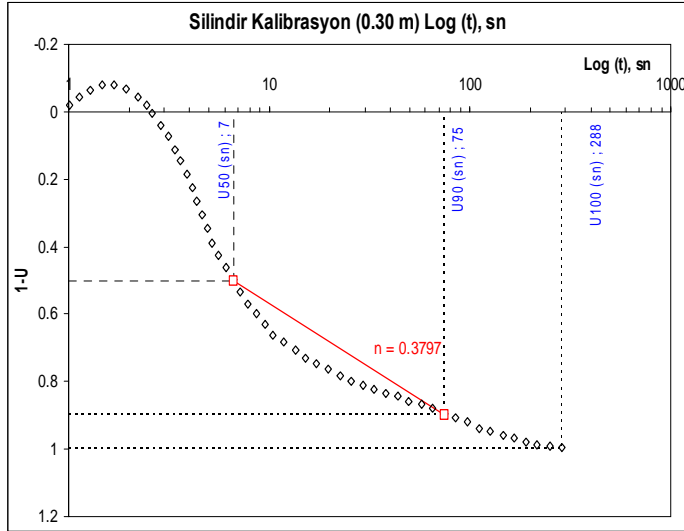


ZEMİN SINIFI	SM
SIVILAŞMA	VAR

SİLİNDİR-ALT-ÇİFT (0.30 m)

200 kPa

400 kPa

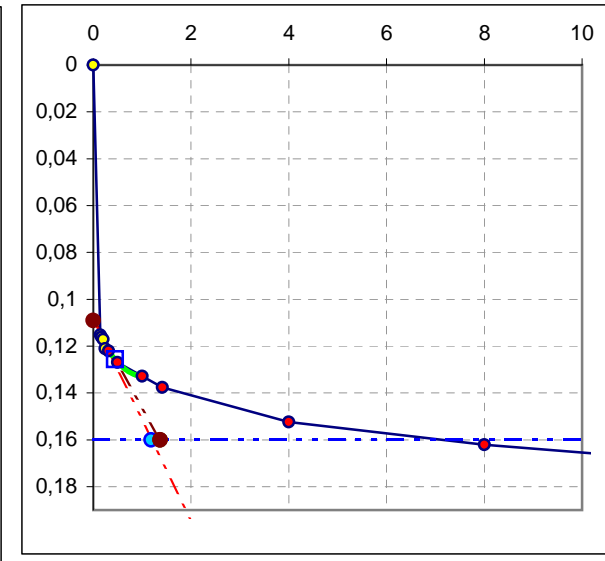
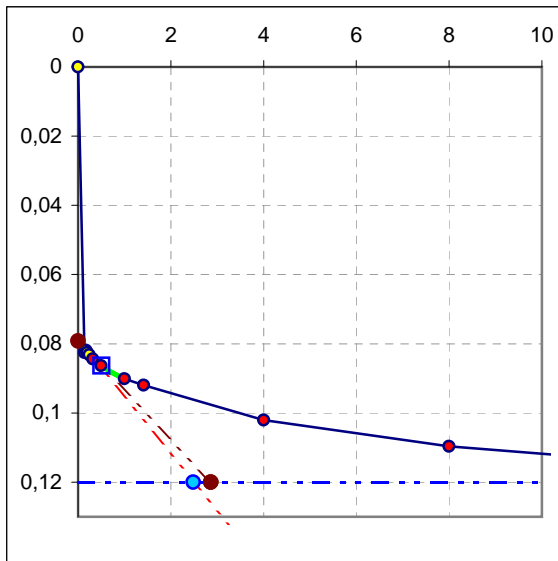
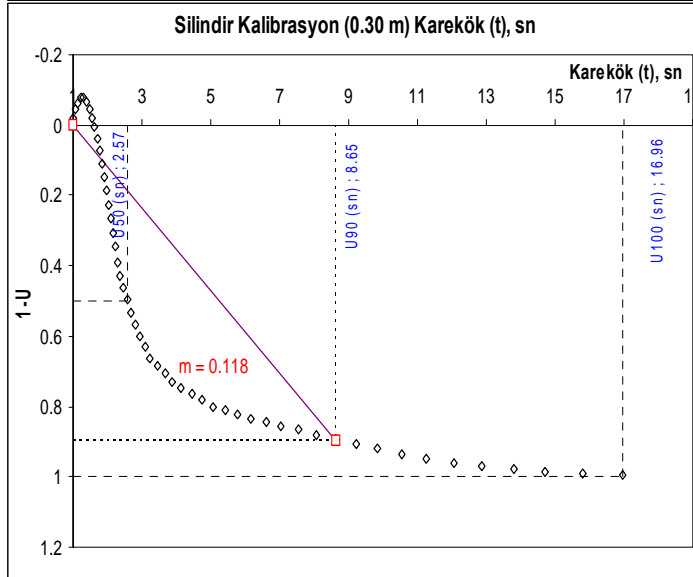
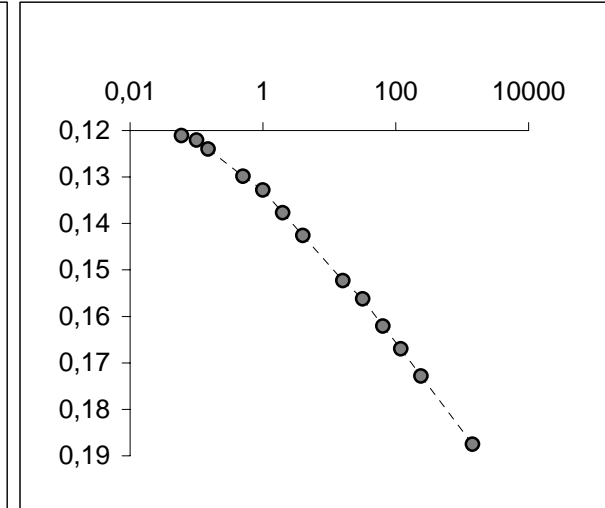
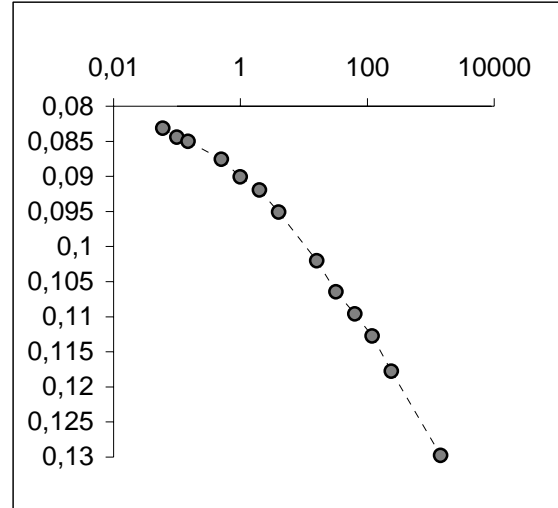
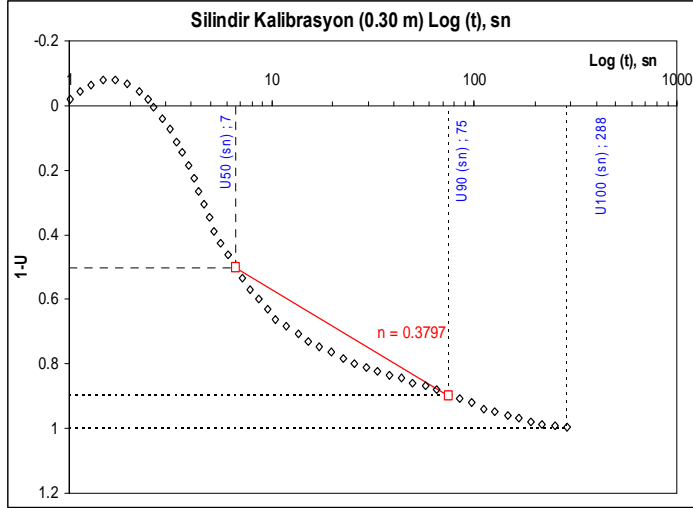


ZEMİN SINIFI	SM
SIVILAŞMA	VAR

SİLİNDİR-ÜST-ÇİFT (0.30 m)

200 kPa

400 kPa



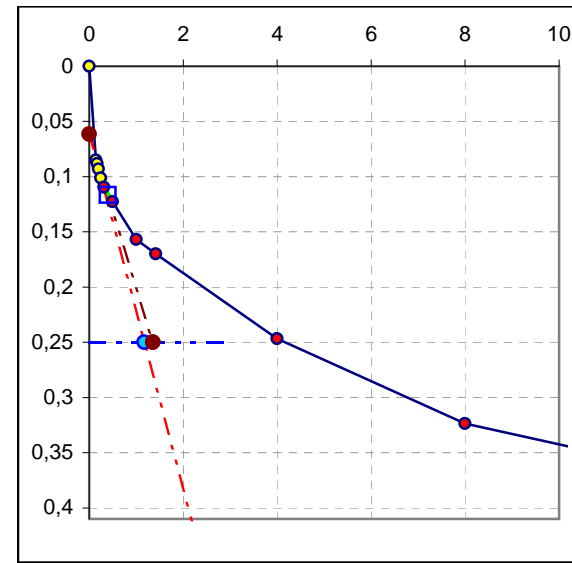
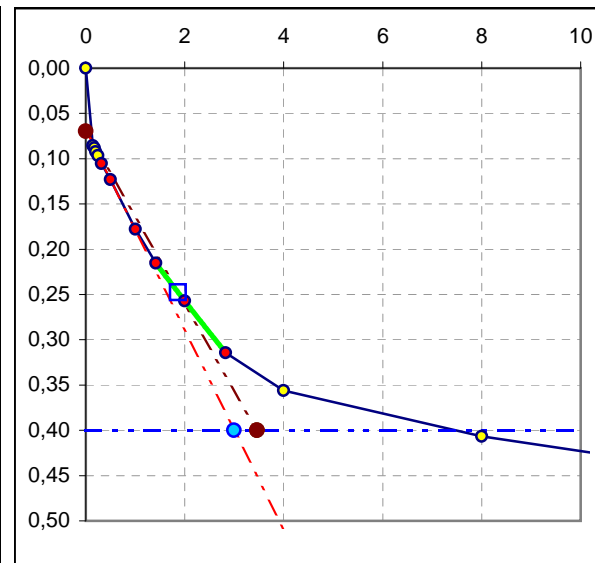
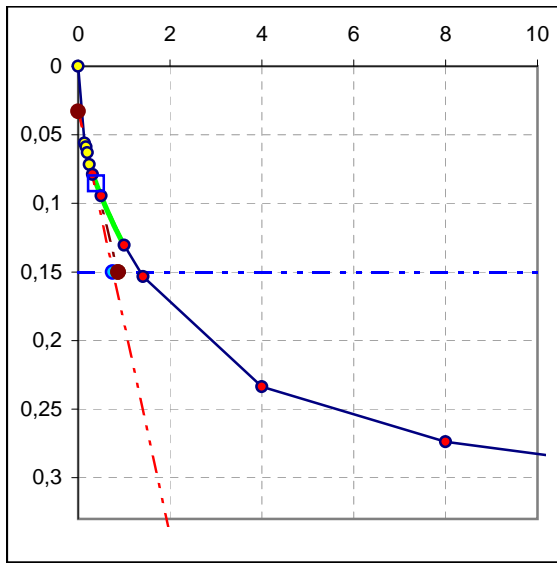
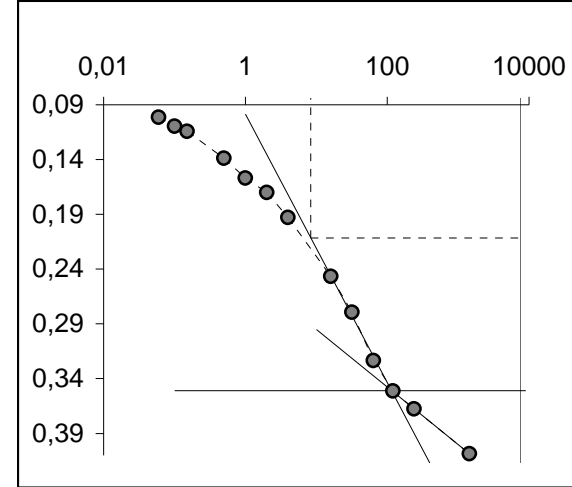
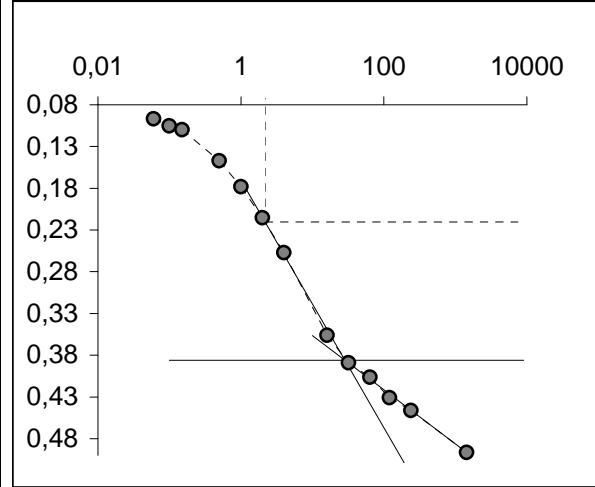
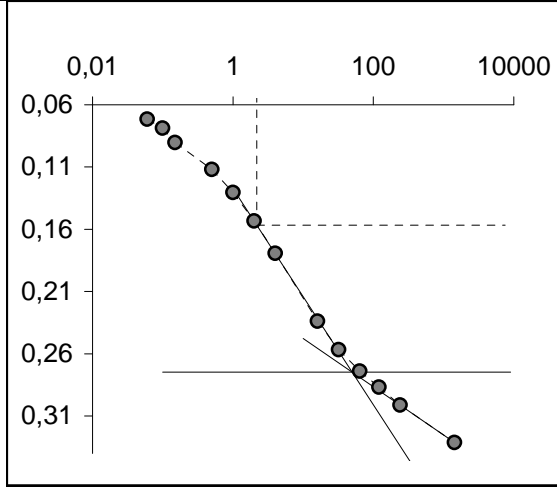
ZEMİN SINIFI	CH
SIVILAŞMA	YOK

STIS24A1 (2.90 m)

200 kPa

400 kPa

200 kPa

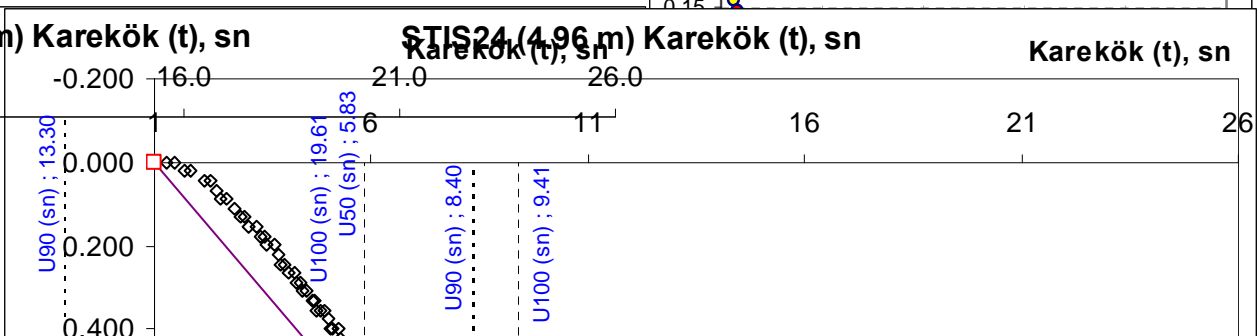
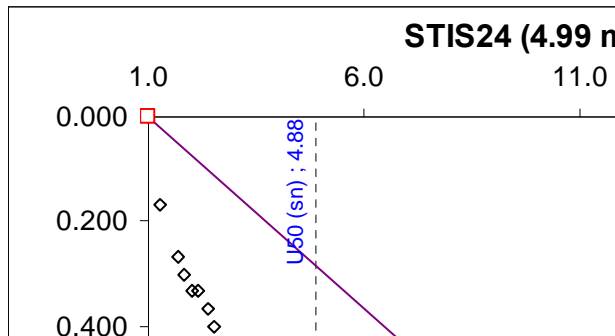
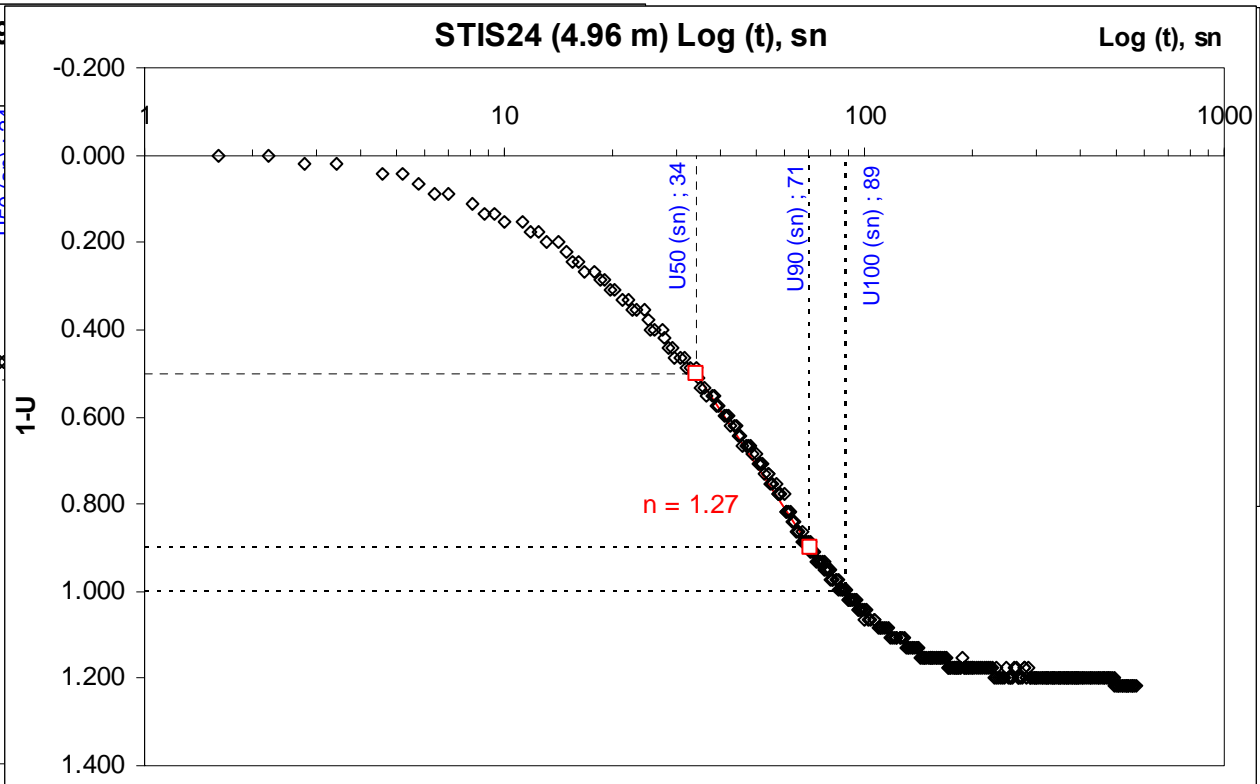
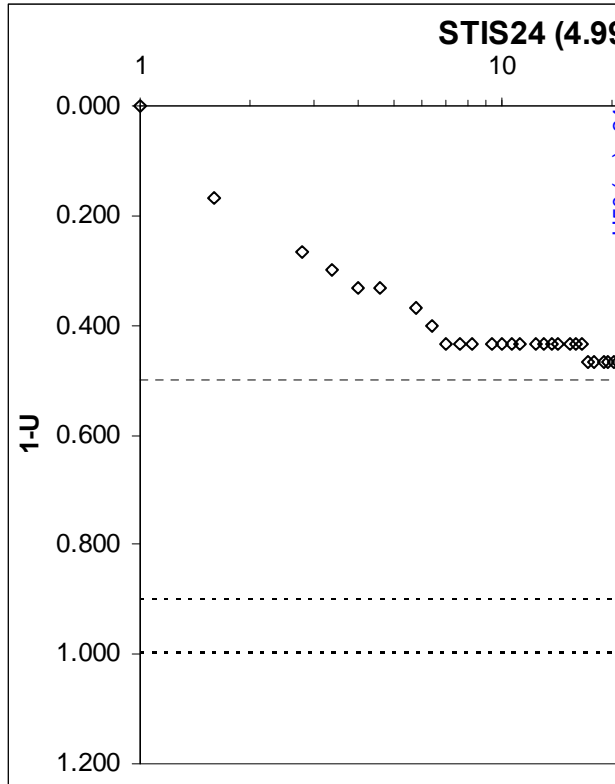


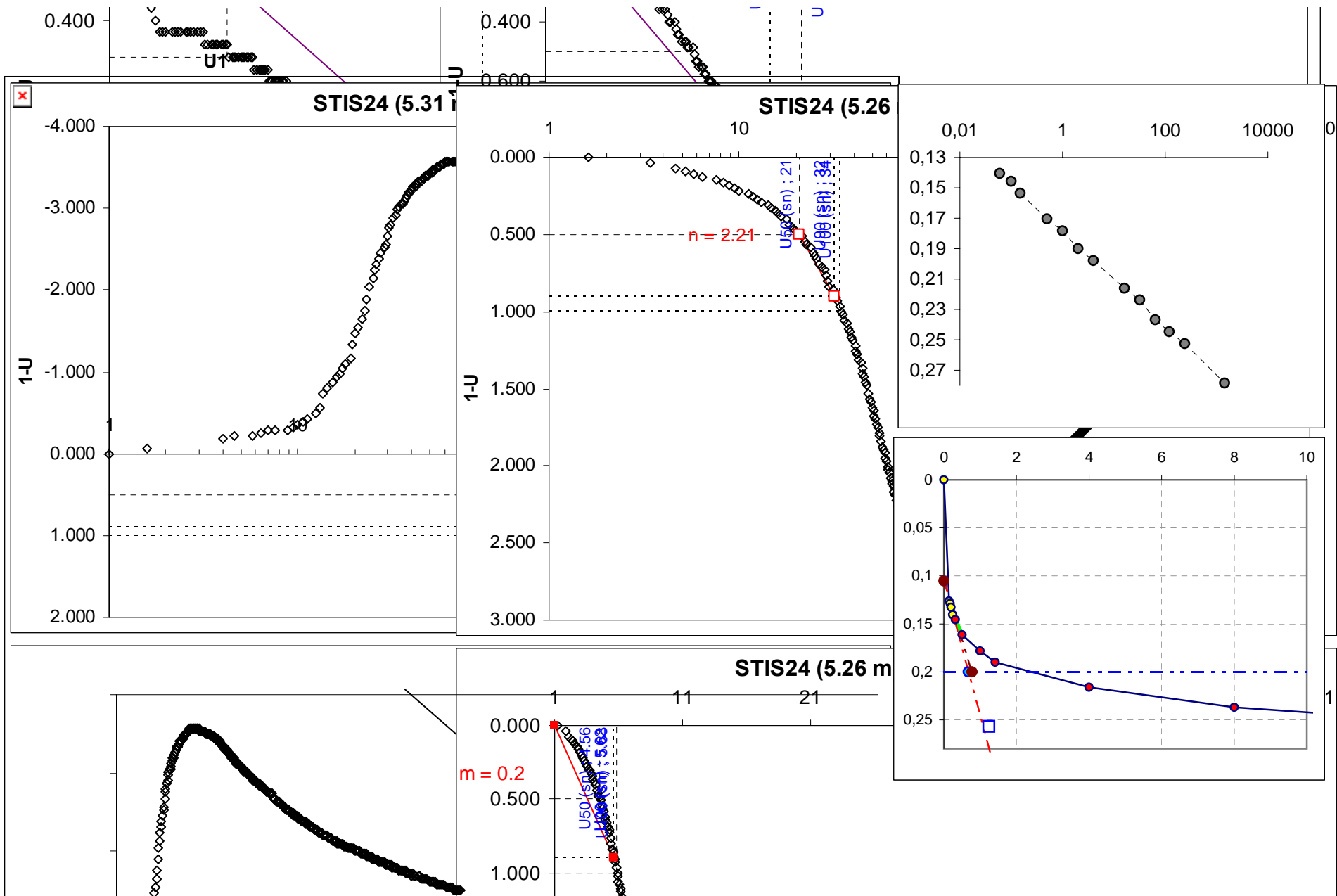
STIS24B1 (4.90 m)

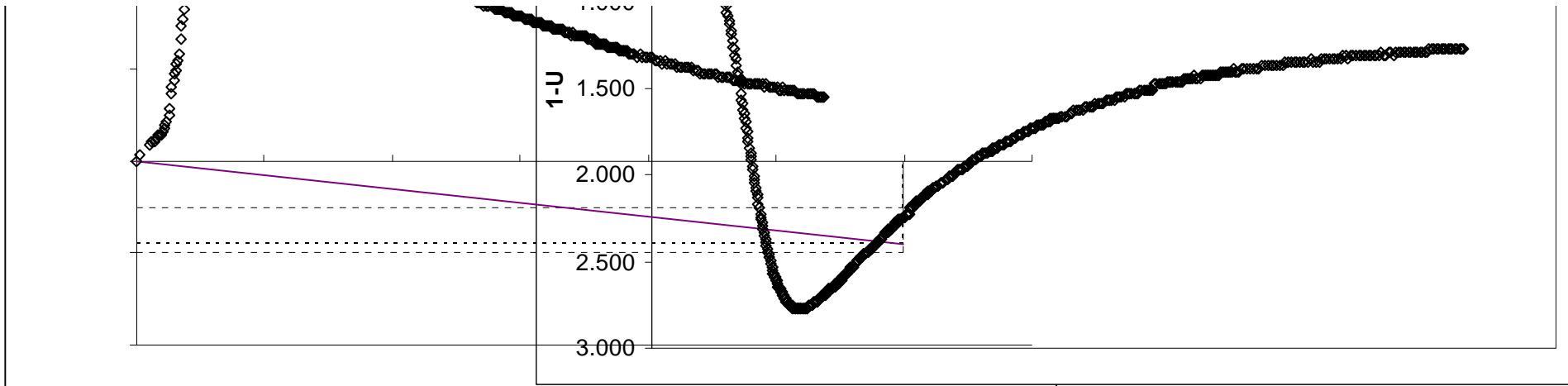
200 kPa

U1

U2



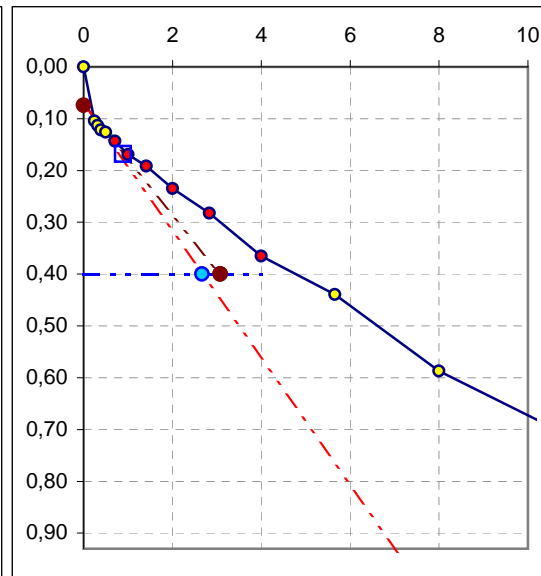
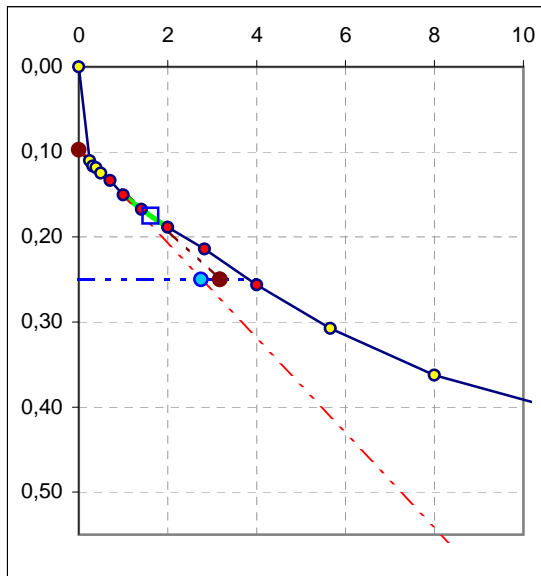
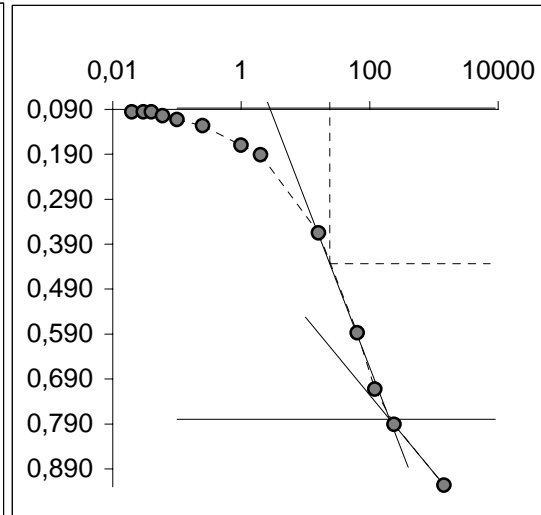
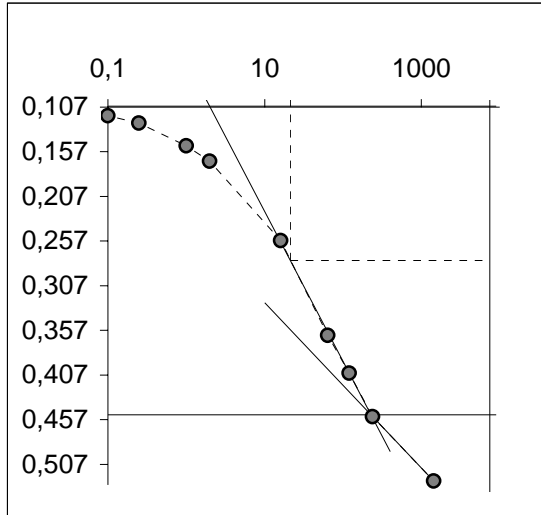




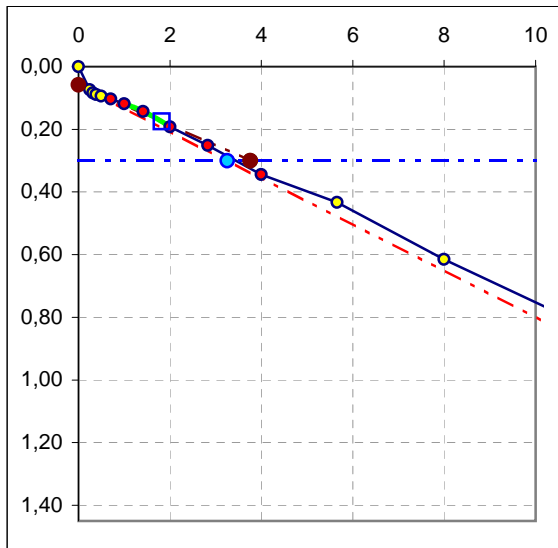
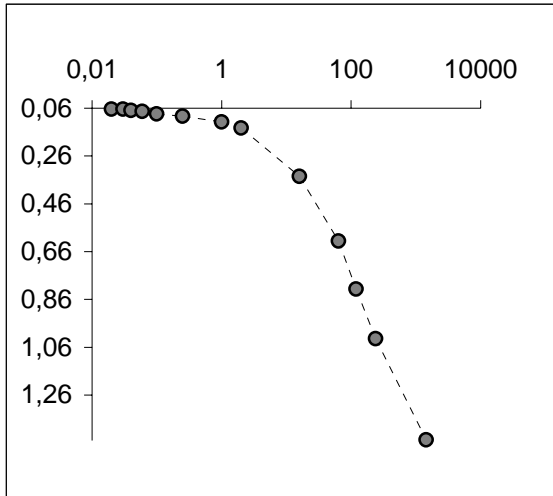
STHO23AA1§ (2.50 m)

200 kPa

400 kPa

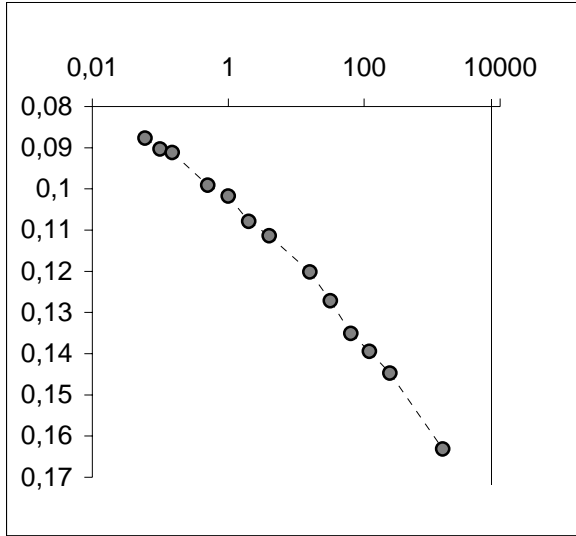


400 kPa

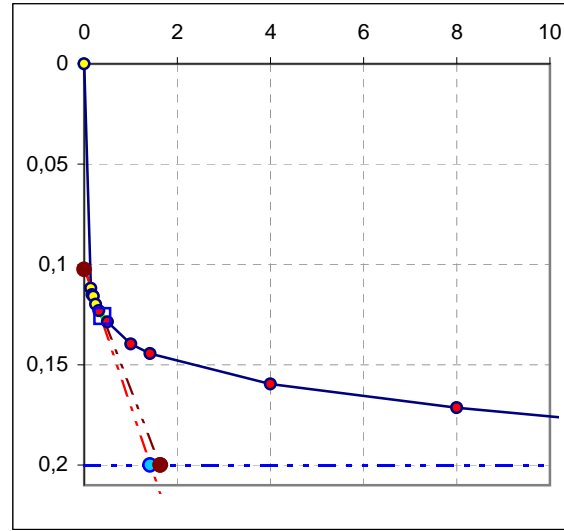
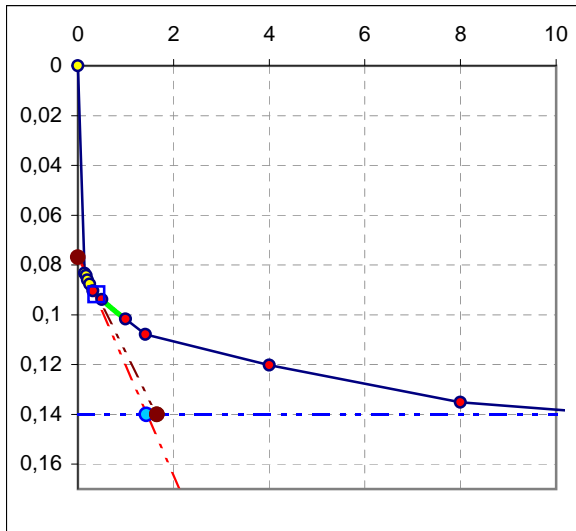
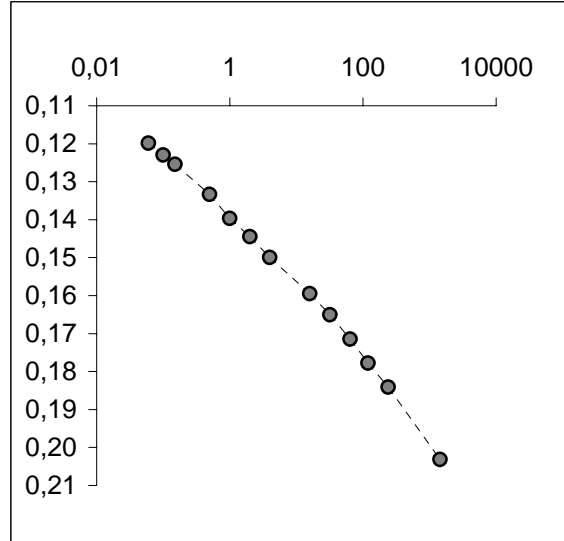


SİLİNDİR-ALT-TEK (0.30 m)

200 kPa



400 kPa



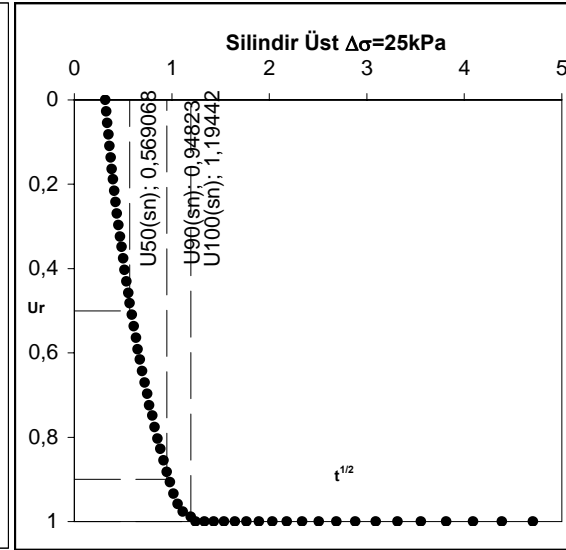
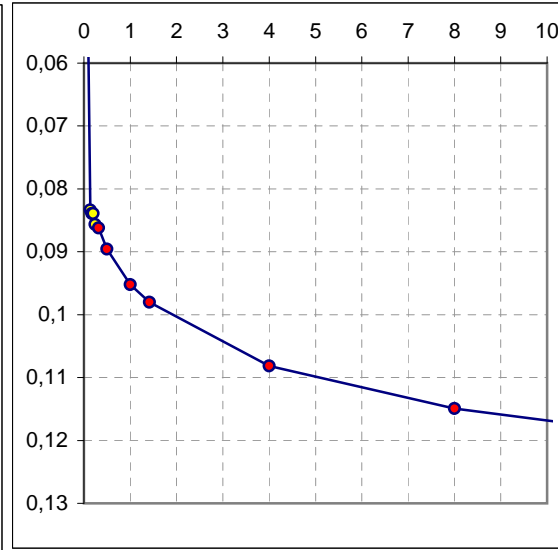
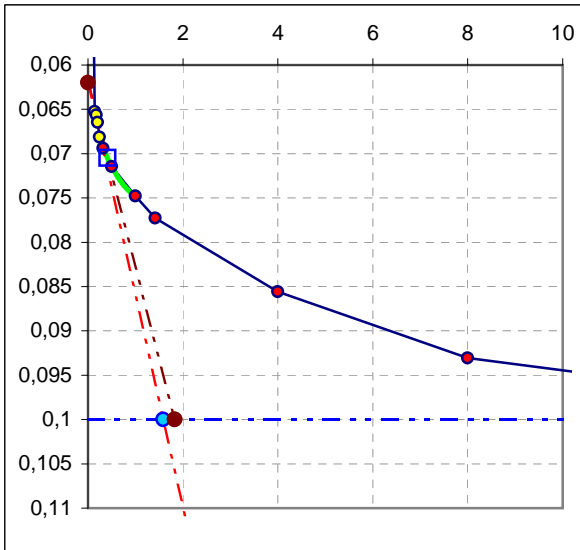
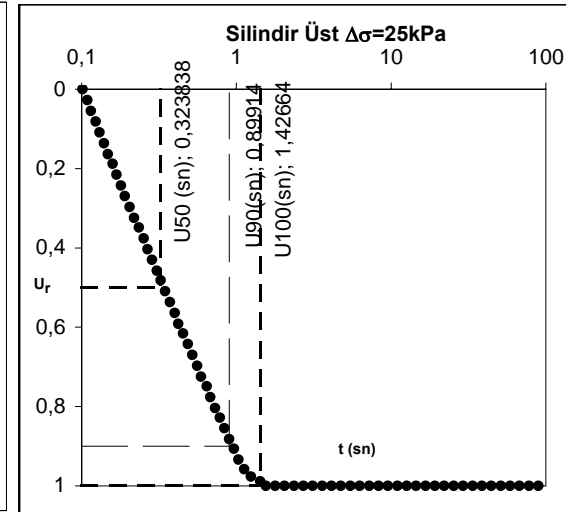
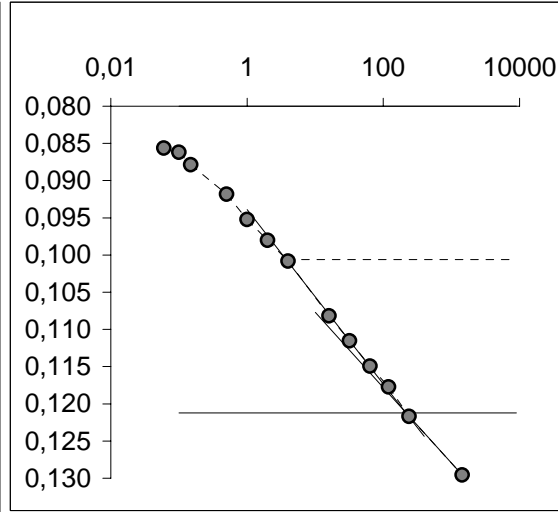
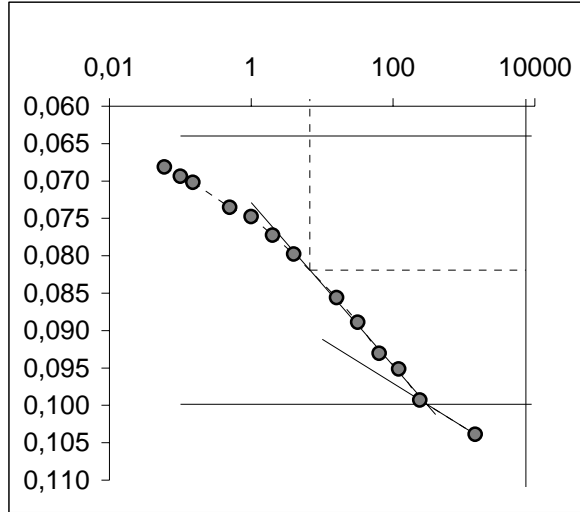
SİLİNDİR-ÜST-TEK (0.30 m)

ROWE

200 kPa

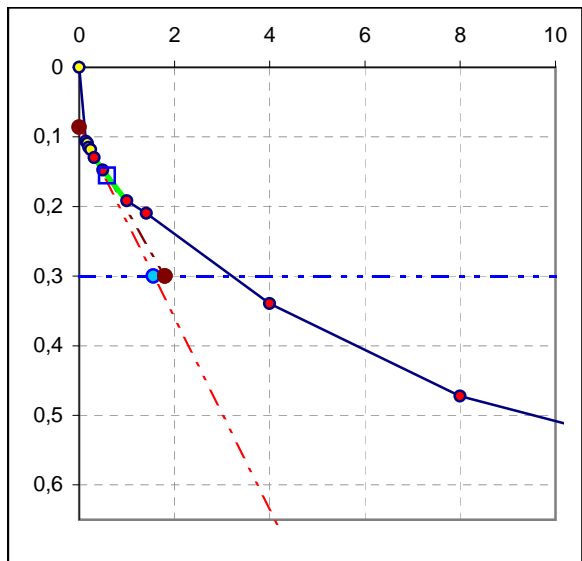
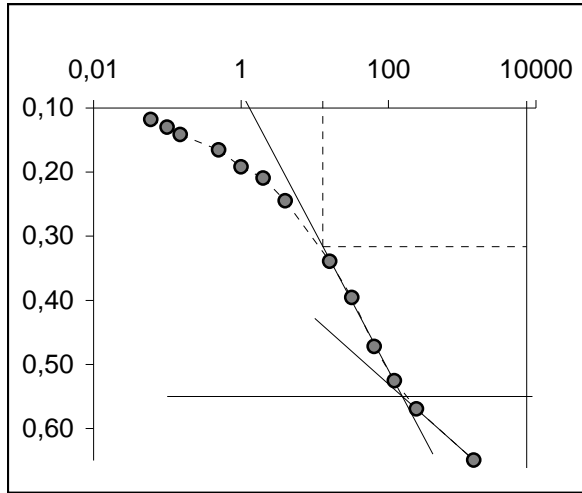
400 kPa

25 kPa



STIS24A1§ (2.90 m)

400 kPa

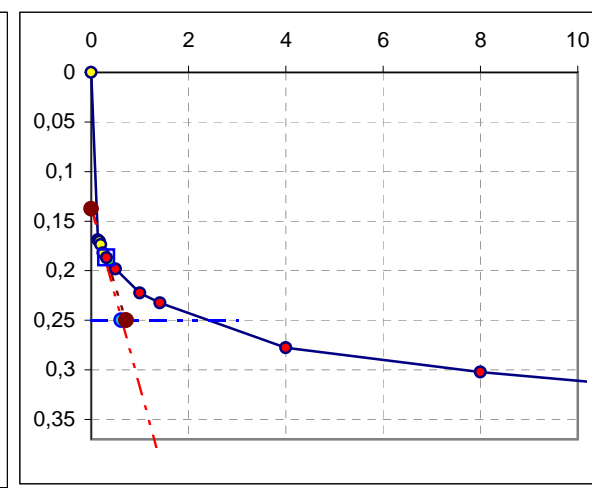
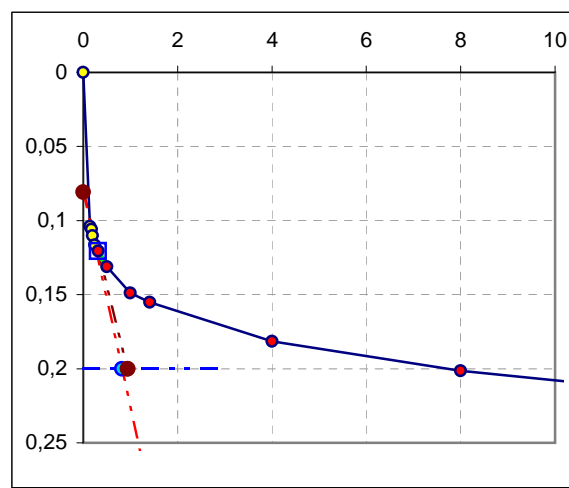
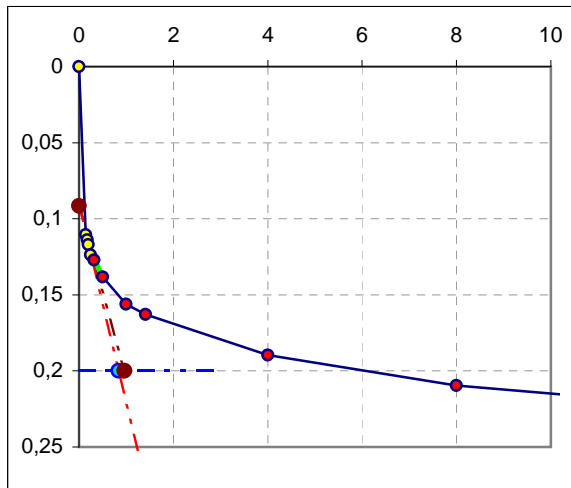
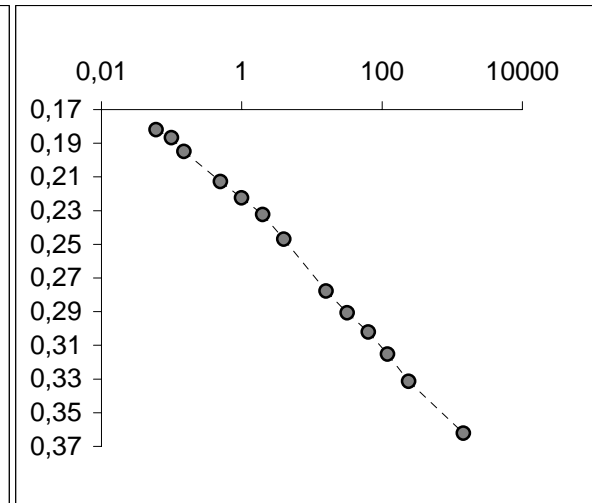
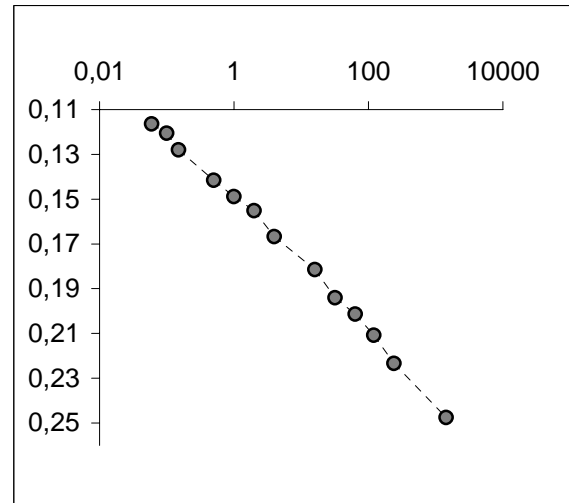
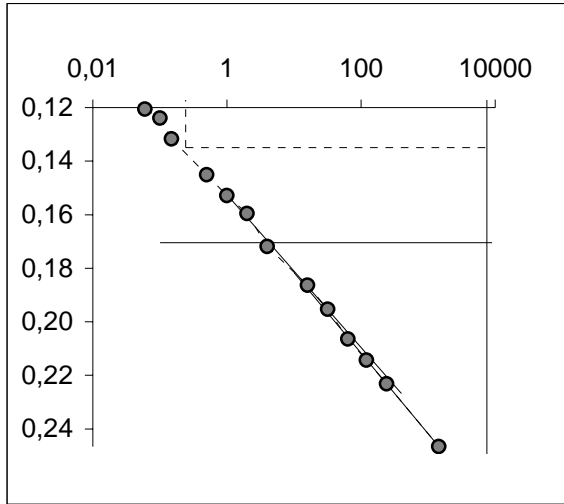


STIS24B1§ (4.90 m)

400 kPa

200 kPa

400 kPa

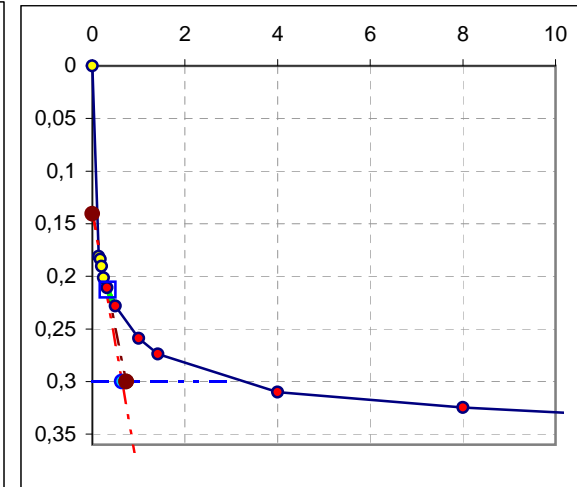
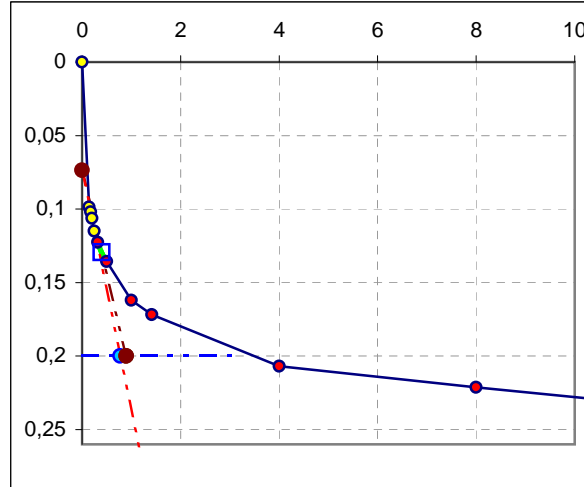
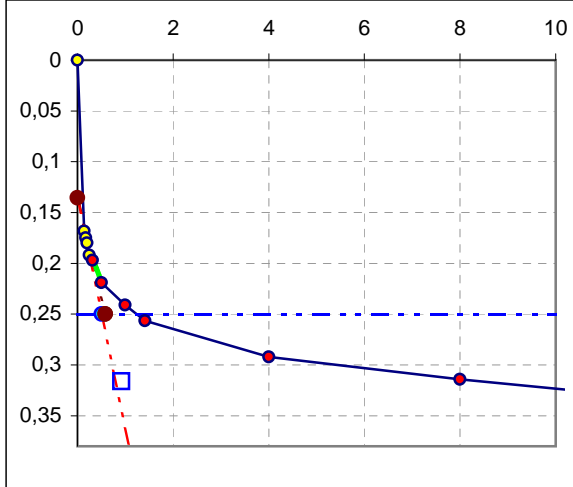
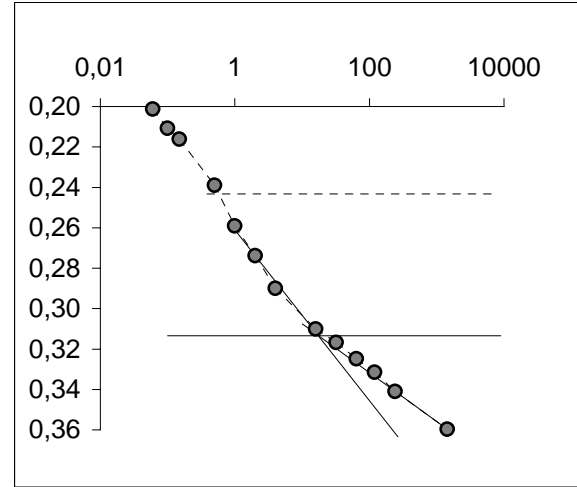
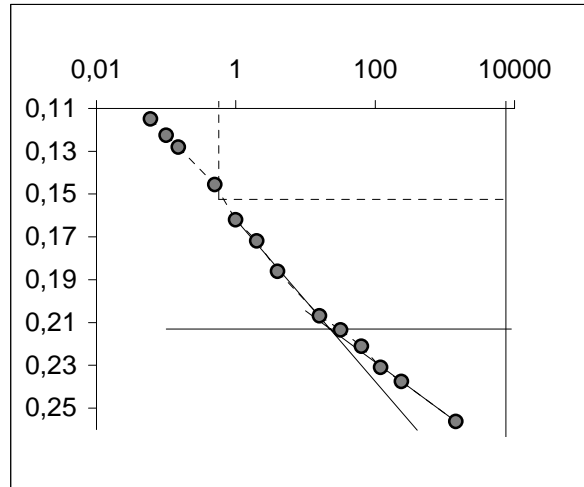
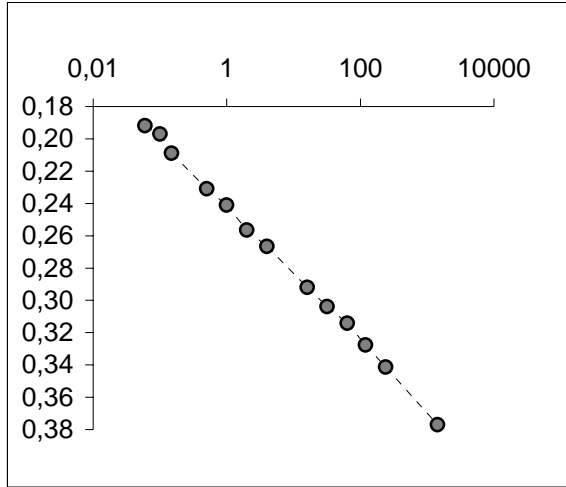


STIS24B2§ (5.05m)

400 kPa

200 kPa

400 kPa



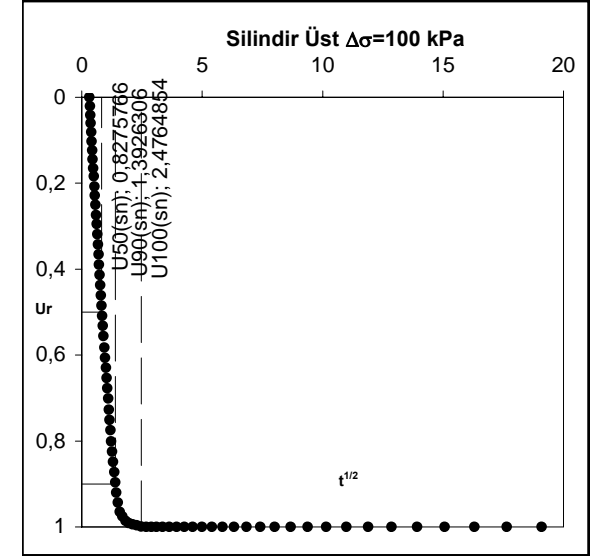
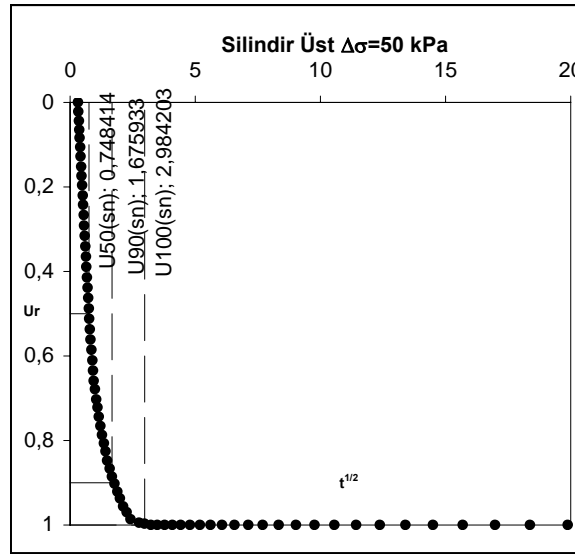
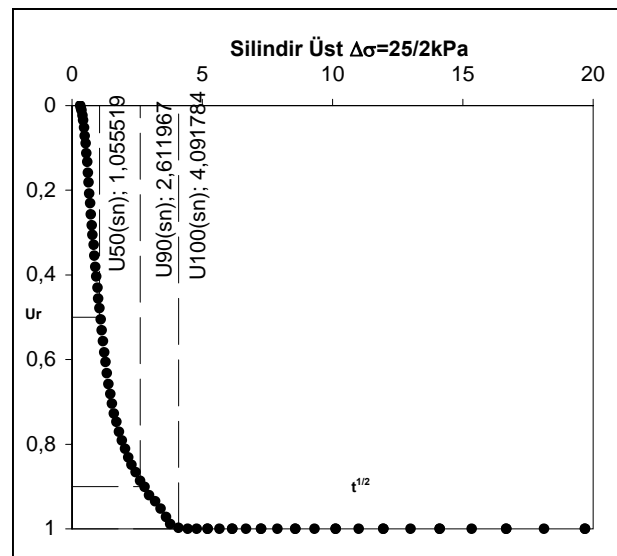
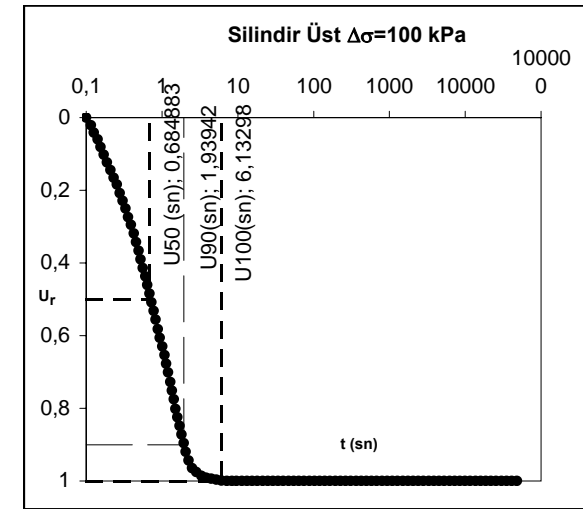
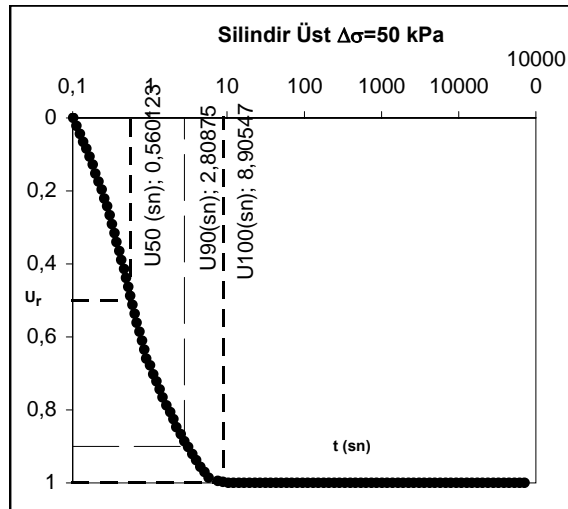
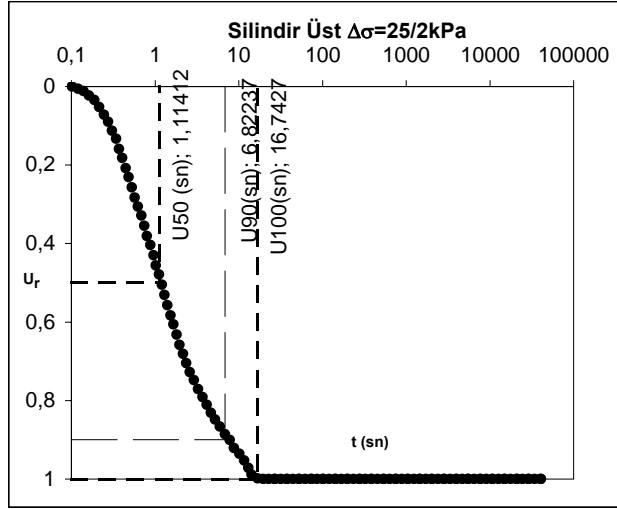
]

SİLİNDİR-ÜST-ROWE

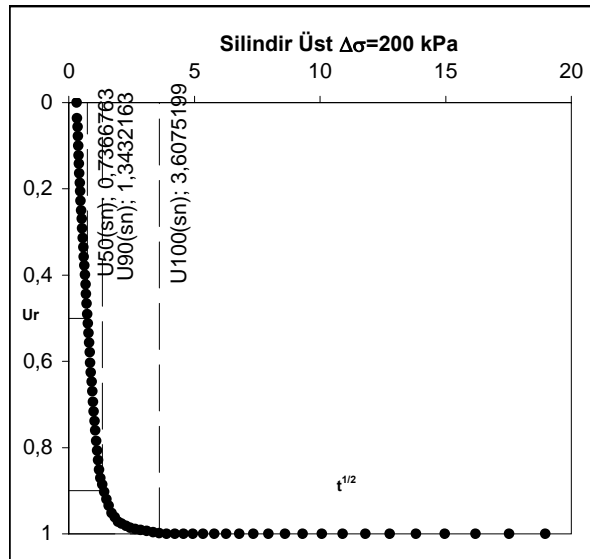
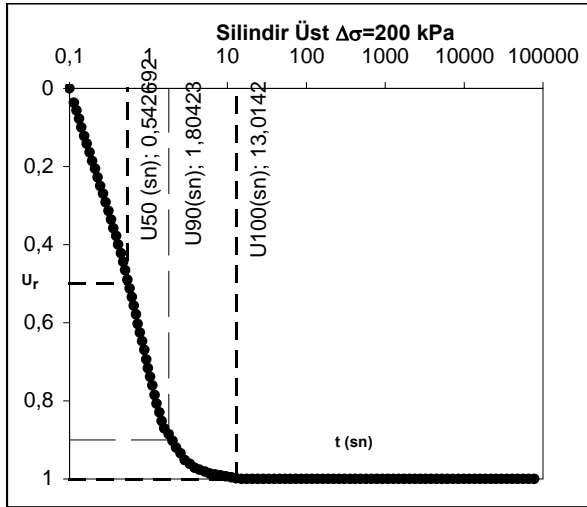
50 kPa

100 kPa

200 kPa



400 kPa



CPT ID	Derinlik (m)	YASS (m)	Uilk (kPa)	Uson (kPa)	1-U max	U0	U50	U90	U100	t donus	Uw min	Uw minimalan	n	m	Tip	Güven	Filtre
CDTYG01	1.100	1.10	-43	0	1.00	3	24	49	67	0	-0.023	0.074	1.306	0.150	1	5	u2
CDTYG01	1.340	1.10	-22	2	0.99	1	5	14	22	0	0.000	0.000	0.850	0.326	1	3	u2
CDTYG01	2.050	1.10	-51	9	1.01	1	25	78	181	0	0.000	0.000	0.799	0.115	1	5	u2
CDTYG01	3.000	1.10	49	19	1.00	416	638	1376	2704	0	-2.000	832.772	1.198	0.025	3	5	u2
CDTYG01	4.210	1.10	-63	31	1.01	15	71	115	224	0	-0.053	0.813	1.886	0.093	1	5	u2
CDTYG01	4.650	1.10	-82	35	1.56	3	0	0	1073	284	0.000	0.000	0.000	0.000	4	5	u2
CDTYG01	5.180	1.10	-68	40	0.99	18	183	302	501	0	-0.019	0.337	1.826	0.055	1	5	u2
CDTYG01	5.830	1.10	-79	46	0.99	4	175	278	496	0	0.000	0.000	1.984	0.058	1	5	u2
CDTYG01	6.830	1.10	-48	56	1.00	31	1010	1959	2790	0	-0.010	0.299	1.390	0.021	1	5	u2
CDTYG02	3.000	0.85	81	47	0.57	26	690	0	0	0	-0.027	0.708	0.000	0.000	2	3	u1
CDTYG02	4.760	0.85	351	41	0.99	1	62	750	3300	0	0.000	0.000	0.370	0.035	1	5	u1
CDTYG02	6.910	0.85	134	60	0.99	2	82	390	1380	0	0.000	0.000	0.591	0.049	1	5	u1
CDTYG02	8.760	0.85	105	78	0.97	601	931	1801	2401	0	-2.207	1326.281	1.396	0.022	3	5	u1
CDTYG02	4.810	0.85	73	39	0.97	361	541	1231	2401	0	-7.153	2582.158	1.121	0.027	3	5	u1
CDTYG02	4.810	0.85	-19	33	1.13	1	80	189	234	390	0.000	0.000	1.072	0.071	4	5	u2
CDTYG02	1.000	0.85	66	1	1.01	20	98	219	601	0	-0.232	4.603	1.144	0.066	3	4	u2
CDTYG02	2.080	0.85	-30	12	1.00	2	48	150	244	0	0.000	0.000	0.807	0.080	1	5	u2
CDTYG02	2.880	0.85	-54	20	1.01	2	244	598	1524	0	0.000	0.000	1.026	0.039	1	5	u2
CDTYG02	3.870	0.85	76	30	0.98	206	360	891	1811	0	-1.412	291.219	1.017	0.032	3	5	u2
CDTYG02	5.330	0.85	-91	44	0.99	14	442	701	935	0	0.000	0.000	1.992	0.036	1	5	u2
CDTYG02	5.690	0.85	-86	47	1.00	4	79	105	160	0	0.000	0.000	3.267	0.098	1	5	u2
CDTYG02	6.990	0.85	-82	58	1.00	13	966	1317	1950	0	0.000	0.000	2.971	0.026	1	5	u2
CDTYG02	8.240	0.85	-76	73	1.00	2	420	557	795	0	0.000	0.000	3.277	0.040	1	5	u2
CDTYG02	9.190	0.85	-84	82	1.26	9	0	0	5694	1173	0.000	0.000	0.000	0.000	4	5	u2
CDTYG03	1.350	1.30	-35	1	1.14	1	0	0	139	43	0.000	0.000	0.000	0.000	4	5	u2
CDTYG03	1.790	1.30	-40	5	1.05	1	12	33	203	64	0.000	0.000	0.911	0.190	4	5	u2
CDTYG03	2.300	1.30	-74	10	1.00	9	103	174	256	0	-0.024	0.210	1.754	0.074	1	5	u2
CDTYG03	2.980	1.30	-94	16	1.01	10	407	636	1234	0	0.000	0.000	2.065	0.038	1	5	u2
CDTYG03	4.020	1.30	-44	27	1.01	2	62	176	602	0	0.000	0.000	0.878	0.074	1	5	u2
CDTYG03	4.300	1.30	-81	29	1.00	2	193	408	650	0	0.000	0.000	1.231	0.047	1	5	u2
CDTYG03	6.030	1.30	-90	46	1.00	13	488	757	1575	0	0.000	0.000	2.103	0.034	1	5	u2
CDTYG03	7.490	1.30	-83	61	1.00	2	645	1114	1948	0	0.000	0.000	1.686	0.028	1	5	u2
CDTYG03	8.720	1.30	-56	73	1.00	4	272	480	873	0	0.000	0.000	1.627	0.044	1	5	u2
CDTYG04	1.975	0.50	-53	14	1.01	1	7	16	38	0	0.000	0.000	1.082	0.296	1	5	u2
CDTYG04	2.845	0.50	-71	23	1.02	1	179	354	1010	0	0.000	0.000	1.349	0.051	1	5	u2
CDTYG04	4.195	0.50	-80	36	0.99	5	408	941	2911	0	0.000	0.000	1.102	0.031	1	5	u2
CDTYG04	5.095	0.50	-42	45	1.10	1	24	47	315	85	0.000	0.000	1.406	0.155	4	5	u2
CDTYG04	5.395	0.50	-66	48	1.01	4	94	172	846	0	0.000	0.000	1.531	0.075	1	5	u2
CDTYG04	6.085	0.50	-49	55	1.85	2	31	48	2315	118	0.000	0.000	2.159	0.153	4	5	u2
CDTYG04	6.895	0.50	-44	63	1.00	7	490	1110	2063	0	0.000	0.000	1.128	0.028	1	5	u2
CDTYG04	7.985	0.50	-7	73	1.01	19	220	494	753	0	-0.037	0.712	1.137	0.043	2	5	u2
CDTYG04	9.515	0.50	-5	88	1.00	15	1698	5558	10035	0	0.000	0.000	0.777	0.013	1	5	u2
CDTYG05	2.005	0.70	-62	13	1.02	3	76	150	266	0	0.000	0.000	1.360	0.081	1	5	u2
CDTYG05	3.285	0.70	-78	25	1.01	4	750	1597	3557	0	0.000	0.000	1.219	0.024	1	5	u2
CDTYG05	5.485	0.70	-79	47	1.01	55	827	1415	2379	0	-0.008	0.437	1.714	0.025	1	5	u2
CDTYG05	5.830	0.70	-88	50	1.17	3	35	49	649	70	0.000	0.000	2.820	0.151	4	5	u2
CDTYG05	7.990	0.70	-53	72	1.18	3	193	333	4811	658	0.000	0.000	1.679	0.053	4	5	u2
CDTYG05	9.235	0.70	-70	84	1.00	3	545	1196	2029	0	0.000	0.000	1.172	0.027	1	5	u2
CDTYG05	9.940	0.70	15	91	1.53	3	122	239	5235	754	0.000	0.000	1.360	0.063	4	5	u2
CDTYG06	2.310	1.20	53	11	1.02	2	13	96	206	0	0.000	0.000	0.460	0.103	1	4	u1
CDTYG06	2.815	1.20	40	16	1.13	1	2	54	1002	250	0.000	0.000	0.289	0.143	4	2	u1
CDTYG06	4.360	1.20	144	31	1.00	1	5	147	553	0	0.000	0.000	0.266	0.081	1	5	u1
CDTYG06	4.990	1.20	37	37	105.61	15	0	0	0	0	-11.117	164.536	0.000	0.000	2	1	u1
CDTYG06	6.300	1.20	63	80	0.00	0	0	0	0	0	-3.007	7140.828	0.000	0.000	5	1	u1
CDTYG06	2.295	1.20	-63	11	0.99	8	130	267	472	0	-0.014	0.111	1.283	0.059	1	5	u2
CDTYG06	2.805	1.20	-72	16	1.00	2	210	465	927	0	0.000	0.000	1.158	0.044	1	5	u2
CDTYG06	4.390	1.20	-63	31	1.09	1	73	142	742	250	0.000	0.000	1.385	0.083	4	5	u2
CDTYG06	4.995	1.20	-98	37	1.01	1	522	838	1530	0	0.000	0.000	1.947	0.033	1	5	u2
CDTYG06	6.285	1.20	-74	50	1.00	3	353	874	1507	0	0.000	0.000	1.017	0.032	1	5	u2
CDTBK07	2.400	1.70	-18	7	0.98	1	21	2888	4978	0	0.000	0.000	0.190	0.020	1	2	u2
CDTBK07	5.010	1.70	6	29	0.87	764	5273	11981	11981	0	-0.113	86.562	1.123	0.009	2	3	u2
CDTSR08	2.640	2.20	335	4	0.99	2	14	107	1010	0	0.000	0.000	0.448	0.097	1	5	u1
CDTSR08	3.510	2.20	438	13	0.99	2	14	115	1209	0	0.000	0.000	0.432	0.093	1	5	u1
CDTSR08	3.770	2.20	154	15	0.98	4	15	90	356	0	-0.223	0.894	0.511	0.107	2	5	u1
CDTSR08	6.400	2.20	198	41	0.98	92	228	738	2407	0	-0.350	32.310	0.784	0.035	5	5	u1
CDTSR08	2.540	2.20	292	8	0.99	1	12	80	416	0	0.000	0.000	0.481	0.114	1	5	u2
CDTSR08	3.600	2.20	-40	14	1.00	2	36	96	186	0	0.000	0.000	0.930	0.103	1	5	u2
CDTSR08	3.730	2.20	-29	18	1.00	18	65	162	377	0	-0.114	2.091	0.999	0.077	2	4	u2
CDTSR08	6.370	2.20	-78	41	1.07	3	105	194	893	348	0.000	0.000	1.494	0.070	4	5	u2
CDTTE09	2.545	2.00	-17	5	1.05	1	6	213	359	0	0.000	0.000	0.258	0.067	1	4	u2
CDTTE09	3.205	2.00	-23	-6	0.49	2	891	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	2	u2
CDTTE09	3.695	2.00	-28	9	0.99	1	643	2585	3548	0	0.000	0.000	0.662	0.019	1	3	u2
CDTTE09	4.235	2.00	-19	8	0.99	5	67	6562	8880	0	0.000	0.000	0.201	0.012	1	2	u2
CDTTE09	5.195	2.00	-11	26	0.99	4	1072	3419	4976	0	0.000	0.000	0.794	0.016	1	3	u2
CDTTE10	3.280	2.20	-8	3	0.94	18	105	225	253	0	-0.157	2.770	1.215	0.065	2	3	u2
CDTTE10	4.285	2.20	-19	-9	0.46	8	451	0	0	0	-0.046	0.376	0.000	0.000	1	2	u2
CDTTE10	4.230	2.20	-17	11	1.00	1	10	24	36	0	0.000	0.000	1.019	0.230	1	4	u2
CDTTE10	5.160	2.20	-24	8	0.60	2	269	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	2	u2
CDTTE10	6.475	2.20	-75	42	1.00	7	180	302	584	0	0.000	0.000	1.780	0.055	1	5	u2

CPT ID	Derinlik (m)	YASS (m)	Ujlk (kPa)	Uson (kPa)	1-U max	U0	U50	U90	U100	t donus	Uw min	Uw minimal	n	m	Tip	Güven	Filtre
CDTTE10	7.240	2.20	-8	49	1.01	1	46	312	935	0	0.000	0.000	0.479	0.054	1	4	u2
CDTTE10	8.185	2.20	39	27	-0.60	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	3	1	u2
CDTTE10	9.140	2.20	36	68	1.45	13	66	120	2563	343	-0.154	1.944	1.538	0.091	4	4	u2
CDTTE10	10.090	2.20	32	77	1.01	7	202	536	1800	0	0.000	0.000	0.943	0.041	1	2	u2
CDTSA11	2.875	2.70	-18	-18	0.15	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	u2
CDTSA11	3.485	2.70	-22	-4	0.61	2	1231	0	0	0	-0.034	0.074	0.000	0.000	1	3	u2
CDTSA11	4.105	2.70	-8	-4	0.18	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	u2
CDTSA11	4.480	2.70	-29	17	1.01	2	35	257	786	0	0.000	0.000	0.464	0.060	1	5	u2
CDTSA11	5.500	2.70	-11	27	0.98	17	1727	4938	6589	0	0.000	0.000	0.877	0.013	1	4	u2
CDTYA12	2.305	2.40	101	25	0.75	2	54	0	0	0	-0.020	0.032	0.000	0.000	1	3	u1
CDTYA12	2.720	2.40	36	3	1.09	1	10	48	567	165	0.000	0.000	0.589	0.153	4	3	u1
CDTYA12	3.660	2.40	266	12	1.00	2	7	67	637	0	0.000	0.000	0.408	0.126	1	5	u1
CDTYA12	5.305	2.40	291	29	1.00	29	54	190	798	0	-2.141	62.526	0.730	0.071	3	5	u1
CDTYA12	6.570	2.40	224	41	1.01	1	222	1641	5380	0	0.000	0.000	0.461	0.023	5	4	u1
CDTYA12	2.275	2.40	36	19	0.53	1	279	0	0	288	0.000	0.000	0.000	0.000	4	2	u2
CDTYA12	2.720	2.40	-3	11	2.28	1	0	0	0	62	0.000	0.000	0.000	0.000	4	1	u2
CDTYA12	3.690	2.40	29	36	0.00	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	3	1	u2
CDTYA12	5.325	2.40	-47	29	1.00	1	166	660	2051	0	0.000	0.000	0.668	0.037	1	4	u2
CDTYA12	6.565	2.40	-77	41	1.86	2	80	123	5480	323	0.000	0.000	2.162	0.090	4	4	u2
CDTKO13	1.890	1.67	-73	2	1.01	1	28	59	293	0	0.000	0.000	1.231	0.135	1	5	u2
CDTKO13	2.295	1.67	-46	6	2.07	1	11	17	806	57	0.000	0.000	1.903	0.286	4	5	u2
CDTKO13	2.575	1.67	-56	9	1.25	1	27	50	1045	109	0.000	0.000	1.553	0.149	4	5	u2
CDTKO13	3.010	1.67	-20	13	2.81	1	3	6	707	31	0.000	0.000	1.457	0.589	4	5	u2
CDTKO13	3.440	1.67	62	17	1.01	1397	2228	3974	5998	0	-1.871	2613.867	1.592	0.015	3	5	u2
CDTKO13	3.880	1.67	32	29	0.29	233	962	0	0	0	-0.872	203.374	0.000	0.000	3	2	u2
CDTYH14	2.615	2.40	-29	2	1.01	2	86	390	876	0	0.000	0.000	0.608	0.049	1	5	u2
CDTYH14	3.085	2.40	-62	7	1.01	4	132	293	636	0	0.000	0.000	1.159	0.056	1	5	u2
CDTYH14	4.600	2.40	-68	22	1.01	3	13	21	33	0	-0.011	0.038	1.848	0.249	1	5	u2
CDTYH14	5.100	2.40	-42	26	1.00	1	11	23	42	0	0.000	0.000	1.217	0.240	1	5	u2
CDTYH14	6.020	2.40	-26	36	1.07	8	22	41	300	78	-0.065	0.534	1.469	0.167	6	5	u2
CDTYH14	7.620	2.40	-20	51	1.01	2	89	222	572	0	0.000	0.000	1.012	0.065	1	5	u2
CDTYH14	9.120	2.40	85	66	1.00	777	1029	1738	1982	0	-4.369	3396.583	1.758	0.023	3	5	u2
CDTYH14	10.010	2.40	-53	75	1.01	14	375	850	2102	0	-0.008	0.107	1.125	0.032	1	5	u2
CDTOR15	2.810	2.10	-61	7	0.99	3	24	56	160	0	-0.015	0.041	1.104	0.139	1	5	u2
CDTOR15	3.785	2.10	-14	17	3.58	2	5	8	4203	119	-0.032	0.052	2.430	0.520	4	5	u2
CDTOR15	4.785	2.10	-83	26	0.99	2	73	124	533	0	0.000	0.000	1.716	0.089	1	5	u2
CDTOR15	5.550	2.10	-76	34	0.98	1	54	105	295	0	0.000	0.000	1.405	0.098	1	5	u2
CDTOR15	6.430	2.10	-58	42	1.00	2	14	24	47	0	-0.020	0.044	1.784	0.233	1	5	u2
CDTKO16	1.995	1.10	-5	-3	0.29	0	0	0	0	0	-0.218	1.132	0.000	0.000	3	1	u2
CDTKO16	3.195	1.10	-16	21	1.00	4	27	71	141	0	0.000	0.000	0.943	0.122	1	5	u2
CDTKO16	4.690	1.10	3	35	1.00	1	8	16	20	0	0.000	0.000	1.238	0.300	1	3	u2
CDTKO16	6.190	1.10	-35	50	1.01	4	63	132	201	0	0.000	0.000	1.251	0.086	1	5	u2
CDTTK17	2.985	1.75	611	12	1.00	2	12	110	840	0	0.000	0.000	0.422	0.095	1	4	u1
CDTTK17	3.235	1.75	161	15	1.00	1	56	362	1430	0	0.000	0.000	0.493	0.050	5	5	u1
CDTTK17	3.690	1.75	115	108	0.07	0	0	0	0	0	-0.990	1415.765	0.000	0.000	3	2	u1
CDTTK17	4.330	1.75	176	25	1.00	1	6	81	261	0	0.000	0.000	0.354	0.113	1	4	u1
CDTTK17	4.890	1.75	74	31	1.00	204	341	660	1090	0	-1.605	328.017	1.392	0.037	3	4	u1
CDTTK17	6.250	1.75	603	44	1.00	2	12	78	374	0	0.000	0.000	0.502	0.116	1	4	u1
CDTTK17	6.930	1.75	653	51	1.00	2	19	135	609	0	0.000	0.000	0.470	0.085	1	3	u1
CDTTK17	2.975	1.75	-59	12	1.00	2	50	143	528	0	0.000	0.000	0.869	0.083	1	5	u2
CDTTK17	3.230	1.75	-66	15	0.98	1	52	146	573	0	0.000	0.000	0.895	0.082	1	5	u2
CDTTK17	3.480	1.75	-70	17	1.00	5	51	98	315	0	0.000	0.000	1.423	0.102	1	5	u2
CDTTK17	3.680	1.75	20	19	0.00	0	0	0	0	0	-119.06	273859.004	0.000	0.000	3	2	u2
CDTTK17	4.980	1.75	-58	32	1.04	5	20	33	175	51	-0.055	0.289	1.789	0.191	6	5	u2
CDTTK17	5.580	1.75	-85	38	1.13	1	52	77	515	124	0.000	0.000	2.331	0.116	4	5	u2
CDTTK17	7.905	1.75	-42	60	0.99	2	36	97	607	0	0.000	0.000	0.925	0.102	1	5	u2
CDTTK17	8.285	1.75	-71	64	1.00	3	84	145	475	0	0.000	0.000	1.702	0.082	1	4	u2
CDTSR18	2.590	1.10	205	15	0.09	0	0	0	0	0	-0.531	0.000	0.000	0.000	5	2	u2
CDTSR18	3.125	1.10	234	20	0.32	0	10248	0	0	0	-0.696	4014.345	0.000	0.000	5	2	u2
CDTYA19	2.980	2.70	-21	3	0.98	524	1268	2505	2717	0	-0.299	156.699	1.353	0.019	3	3	u1
CDTYA19	3.290	2.70	45	6	1.02	1	9	27	160	45	0.000	0.000	0.811	0.213	4	5	u1
CDTYA19	5.120	2.70	833	24	0.99	1	4	69	944	0	0.000	0.000	0.324	0.124	1	5	u1
CDTYA19	5.730	2.70	608	30	0.99	1	20	334	3558	0	0.000	0.000	0.326	0.053	1	5	u1
CDTYA19	2.990	2.70	-7	3	1.00	7	56	1358	1469	0	-0.100	0.697	0.289	0.026	1	3	u2
CDTYA19	3.290	2.70	-15	6	0.99	5	45	156	290	0	0.000	0.000	0.747	0.079	1	4	u2
CDTYA19	5.100	2.70	-23	24	1.01	2	725	2246	3846	0	0.000	0.000	0.816	0.020	1	5	u2
CDTYA19	5.720	2.70	-50	30	0.99	2	1315	3849	7041	0	0.000	0.000	0.858	0.015	1	5	u2
CDTYA19	6.470	2.70	-34	37	2.00	5	250	438	0	1420	0.000	0.000	1.658	0.046	4	2	u2
CDTTZ20	2.730	2.60	20	1	1.02	581	781	1132	1456	0	-1.232	715.704	2.486	0.028	5	5	u1
CDTTZ20	3.430	2.60	152	8	0.98	1	495	2035	4011	0	0.000	0.000	0.652	0.021	5	5	u1
CDTTZ20	7.380	2.60	316	47	0.99	1	194	867	3066	0	0.000	0.000	0.615	0.032	5	5	u1
CDTTZ21	2.520	2.60	-42	0	1.00	75	437	1029	1448	0	-0.024	1.795	1.077	0.029	2	4	u2
CDTTZ21	3.910	2.60	31	45	0.00	0	0	0	0	0	-3.251	17169.878	0.000	0.000	5	2	u2
CDTTZ21	8.200	2.60	96	119	0.00	0	0	0	0	0	-2.630	18818.995	0.000	0.000	3	2	u2
CDTOZ22	2.710	2.50	12	21	0.00	0	0	0	0	0	-5.231	6681.596	0.000	0.000	5	1	u1
CDTOZ22	4.070	2.50	125	15	1.00	2	20	138	486	0	0.000	0.000	0.480	0.084	1	5	u1
CDTOZ22	5.080	2.50	52	25	1.00	65	131	332	494	0	-0.630	41.066	0.989	0.053	3	5	u1
CDTOZ22	5.590	2.50	246	30	1.00	2	67	383	1820	0	-0.037	0.059	0.529	0.049	5	5	u1
CDTOZ22	7.610	2.50	209	50	1.01	14	48	168	394	0	-0.132	1.796	0.734	0.076	5	5	u1

CPT ID	Derinlik (m)	YASS (m)	Ujlk (kPa)	Uson (kPa)	1-U max	U0	U50	U90	U100	t donus	Uw min	Uw minimalan	n	m	Tip	Güven	Filtre
CDTOZ22	2.200	2.50	-27	0	1.00	160	353	702	850	0	-0.444	71.111	1.340	0.036	3	4	u2
CDTOZ22	3.920	2.50	-33	14	1.00	6	19	38	56	0	-0.106	0.681	1.350	0.176	2	5	u2
CDTOZ22	5.090	2.50	-75	25	1.00	2	255	485	772	0	0.000	0.000	1.433	0.043	1	5	u2
CDTOZ22	5.570	2.50	-74	30	1.36	2	74	117	1336	233	0.000	0.000	1.995	0.092	4	5	u2
CDTOZ22	7.690	2.50	94	51	1.00	413	604	1107	1551	0	-2.768	1142.504	1.522	0.028	3	5	u2
CDTHO23	2.000	1.55	1	4	1.00	61	74	106	195	0	-3.911	237.638	2.620	0.098	3	5	u2
CDTHO23	2.900	1.55	1	13	5.04	7	13	19	9130	181	-0.102	0.718	2.213	0.267	6	5	u2
CDTHO23	3.320	1.55	1	17	1.00	31	115	267	534	0	-0.132	4.135	1.095	0.059	3	5	u2
CDTHO23	3.750	1.55	-37	-35	0.00	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	u2
CDTHO23	4.015	1.55	-64	24	1.00	128	371	710	1615	0	-0.125	16.025	1.417	0.036	3	5	u2
CDTHO23	6.675	1.55	-22	50	1.26	1	33	64	1166	158	0.000	0.000	1.378	0.129	4	4	u2
CDTIS24	4.170	2.00	139	21	1.00	1	37	251	577	0	0.000	0.000	0.482	0.061	1	5	u1
CDTIS24	4.990	2.00	59	29	1.00	1	24	177	384	0	0.000	0.000	0.460	0.074	1	4	u1
CDTIS24	5.310	2.00	61	78	0.00	0	0	0	0	0	-3.575	13286.611	0.000	0.000	3	2	u1
CDTIS24	5.910	2.00	195	38	1.00	1	29	332	1056	0	0.000	0.000	0.376	0.053	1	5	u1
CDTIS24	4.700	2.00	-10	26	1.00	2	64	224	385	0	0.000	0.000	0.736	0.065	1	4	u2
CDTIS24	4.970	2.00	-26	29	1.00	2	42	117	492	0	0.000	0.000	0.897	0.092	1	5	u2
CDTIS24	5.250	2.00	-38	32	2.17	2	25	38	3014	112	0.000	0.000	2.173	0.174	4	4	u2
CDTIS24	5.880	2.00	7	38	1.00	2	18	51	131	0	0.000	0.000	0.863	0.147	1	5	u2
CDTTH25	3.685	3.90	187	0	1.00	1	276	927	2051	0	0.000	0.000	0.761	0.031	5	5	u1
CDTTH25	5.120	3.90	167	12	1.00	21	80	363	1680	0	-0.071	1.476	0.611	0.050	3	5	u1
CDTTH25	5.310	3.90	94	14	1.00	1	92	375	934	0	0.000	0.000	0.656	0.049	1	5	u1
CDTTH25	5.760	3.90	168	18	1.00	4	54	245	677	0	0.000	0.000	0.608	0.062	1	5	u1
CDTTH25	6.000	3.90	100	21	1.01	1	65	281	727	0	0.000	0.000	0.628	0.058	1	5	u1
CDTTH25	6.580	3.90	63	26	1.01	1	10	66	133	0	0.000	0.000	0.489	0.127	1	5	u1
CDTTH25	6.785	3.90	18	28	3.90	0	0	0	375	7	0.000	0.000	0.000	0.000	4	2	u1
CDTTH25	2.790	3.90	39	0	1.00	96	302	883	1352	0	-0.154	14.738	0.859	0.032	3	5	u2
CDTTH25	3.710	3.90	44	0	1.00	918	1516	3322	4857	0	-1.636	1502.836	1.175	0.016	3	5	u2
CDTTH25	5.130	3.90	-31	12	2.28	2	24	43	1967	196	0.000	0.000	1.626	0.162	4	4	u2
CDTTH25	5.290	3.90	-62	14	1.00	7	192	403	677	0	0.000	0.000	1.244	0.048	1	5	u2
CDTTH25	5.750	3.90	-30	18	1.02	3	39	96	153	0	0.000	0.000	1.037	0.103	1	5	u2
CDTTH25	5.990	3.90	-70	21	0.98	3	287	677	1673	0	0.000	0.000	1.073	0.036	1	5	u2
CDTTH25	6.500	3.90	-21	26	1.01	13	139	347	734	0	-0.022	0.271	1.008	0.052	2	5	u2
CDTTH25	6.710	3.90	-7	28	1.01	3	65	183	291	0	0.000	0.000	0.890	0.080	1	5	u2
CDTTH25	6.710	3.90	-7	28	1.01	3	65	183	291	0	0.000	0.000	0.883	0.072	1	5	u2
CDTTH26	7.550	1.10	12	63	1.00	78	504	1488	2456	0	-0.059	4.589	0.851	0.024	2	5	u2
CDTYM27	8.790	1.90	95	68	0.91	780	1080	1482	0	0	-3.101	2420.145	2.912	0.024	3	4	u2
CDTIS28	9.540	2.65	-49	68	1.01	2	482	917	1217	0	0.000	0.000	1.431	0.031	1	5	u2
CDTYG29	2.000	0.80	-22	12	1.00	4	126	325	540	0	0.000	0.000	0.977	0.053	1	5	u2
CDTYG29	4.000	0.80	-21	18	0.74	2	192	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	3	u2
CDTYG29	6.010	0.80	-12	46	0.92	3	123	412	0	0	0.000	0.000	0.759	0.047	1	4	u2
CDTYG29	8.000	0.80	63	108	0.00	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	u2
CDTYG29	10.000	0.80	63	79	0.59	6	221	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1	3	u2
CDTDL30	9.270	1.20	23	79	1.02	3	11	24	40	0	0.000	0.000	1.266	0.234	1	5	u2
CDTOR31	7.120	0.90	-5	61	1.00	3	27	112	528	0	0.000	0.000	0.643	0.094	1	5	u2
CDTPA32	10.440	1.60	84	87	37.66	2	0	0	1300	60	0.000	0.000	0.000	0.000	4	4	u2
CDTYG33	5.650	2.20	-33	34	1.00	7	169	767	1626	0	-0.015	0.099	0.610	0.034	1	5	u2
CDTOZ34	8.610	2.30	-1	62	1.00	2	20	60	280	0	0.000	0.000	0.834	0.134	1	5	u2
CDTYC35	7.500	1.80	-79	56	1.00	27	184	412	1301	0	-0.037	1.015	1.143	0.047	2	5	u2
CDTYM36	7.390	3.50	-31	38	1.00	13	165	366	621	0	-0.043	0.574	1.157	0.050	2	5	u2
CDTHO37	4.000	1.00	50	38	0.63	52	156	0	0	0	-0.243	12.543	0.000	0.000	3	3	u2
CDTHO37	7.000	1.00	156	59	0.94	103	208	705	0	0	-0.906	93.127	0.755	0.036	3	4	u2
CDTHO37	10.000	1.00	153	149	0.06	0	0	0	0	0	-1.777	0.000	0.000	0.000	3	2	u2
CDTHO37	13.000	1.00	-46	251	2.75	2	0	0	0	662	0.000	0.000	0.000	0.000	4	3	u2
CDTTE38	5.010	1.00	43	39	1.00	1897	0	0	2738	0	-23.989	45515.980	0.000	0.000	3	4	u2
CDTTE38	10.000	1.00	-46	88	1.00	3	32	60	90	0	0.000	0.000	1.436	0.133	1	5	u2
CDTDL39	5.000	1.70	34	68	0.00	2468	0	0	0	0	-73.755	182043.024	0.000	0.000	3	2	u2
CDTDL39	12.000	1.70	29	101	1.01	8	30	61	161	0	-0.111	0.844	1.274	0.133	2	5	u2
CDTYC40	6.790	0.50	-14	62	1.00	4	17	108	317	0	-0.013	0.050	0.498	0.096	1	5	u2
CDTER41	9.020	2.30	-78	66	1.00	3	94	171	234	0	0.000	0.000	1.540	0.075	1	5	u2
CDTOZ42	8.500	1.40	-65	70	1.42	2	0	0	1861	175	0.000	0.000	0.000	0.000	4	5	u2
CDTSM43	8.000	0.80	-47	71	1.01	4	11	35	579	0	0.000	0.000	0.830	0.185	1	5	u2
CDTYC44	5.030	0.90	-47	41	1.00	3	17	37	153	0	0.000	0.000	1.193	0.178	1	5	u2
CDTCM45	5.770	2.00	-1	34	0.92	123	216	421	0	0	-0.553	68.113	1.378	0.047	3	4	u2
CDTOZ46	10.380	1.45	-68	88	1.01	12	258	444	927	0	-0.006	0.077	1.702	0.045	1	5	u2
CDTOZ47	11.160	0.85	-59	101	0.91	2	133	403	0	0	0.000	0.000	0.832	0.048	1	5	u2
CDTOR48	6.940	0.80	-31	60	1.00	14	230	474	794	0	-0.011	0.149	1.270	0.044	2	5	u2
CDTOZ49	10.470	2.00	-56	83	1.00	14	263	533	1052	0	-0.007	0.098	1.304	0.041	1	5	u2
CDTOZ50	4.570	1.70	-35	28	1.01	6	162	393	1026	0	0.000	0.000	1.042	0.048	1	5	u2

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No.:	104M387
Proje Başlığı:	Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesinde Koni Penetrasyon Deneyi (CPT) Sönümlenme Yönteminin Uygulanması
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:	Prof. Dr. Akın ÖNALP Y. Doç. Dr. Ersin AREL Y. Doç. Dr. Ertan BOL Y. Doç. Dr. Aşkın ÖZOCAK Y. Doç. Dr. Sedat SERT
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Geoteknik Anabilim Dalı, 54187 Adapazarı
Destekleyen Kuruluşun Adı ve Adresi:	İstanbul Kültür Üniversitesi, 34156 Bakırköy
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01 Eylül 2005 / 30 Kasım 2007
Öz:	Sıvılaşma, deprem titreşimleri alan su altındaki zemin ortamlarında beliren bir doğa olayıdır. 1999 depreminde Sakarya ve Kocaeli’ de görüldüğü gibi ince daneli zeminlerin sıvılaşması hasara neden olmuştur. Koni penetrasyon deneyi CPTU, çağdaş ve etkin bir zemin arazi deneyidir. Bu projede, zeminlerin sıvılaşabilirliğini teşhis için CPTU verilerinin kullanılabilirliği araştırılmış, ümit verici sonuçlar alınmıştır.
Anahtar Sözcükler:	İnşaat mühendisliği, geoteknik, deprem, Adapazarı, silt, kil, zemin yenilmesi, kum etki faktörü, sıvılaşma, çevrimsel hareketlilik, koni penetrasyon deneyi, CPTU, piyezokoni, boşluk suyu basıncı, sönümlenme, konsolidasyon, Casagrande, Taylor, hidrolik hücre, Rowe, ödometre, kalibrasyon silindiri, curve fitting, Comsol.
Projeden Yapılan Yayınlar:	<ol style="list-style-type: none">1. “Determination of the Overconsolidation Ratio by the Use of CPTU Data in Alluvial Soils”, A. Önalp, A. Özocak, S. Sert, E. Arel, <i>Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering, 11-13 October 2006, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey.</i>2. “Estimation of Undrained Shear Strength from Tip Resistances Measured in the Cone Penetration Test”, E. Bol, N. Ural, A. Önalp, <i>Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering, 11-13 October 2006, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey.</i>3. “Koni Penetrasyon Deneyi ile Yüzeysel Temel Taşıma Gücünün Belirlenmesi”, A. Özocak, A. Önalp, E. Arel, 2. <i>Geoteknik Sempozyumu, 22-23 Kasım 2007, TMMOB Adana İnşaat Mühendisleri Odası.</i>

