

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KADAR AIR TERHADAP TEKANAN PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF ARAH VERTIKAL

Abdul Hakim Fardiansyah¹, Harimurti², Suroso²
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email : abd.hakim.fardiansyah@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif memiliki potensi mengembang yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan jenis tanah lempung yang lainnya. Tanah jenis ini dapat dijumpai di beberapa tempat, salah satunya di Kecamatan Paron, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Tanah lempung ekspansif ini merupakan jenis tanah yang memiliki butiran halus dengan ukuran koloidal yang terbentuk dari mineral montmorillonite, illite dan kaolinite. Semua tanah lempung ekspansif akan mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar, itu terjadi karena adanya penambahan atau pengurangan kadar air.

Pengujian yang dilakukan menggunakan alat oedometer, dimana cara pemasangan pada alat oedometer sama dengan percobaan konsolidasi, dan pengujiannya sesuai dengan SNI 6424:2008. Metode pengujian dan analisisnya menggunakan metode A yang sesuai dengan SNI, pengujiannya dilakukan selama kurang lebih 2,5 bulan. Tekanan yang diberikan sebesar 5; 10; 20; 40; 80, kPa dst, hingga pembacaan nilai angka porinya sama / kembali ke angka pori awal.

Hasil pengujian yang dilakukan mendapatkan dua parameter, yaitu potensi pengembangan dan tekanan pengembangan. Pada sampel 1 kadar air OMC, potensi pengembangannya didapatkan nilai 1,251%, OMC -5% didapatkan nilai 1,377%, OMC +5% didapatkan nilai 0,999%, sedangkan pada sampel 2 nilai kadar air OMC sebesar 1,106%, OMC -5% didapatkan nilai 1,194%, OMC +5% didapatkan nilai 0,864%. Untuk tekanan pengembangan pada sampel 1 kadar air OMC, didapatkan nilai 1295 kPa, OMC -5% didapatkan nilai 1495 kPa, OMC +5% didapatkan nilai 1195kPa, sedangkan pada sampel 2 nilai kadar air OMC sebesar 1195 kPa, OMC -5% didapatkan nilai 1295 kPa, OMC +5% didapatkan nilai 1095 kPa. Dari hasil tersebut, didapatkan bahwa, jika kadar air ditambahkan, maka potensi pengembangan dan tekanan pengembangannya akan berkurang, apabila kadar air dikurangi, maka potensi pengembangan dan tekanan pengembangannya besar. Hal ini dikarenakan adanya pergerakan air ke daerah kation (interlayer) yang merupakan lapisan ganda pada permukaan lempung. Lapisan ganda ini dapat menarik air secara elektrik kemudian berada di sekitar partikel lempung yang dikenal sebagai lapisan air ganda.

Kata kunci : Tanah Ekspansif, Pengembangan, Tekanan Pengembangan, Oedometer.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

1. PENDAHULUAN

Secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia antara satu sama lain, melainkan terjadi dari bahan-bahan organik yang telah melapuk dan disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel pada tanah tersebut. Tanah mempunyai ikatan antara butiran satu dengan butiran lainnya, jika ikatan antar butiran relatif lemah, bisa disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel tanah.

Tanah lempung ekspansif memiliki potensi mengembang yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan jenis tanah lempung yang lainnya. Tanah jenis ini dapat dijumpai di beberapa tempat, salah satunya di Kecamatan Paron, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Tanah lempung ekspansif ini merupakan jenis tanah yang memiliki butiran halus dengan ukuran koloidal yang terbentuk dari mineral ekspansif.

Beberapa jenis mineral ekspansif diantaranya adalah montmorillonite, illite dan kaolinite. Untuk mengetahui jenis tanah ekspansif, maka perlu dilakukan penyelidikan geoteknik, yaitu dengan melakukan pengambilan sampel tanah di lapangan dan melakukan pengujian laboratorium.

Pada umumnya tanah ekspansif sangat sensitif terhadap pengaruh musim. Sifat-sifat tanah dan kondisi lingkungan juga merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi perilaku kembang dan susut pada tanah ekspansif jenis ini. Jenis tanah ini sangat berpengaruh pada bangunan sipil, seperti pada bendungan, jembatan, jalan raya, dinding penahan tanah, pondasi, dan lain sebagainya.

Seiring dengan pergantian musim, variasi kadar air dalam tanah akan terus menerus terjadi sepanjang tahun. Dalam sudut pandang mekanika tanah, adanya variasi kadar air tersebut mengakibatkan

adanya variasi parameter tanah dan variasi tegangan tanah. Variasi yang terjadi tersebut tentunya memberikan pengaruh pada bangunan struktur seperti pada pondasi dan berpengaruh terhadap struktur lainnya yang letaknya diatas tanah ekspansif.

Tanah yang menjadi persoalan di sepanjang ruas jalan Kecamatan Paron, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur ini adalah tanah lempung ekspansif, Tanah jenis ini sebelumnya pernah diteliti oleh Dwi Ratna, dkk. Hasil identifikasi mengenai jenis tanah ini yaitu tanah MH atau OH. Dengan nilai $LL = 103.887 \%$, $IP = 56,3605 \%$, $PL = 47.527 \%$, $SL = 8,992 \%$ dan Probable Swell = 185 %, maka tanah ini merupakan tanah ekspansif dengan kandungan Illite, yang memiliki tingkat dan potensi pengembangan yang sangat tinggi.

Untuk mengetahui besarnya pengembangan (*swelling*) dan tekanan swelling yang terjadi pada tanah yang bersifat ekspansif, dapat dilakukan dengan cara uji pemadatan. Dengan berbagai macam persentase pencampuran kadar air (w) maka pengaruh tekanan pengembangan (*swelling*) akan didapatkan hasil atau nilai-nilai yang bervariasi. Berangkat dari pengertian di atas besar artinya pengaruh tekanan pengembangan (*swelling*) pada tanah lempung ekspansif yang dipengaruhi oleh air.

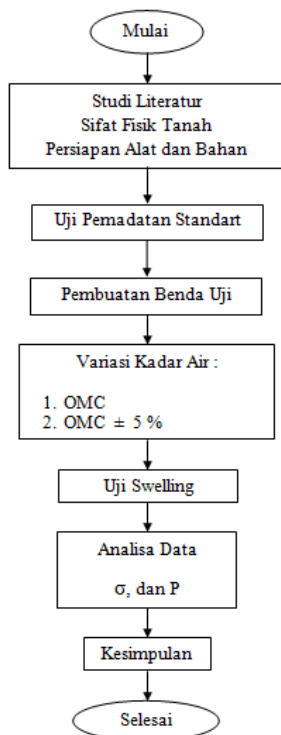
2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian memberikan gambaran langkah-langkah penelitian secara sistematis supaya proses penelitian dapat berjalan lebih teratur dan sesuai dengan SNI 6424:2008 tentang cara uji pengembangan atau penurunan satu dimensi tanah kohesif.

Pengujian pada penelitian ini ada 3 percobaan, yang pertama adalah Pemeriksaan Kadar Air, yang kedua Uji Proktor Standar, dan yang ketiga adalah Uji Swelling Arah Vertikal menggunakan alat oedometer.

Percobaan ini menggunakan variasi kadar air sebanyak 3 jenis, yaitu OMC, OMC +5%, dan OMC -5%.

Bagan alur perencanaan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan Alur Perencanaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Jenis Tanah dan Pemadatan Standar

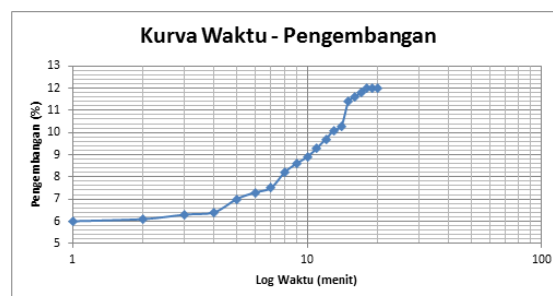
Hasil pengujian pada pemeriksaan sifat-sifat tanah baik sifat fisik/ *physical properties* yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini diambil dari data sekunder yakni pada penelitian terdahulu. Adapun sifat-sifat tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 1

| Jenis Pengujian | Parameter | Satuan | |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|---|
| Minerologi Tanah | Difraksi Sinar X | | Montmorillonite-15A; Cristobalite, syn; Albite, disordered. |
| Kandungan Air Alami | | % | 40.55 |
| Specific Gravity | | - | 2.66 |
| Berat Isi Tanah | | gr/cm ³ | 1.11 |
| Distribusi Butiran | Pasir Kasar | % W _{tot} | 0 |
| | Pasir Sedang | % W _{tot} | 0 |
| | Pasir Halus | % W _{tot} | 2.25 |
| | Lanau (Silt) | % W _{tot} | 31.5 |
| | Lempung (Clay) | % W _{tot} | 66.051 |
| Batas Atterberg | Batas Cair | wc % | 103.887 |
| | Batas Plastis | wc % | 47.527 |
| | Indeks plastisitas | wc % | 56.3605 |
| Sifat Pemadatan | Berat isi kering | (gr/cm ³) | 1.142 |
| | Kadar Air Optimum (OMC) | (w) % | 30.169 |
| Free Swelling | | % | 185 |

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah (Ratna, dkk 2012).

3.2. Hasil Pengujian Pengembangan

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium sesuai dengan rancangan penelitian yang telah direncanakan Dari percobaan di laboratorium sampel tanah sebelum mengalami penurunan (konsolidasi), sampel tanah tersebut mengalami pengembangan (*swelling*) terlebih dahulu. Hasil pengembangannya tersebut seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Pengujian Pengembangan Untuk Tekanan Penyeimbang Sebesar 1,5 kPa

Pembacaan pertama dimulai pada jam ke 0, kemudian 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 15; 30; 60; 120; 240; 480; 1440; 2880; 4320; hingga 8640 menit (hingga pengembangan primer selesai). Pengujian ini sesuai dengan SNI 6424:2008 tentang cara uji pengembangan atau penurunan satu dimensi tanah kohesif dan ASTM D 4546-90 tentang *One dimensions swell or settlement potensial of cohesive soil*.

Setelah pembacaan pengembangan primer terjadi, dilakukan penambahan beban hingga sampel tanah kembali ke kondisi semula (kembali ke angka pori/tinggi awal atau pembacaan awal). Untuk mencari nilai angka pori awal, dan perlu dilakukan perhitungan seperti pada Tabel 2.

| Kadar Air dan Berat Isi | Satuan | Sebelum | Setelah | Angka Pori | Satuan | Sebelum | Setelah |
|---|--------------------|---------|---------|---|-----------------|----------|---------|
| Berat Tanah Basah + Cincin | gr | 182.200 | 179.000 | Tinggi Sample | cm | 1.93000 | 1.91800 |
| Berat Cincin | gr | 64.200 | 64.200 | Luas | cm ² | 31.18500 | |
| Berat Control Basah (W _s) | gr | 118.100 | 114.800 | Volume | cm ³ | 60.1871 | 59.8128 |
| Berat Control Kering (W _s) | gr | 109.800 | 109.800 | H _t = (W _s / (A · G _s)) | cm | 1.3237 | 1.3237 |
| Berat Air (W _w) | gr | 8.300 | 5.000 | Angka Pori e = (H - H _t) / H _t | | 0.4581 | 0.4490 |
| Kadar Air (W _w / W _s) × 100% | % | 7.559 | 4.554 | Berat Jenis | | | 2.6600 |
| Berat Isi Basah | gr/cm ³ | 1.870 | 1.818 | | | | |
| Berat Isi Kering | gr/cm ³ | 1.739 | 1.739 | | | | |

Tabel 2 Perhitungan Angka Pori Awal (e).

Dari Tabel 2, didapatkan nilai angka pori awal sebesar 0,4581, angka pori awal digunakan untuk membuat kurva tekanan angka pori-log digunakan untuk membuat kurva tekanan angka pori-log vertikal seperti pada Gambar 3 yang sesuai dengan SNI 6424:2008 tentang cara uji pengembangan atau penurunan satu dimensi tanah kohesif cara A dan ASTM D 4546-90 tentang *One dimensions swell or settlement potential of cohesive soil.*



Gambar 3 Kurva Hubungan Angka Pori-Log Tekanan Hasil Pengujian.

Pembuatan kurva hubungan angka pori-log tekanan hasil pengujian yaitu sebagai berikut: setelah 5 menit pemberian tekanan penyeimbang σ_{se} (nomor 1), kemudian diberi tekanan vertikal awal σ_1 (nomor 2), sama dengan estimasi tekanan lapangan, kemudian catat deformasi dalam waktu 5 menit setelah pemberian tekanan σ_1 , kemudian lepas tekanan σ_1 (nomor 3) dan genangi benda uji dengan air hingga pengembangan primer selesai (nomor 4), kemudian teruskan penambahan beban sesuai dengan SNI 6424:2008, yaitu 5; 10; 20; 40; 80 kPa dan seterusnya hingga pembacaan kembali pada kondisi ke angka pori semula atau tinggi awal (nomor 5).

Perhitungan Persentase pengangkatan (*heave*) secara detail dapat dilihat pada Tabel 3.

| Tekanan (kPa) | Pembacaan Akhir (cm) | Perubahan (cm) | H (cm) | e | Heave (%) | Tekanan Pengembangan (kPa) |
|---------------|----------------------|----------------|--------|-------|-----------|----------------------------|
| 1.5 | 1.2 | | 1.93 | 0.458 | | |
| | | 0.04 | | | | |
| 5 | 1.16 | | 1.89 | 0.449 | | |
| | | 0.02 | | | | |
| 1.5 | 1.14 | | 1.87 | 0.449 | 1.2513 | 1295 |
| | | -0.06 | | | | |
| 1.5 | 1.2 | | 1.93 | 0.467 | | |
| | | 0.02 | | | | |
| 5 | 1.18 | | 1.91 | 0.467 | | |
| | | 0.05 | | | | |
| 10 | 1.13 | | 1.86 | 0.467 | | |
| | | 0.03 | | | | |
| 20 | 1.1 | | 1.83 | 0.466 | | |
| | | 0.03 | | | | |
| 40 | 1.07 | | 1.8 | 0.466 | | |
| | | 0.12 | | | | |
| 80 | 0.95 | | 1.68 | 0.465 | | |
| | | 0.05 | | | | |
| 150 | 0.9 | | 1.63 | 0.465 | | |
| | | 0.08 | | | | |
| 200 | 0.82 | | 1.55 | 0.464 | | |
| | | 0.09 | | | | |
| 300 | 0.73 | | 1.46 | 0.464 | | |
| | | 0.06 | | | | |
| 400 | 0.67 | | 1.4 | 0.463 | | |
| | | 0.09 | | | | |
| 500 | 0.58 | | 1.31 | 0.462 | | |
| | | 0.13 | | | | |
| 600 | 0.45 | | 1.18 | 0.461 | | |
| | | 0.13 | | | | |
| 700 | 0.32 | | 1.05 | 0.461 | | |

Tabel 3 Perhitungan Untuk Mencari Tekanan Pengembangan dan Persentase Pengangkatan.

Contoh perhitungan persentase pengangkatan pada tekanan vertikal σ sampai dengan tekanan pengembangan σ_{sp} , terhadap e_0 atau tekanan awal σ_{v_0} adalah sebagai berikut :

$$\frac{e - e_0}{1 + e_0} \times 100 = \frac{0.467 - 0.449}{1 + 0.449} \times 100 = 1,251 \%$$

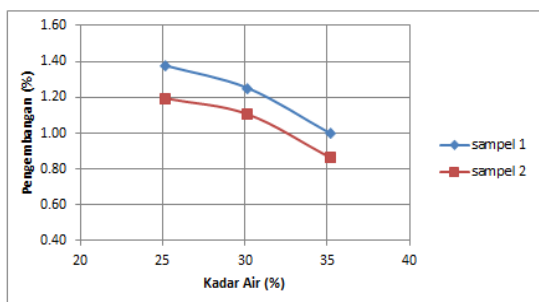
Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk beberapa sampel dengan kadar air yang berbeda sesuai dengan rancangan penelitian, yaitu sampel dengan kadar air OMC, OMC-5% dan OMC+5%, maka hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 tentang hasil pengujian pengembangan.

| Parameter | Pengembangan (%) | | | Tekanan Pengembangan (kPa) | | |
|----------------------|------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | OMC-5% | OMC | OMC+5% | OMC-5% | OMC | OMC+5% |
| Persentase Kadar Air | 25,169 % | 30,169 % | 35,169 % | 25,169 % | 30,169 % | 35,169 % |
| Kadar Air (WC) | | | | | | |
| Sampel 1 | 1,377 | 1,251 | 0,999 | 1495 | 1295 | 1195 |
| Sampel 2 | 1,194 | 1,106 | 0,864 | 1295 | 1195 | 1095 |

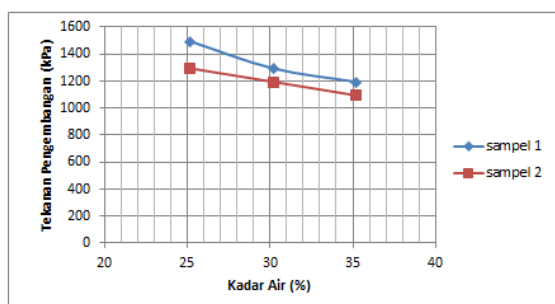
Tabel 4 Hasil Pengujian Pengembangan dan Tekanan Pengembangan.

Dari Tabel 4, diketahui bahwa, jika kadar air dikurangi, maka pengembangan dan tekanan pengembangannya akan besar, tetapi apabila kadar air ditambahkan, maka pengembangan dan tekanan pengembangannya akan berkurang.

3.3. Hubungan Kadar Air dengan Pengembangan



Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Kadar Air dengan Pengembangan.



Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Kadar Air dengan Tekanan Pengembangan.

Dari grafik hubungan antara kadar air dengan pengembangan dan grafik hubungan antara kadar air dengan tekanan pengembangan, maka pada saat penambahan OMC +5% terhadap sampel uji, mengakibatkan terjadinya penurunan pengembangan, sedangkan pada penambahan OMC -5% terhadap sampel uji, mengakibatkan terjadinya kenaikan pengembangan, hal tersebut dikarenakan adanya pergerakan air ke daerah *interlayer*.

Partikel-partikel lempung memiliki permukaan yang bermuatan negatif. Kation menyerap ke dalam permukaan ini.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium dan perhitungan teoritis, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan kadar air sebesar OMC-5% akan menyebabkan potensi pengembangan yang sangat besar sedangkan penambahan kadar air sebesar OMC+5% akan menyebabkan potensi pengembangan yang kecil. Hal

ini dikarenakan adanya pergerakan air ke daerah kation (*interlayer*) yang merupakan lapisan ganda pada permukaan lempung. Lapisan ganda ini dapat menarik air secara elektrik kemudian berada di sekitar partikel lempung yang dikenal sebagai lapisan air ganda. Sehingga dengan kadar air OMC-5% dapat menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan kadar air OMC+5% karena kadar air OMC-5% relatif lebih kering, sehingga masih banyak rongga untuk air masuk kedalam rongga tersebut, mengakibatkan potensi pengembangan lebih besar.

- Dengan penambahan kadar air sebesar OMC+5% akan menyebabkan tekanan pengembangan yang kecil, sedangkan dengan pengurangan kadar air sebesar OMC-5% akan menyebabkan tekanan pengembangan yang besar. Hal ini disebabkan pada saat kondisi OMC+5% rongga pada sampel banyak terisi air sehingga pengembangannya kecil. Pengembangan yang kecil ini diakibatkan karena tekanan pengembangan yang kecil. Sedangkan pada saat kondisi OMC-5% relatif lebih kering, sehingga masih banyak rongga untuk air masuk kedalam rongga tersebut, sehingga mengakibatkan tekanan pengembangan lebih besar.

4.2. Saran

Perlu adanya penelitian dengan parameter lain yang bisa mengatasi permasalahan perkerasan jalan diatas tanah ekspansif. Untuk penelitian selanjutnya disarankan :

- Penambahan variasi kadar air yang lebih banyak lagi, tetapi tidak melebihi 10%, dikarenakan pada penambahan tersebut, sampel tanah sudah jenuh, sehingga tidak mungkin untuk dilakukannya pengujian *swelling*.
- Agar data lebih akurat, diperlukan sampel yang lebih banyak lagi.
- Menghubungkan *swelling* akibat konsolidasi dengan tekanan *swelling*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D-698 dan D-1557, *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil*.
- ASTM D 3877. *Test methods for one-dimensional expansion shrinkage, and uplift Pressure of soil-line mixtures*.
- ASTM D 4546-90, *One dimensions swell or settlement potensial of cohesive soil*.
- Bowles, Joseph E., 1986. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.
- Chen, Fu Hua.1975. *Foundations On Expansive Soils*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas G. (2004). *Physics: principles with applications*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education.
- Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah I*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah I*, edisi IV, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Ir.Ismail Hoesain M,MT, 2007, Pengaruh Derajat Kejenuhan Terhadap Tingkat Ekspansifitas Tanah Lempung Penujak, (*Saturation versus Expansivity Clay Soil from Penujak*). Thesis, Mataram: Universitas Mataram.
- Mesfin, Kassa, 2005, Relationship between Consolidation and Swelling Characteristics of Expansive Soils of Addis Ababa, *Thesis: Addis Ababa University school of Graduate Studies*.
- Mitchell, J.K., 1992, *Fundamentals of Soil Behavior*, Second edition, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Myers, D. ,2005, Expansive Clays and Road Subgrade and Analysis, 31 Agustus 2007. www.godismyjudgeok 31 Agustus 2007.
- Ratna, Dwi F., 2012, Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap Perkembangan dan Daya Dukung Tanah Ekspansif di Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- SNI 6424, 2008, Cara Uji Potensi Pengembangan atau Penurunan Satu Dimensi Tanah Kohesif.
- Taboada, M.A., 2003, *Soil Shrinkage Characteristics in Swelling Soil*, www.ictp.it/~pub_off/lectures/ins018/39taboada1, 9 November 2007.