

## CHƯƠNG 4

# THÍ NGHIỆM NÉN NGANG DMT (DILATOMETER)

## 4.1. GIỚI THIỆU

### 4.1.1. NGUYÊN LÝ

Thí nghiệm DMT (DilatoMeter Test) là một loại thí nghiệm nén ngang, các kết quả thu được từ DMT nhiều hơn và đáng tin cậy hơn so với thí nghiệm nén ngang PMT. Ngoài ra, thí nghiệm DMT là thí nghiệm xuyên liên tục, rất đơn giản trong thí nghiệm và trong hiệu chỉnh. (Thí nghiệm PMT thường tiến hành trong hố khoan sẵn, không liên tục, rất phức tạp trong thí nghiệm và hiệu chỉnh).

Hình 4.1 minh họa thiết bị DMT: màng thép ② nằm trên mũi xuyên phẳng ① được nén đẩy ra ngoài bằng khí từ bình nén ③. Kết quả của thí nghiệm là các áp suất  $p_0$ ,  $p_1$  và  $p_2$  tương ứng với chuyển vị của màng thép là 0; 1,1 và 0 mm.

### 4.1.2. LỊCH SỬ CỦA THÍ NGHIỆM DMT

Năm 1974, giáo sư S. Marchetti (Italia) bắt đầu có ý tưởng về thí nghiệm DMT. Năm 1975, thí nghiệm DMT thô sơ đầu tiên được thử nghiệm. Năm 1980, thí nghiệm DMT bắt đầu được biết đến trên nhiều nước. Hội nghị thế giới về DMT lần đầu tiên được tổ chức vào năm 1983, và hội nghị gần đây nhất là năm 2001. Giáo sư Marchetti là người đóng góp nhiều công sức nhất để phát triển thí nghiệm này, từ đó, có tên gọi thí nghiệm là "Marchetti DMT".

Trong ba thí nghiệm hiện trường mạnh nhất và phổ biến nhất trên thế giới (SPT, CPT, DMT), thí nghiệm SPT phải mất gần 80 năm (1902 - 19??) từ khi khai sinh đến lúc được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam; còn thí nghiệm CPT mất gần 60 năm (1931 - 19??). Chúng tôi hy vọng rằng, thí nghiệm DMT sẽ chỉ mất gần 30 năm (1975 - 20??) để trở nên thịnh hành tại nước ta.



## 4.2. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM DMT

### 4.2.1. CÁC THÀNH PHẦN CỦA THIẾT BỊ

Hình 4.1 minh họa các thành phần cơ bản của thiết bị DMT: Mũi xuyên phẳng ①, trên đó có gắn màng thép ②; bình khí nén (thường là nitơ) ③; dây cáp dẫn khí nén ④, dây cáp này dẫn từ bình khí nén, qua hộp điều khiển ⑤, và dẫn tới phía trong của màng thép ②. Các áp suất trong quá trình thí nghiệm được đo trên đồng hồ ở hộp điều khiển ⑤ hình 4.1).

Mũi xuyên được nối với cần ⑥. Cần xuyên này thường có cùng kích thước và đường ren như cần xuyên CPT (là loại cần có cường độ lớn hơn 1000 MPa). Vì vậy cơ cấu gia lực và cần xuyên của DMT cũng là của CPT. Do đó, nếu ta đã có đầy đủ thiết bị CPT, thì chỉ cần chi một khoản tiền nhỏ để mua mũi xuyên DMT, bình khí nén, hộp điều khiển mà thôi.

#### 4.2.1.1. Mũi xuyên phẳng

##### *Chi tiết:*

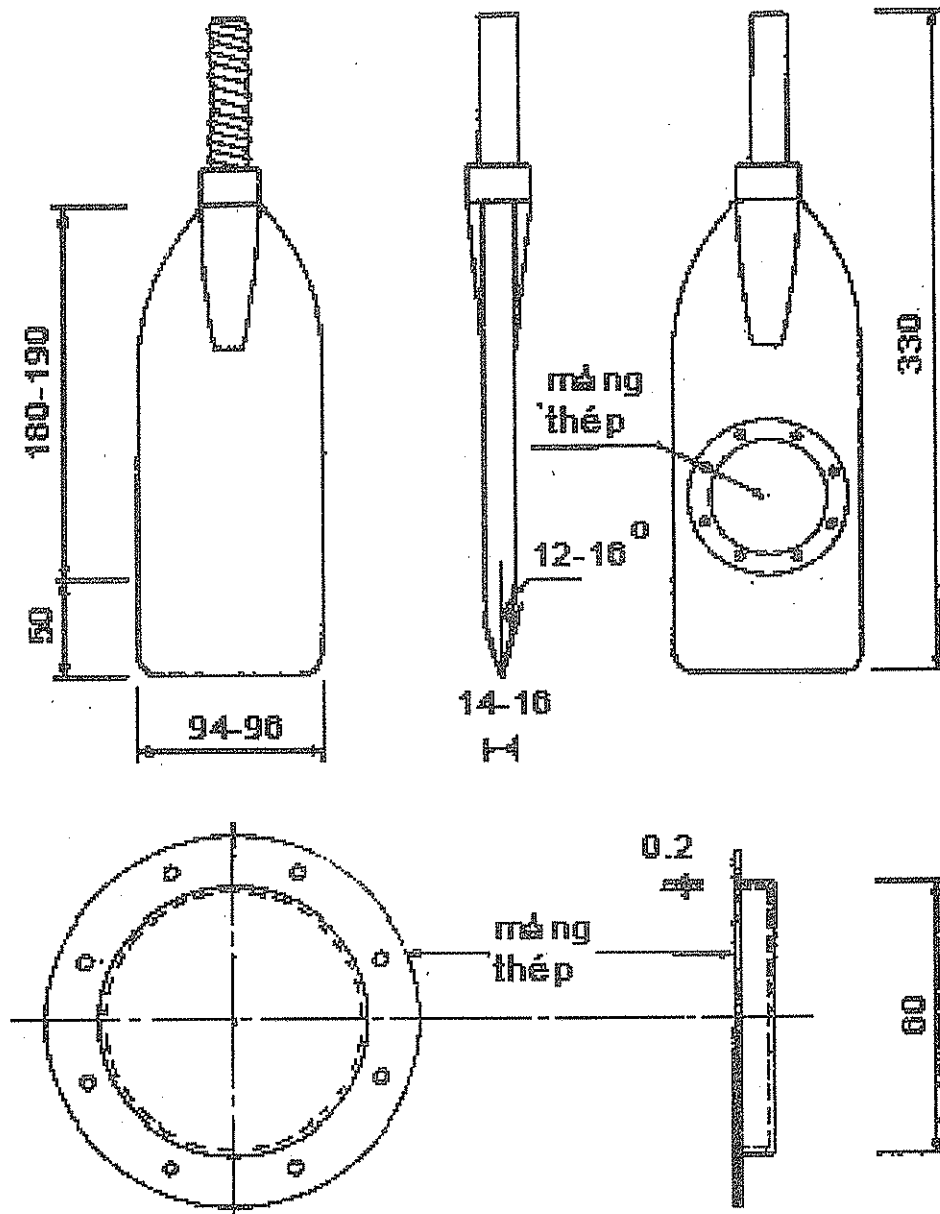
Mũi xuyên phẳng rộng 95 mm, dày 15 mm làm bằng thép không gỉ. Góc nhọn tại mũi xuyên từ 24 đến 32°.

Ở giữa mũi xuyên là một màng thép tròn, có đường kính 60 mm, dày từ 0,2 đến 0,25 mm (thông thường là 0,2 mm). Màng thép được gắn trên mũi xuyên bằng những bulông bắt quanh viền của màng thép. Hình 4.3 minh họa mũi xuyên sau khi đã tháo màng thép.

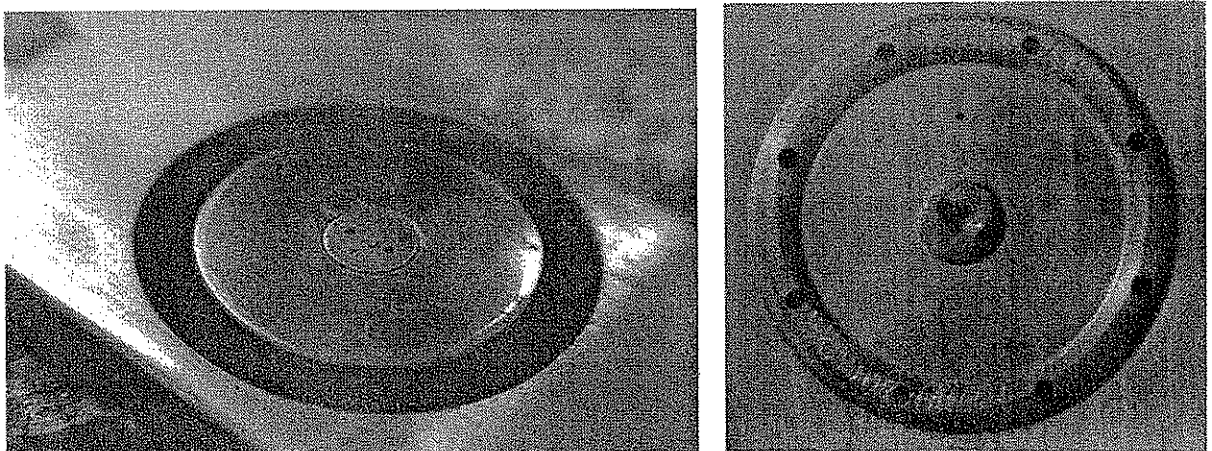
Trong thí nghiệm, ta có tiến hành hiệu chỉnh số đọc 0 của màng thép, vì vậy thí nghiệm DMT rất chính xác ngay cả với đất bùn nhão ( $S_u = 2 \div 4$  kPa,  $E = 0,4$  MPa  $\approx 4$  kg/cm<sup>2</sup>). Mặt khác, mũi xuyên rất khoẻ (chịu được áp lực tới 25 tấn). Với đối trọng là xe tải 20 tấn, DMT có thể xuyên qua vài loại đá mềm, đá macrơ với  $S_u = 1000$  kPa,  $E = 400$  MPa  $\approx 4000$  kg/cm<sup>2</sup>.

Hình 4.4 minh họa quá trình bảo dưỡng mũi xuyên sau mỗi lần thí nghiệm. Hình 4.5 minh họa mẫu chuyển cần (adapter) để sử dụng cần xuyên lớn hơn (ví dụ trong hình vẽ là 50 mm). Thông thường người ta sử dụng cần 36 mm, nhưng khi xuyên ở độ sâu lớn, với tải trọng lớn thì nên dùng cần 50 mm.





Hình 4.2. Kích thước mũi xuyên

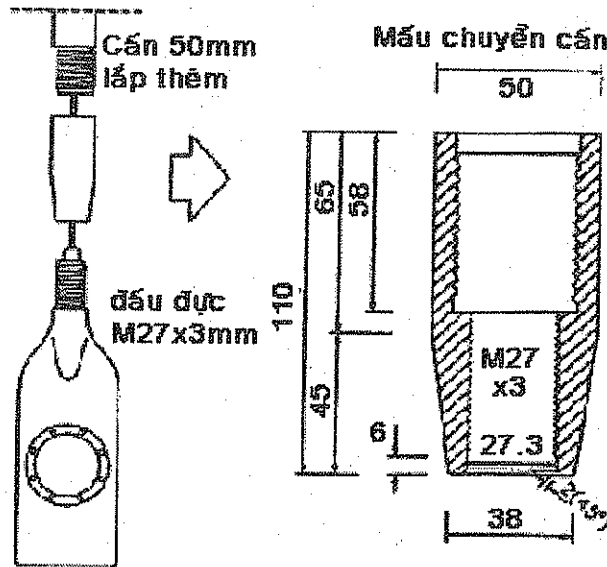


Hình 4.3. Mặt của xuyên khí tháo màng

a) mặt ngoài; b) mặt trong



Hình 4.4. Bảo dưỡng thiết bị DMT



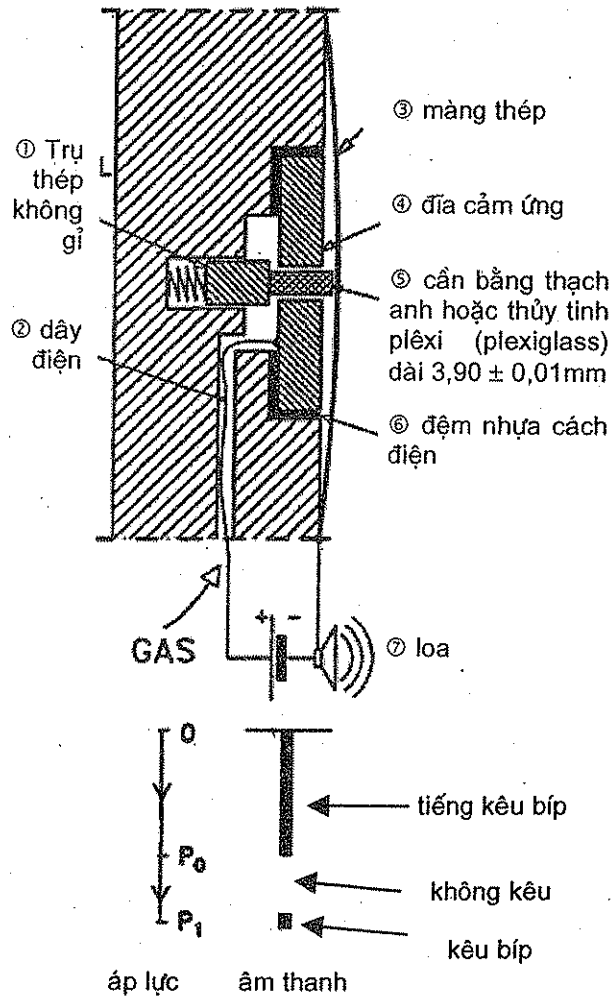
Hình 4.5. Adapter (mẫu chuyển cân)

**Nguyên lý hoạt động:**

Màng thép trên mũi xuyên hoạt động theo nguyên tắc giống như chuông điện (hình 4.6). Đệm nhựa ⑥ để cách điện giữa đĩa cảm ứng (hay đĩa cảm nhận ④) với mũi xuyên thép. Đĩa cảm ứng ④ được gắn chặt với đệm ⑥ và luôn cố định. Đĩa cảm ứng sẽ làm thành mạch điện kín, và do đó gây ra tiếng kêu bíp (đường đậm nét minh họa ở nửa dưới hình 4.6) trong các trường hợp sau:

a) Màn hình thép dính với đĩa cảm ứng (lúc màng chưa có áp lực khí nén tác động, cũng như lúc áp lực khí nén vẫn còn thua áp lực ngang tự nhiên  $p_0$  của đất);

b) Khí nén (gas) đẩy tâm của màng thép ③ ra ngoài 1,1 mm; do đó, lò xo đẩy trụ thép ① và cân plêxi ⑤ ra ngoài, gây ra sự tiếp xúc giữa mặt của trụ ① với đĩa cảm ứng. Áp lực đất lên màng thép lúc này là  $p_1$ .



Hình 4.6. Nguyên lý hoạt động của màng thép

Như vậy, ngay khi tiếp bíp bị tắt (kết thúc đường đậm nét ở hình 4.6), ta đọc số đọc A trên đồng hồ. Từ A ta sẽ tính được  $p_0$  (xem các phần dưới đây), với  $p_0$  là áp lực

đất tác dụng vào màng thép lúc chuyển vị của màng là 0 mm.

Sau đó, không có sự tiếp xúc về điện, tiếp bíp bị tắt. Tiếp tục tăng áp lực khí nén, và ngay khi tiếp bíp bắt đầu kêu lại, ta đọc số đọc B, từ đó tính được  $p_1$  (mục b. ở trên). **Sau đó, ta phải xả van để giảm áp lực khí nén ngay**, tránh để màng thép tiếp tục bị đẩy tiếp ra ngoài, gây hư hại dẫn đối với màng thép.

Ngoài ra, ta còn có thể đọc số đọc C và áp lực  $p_2$  (xem các phần tiếp) khi giảm áp.

Trong thí nghiệm DMT, chuyển vị là cố định (1,1 mm) và rất chính xác - Còn ở thí nghiệm PMT, ta phải đo thể tích dung dịch đổ vào PMT, từ đó suy ra chuyển vị (có thể không chính xác do dung dịch bị nén, do ống dẫn dung dịch bị nở, do màng PMT nở không đều!!! - So với DMT, quá trình diễn dịch kết quả PMT rất rườm rà và kém chính xác).

#### 4.2.1.2. Hộp điều khiển

Trên hộp điều khiển (hình 4.7) có hai "đồng hồ đo áp lực", "đầu cắm dẫn áp lực khí đến" từ bình khí nén, "đầu cắm dẫn áp lực khí đi" tới mũi xuyên, "đầu cắm ống xilanh" để hiệu chỉnh số đọc, van "khóa cấp", van "cấp chậm", van "xả nhanh", van "xả chậm" (xả bỏ áp lực), "loa" phát ra tiếng bíp, "đèn" tín hiệu gắn với loa (đèn đỏ khi loa kêu).

##### *Đồng hồ đo áp lực:*

Đồng hồ áp lực thấp (1 MPa) để đo chi tiết áp lực khi thí nghiệm trong đất yếu. Với đất tốt, nếu áp lực lớn hơn 1 MPa, đồng hồ áp lực thấp sẽ tự ngắt áp lực, và áp lực sẽ được đo ở đồng hồ áp lực cao (đến 6 MPa).

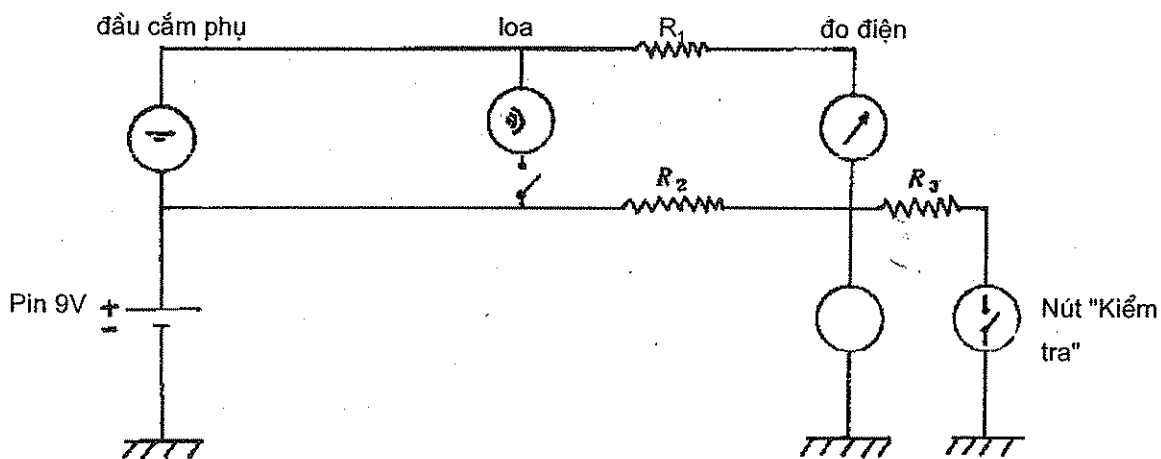
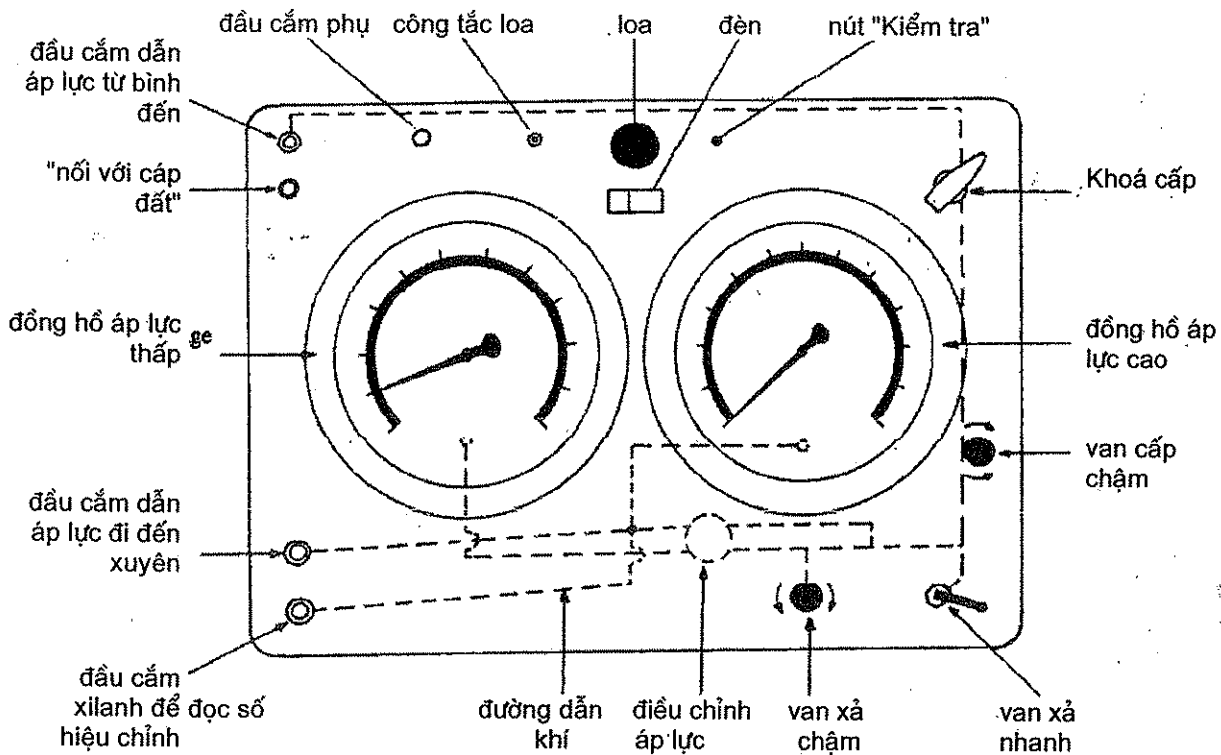
##### *Van khí:*

*Van khóa cấp* có tác dụng khóa hoặc mở dòng khí đi từ bình khí nén đến mũi xuyên. Nói chung *van khóa cấp* luôn luôn mở trong quá trình thí nghiệm (trừ khi đọc  $\Delta A$  và  $\Delta B$ ). *Van cấp chậm* có tác dụng đưa dòng khí cấp từ bình khí tới mũi xuyên. Như vậy, *van cấp chậm* chỉ có tác dụng khi *van khóa cấp* đã được mở.

Có hai van xả khí: *van xả nhanh (lớn)* và *van xả chậm (nhỏ)*. Ta cần dùng đến *van xả chậm* để đọc số đọc C.

##### *Chi tiết điện:*

Các đường điện, loa, đèn tín hiệu được nuôi bằng pin 9 vôn. Ngoài ra, còn có nút "TEST" - "Kiểm tra" để xem pin còn điện hay không, cũng như xem loa và đèn còn chạy hay không. Nếu tiếng kêu của loa gây khó chịu, ta có thể chỉ cần dùng đèn tín hiệu và tắt loa bởi một công tắc loa. Tuy nhiên, nên dùng cả đèn và loa khi thí nghiệm.



Hình 4.7. Sơ đồ hộp điều khiển

### 4.2.1.3. Bình khí nén

Trên bình khí nén thường có van điều chỉnh áp lực, ống dẫn khí. Van điều chỉnh áp lực phải chịu được áp lực tối thiểu  $7 \div 8$  MPa. Thông thường, ta chỉ cần áp lực từ 3 đến 4 MPa, tuy nhiên với đất rắn hơn, áp lực có thể cao hơn. Khí nén ở trong bình có thể là không khí thường hoặc nitơ. Với bình áp lực ban đầu 15 MPa, cao 0,6 m, ta có thể dùng trong  $1 \div 2$  ngày thí nghiệm (từ  $70 \div 100$  m đất).



## 4.2.2. THU THẬP SỐ ĐỌC HIỆU CHÍNH

### 4.2.2.1. Định nghĩa $\Delta A$ và $\Delta B$

$\Delta A$  và  $\Delta B$  là áp lực khí cần có để vượt qua độ cứng của màng thép (không có áp lực của đất).

Khi thí nghiệm, áp lực khí cân bằng với áp lực đất và độ cứng của màng thép. Các số đọc A và B thu được ở các vị trí A và B như hình 4.8.

Màng thép khi tự nhiên thì hơi cong ra ngoài. Khi để mũi xuyên ở không khí, màng thép sẽ nằm ở vị trí giữa A và B (vị trí "at rest" - hình 4.8).

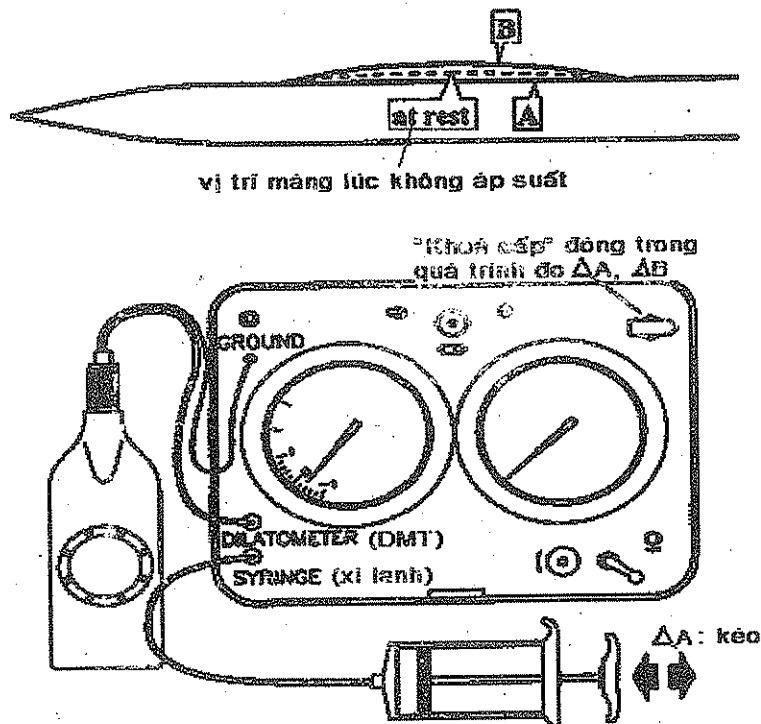
$\Delta A$  là áp suất khí nén âm (hút vào) tác dụng vào

màng thép (đặt trong không khí) để cho màng thép ở vị trí A - vị trí tiếp xúc với đĩa cảm ứng.  $\Delta B$  là áp suất khí nén dương (đẩy ra) tác dụng vào màng thép để cho màng thép ở vị trí B - vị trí trụ thép ① tiếp xúc với đĩa cảm ứng.

$\Delta A$  và  $\Delta B$  rất quan trọng, đặc biệt với đất yếu (khi mà A và B không lớn hơn  $\Delta A$  và  $\Delta B$  nhiều lắm).

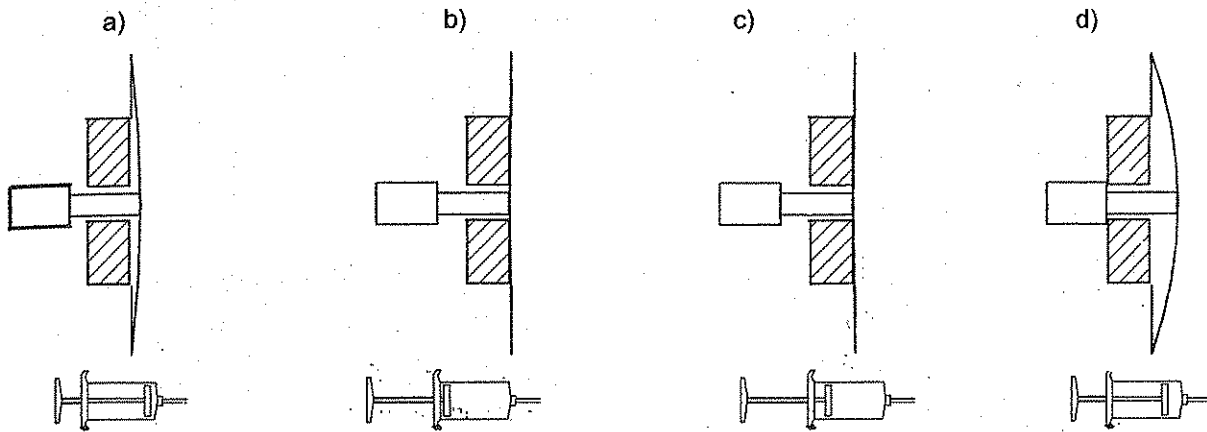
### 4.2.2.2. Xác định $\Delta A$ và $\Delta B$

- Đóng van khoá cấp;
- Cắm ống của xilanh với đầu cắm xilanh của hộp điều khiển. Ban đầu trong xilanh không có không khí (hình 4.9a);
- Kéo xilanh đến gần hết ống, do đó có một áp lực chân không hút màng thép chạm vào đĩa cảm ứng, tiếng bíp bắt đầu kêu (hình 4.9b). Giữ xi lanh khoảng 5 giây để ổn định áp lực chân không, sau đó thả (đẩy) xi lanh thật từ từ, ngay khi tiếng bíp vừa tắt, ta đọc số đọc, ví dụ là -15 kPa, thì  $\Delta A$  là trị tuyệt đối của số đọc, tức là  $\Delta A = 15$  kPa hình 4.9c);
- Tiếp tục đẩy xi lanh từ từ, ngay khi tiếng bíp kêu lại (vị trí B), ta đọc số đọc  $\Delta B$  hình 4.9d);



Hình 4.8. Đọc số đọc  $\Delta A$  và  $\Delta B$





Hình 4.9. Đo  $\Delta A$  và  $\Delta B$

a) Vị trí tự nhiên không bíp

b) Chân không  $\gg \Delta A$  bíp liên tục

c) Chân không =  $\Delta A$  dừng bíp

d)  $\Delta B$  bíp lại

- Lặp lại quá trình này 2 đến 3 lần để đảm bảo  $\Delta A$  và  $\Delta B$  là chính xác;
- Nếu dây cáp dẫn khí đến mũi xuyên DMT quá dài (vài chục mét), khi đọc  $\Delta A$  và  $\Delta B$ , ta phải chờ khoảng 15 giây để áp lực truyền đến màng thép;
- Trước khi thí nghiệm, thông thường  $\Delta A = 15$  kPa,  $\Delta B = 40$  kPa. Nếu  $\Delta A$  nằm ngoài khoảng  $5 \div 30$  kPa hoặc  $\Delta B$  nằm ngoài khoảng  $5 \div 80$  kPa, thì màng thép không đạt tiêu chuẩn;
- Sau khi hoàn thành thí nghiệm, ta cũng phải đo lại  $\Delta A$  và  $\Delta B$ . Nếu chúng khác xa (khác hơn 25 kPa) so với  $\Delta A$  và  $\Delta B$  trước khi thí nghiệm, thì màng thép này đã rã, cũ, do đó, làm giảm độ tin cậy của thí nghiệm. Ta cần thay ngay những màng thép quá rã, hoặc bị xước. Giá trị cuối cùng của  $\Delta A$  và  $\Delta B$  là giá trị trung bình trước và sau khi tiến hành xuyên DMT;
- Tuy nhiên, màng thép mới nguyên (chưa thí nghiệm lần nào) cũng ít tin cậy hơn màng thép đã sử dụng vài lần, vì  $\Delta A$  và  $\Delta B$  của màng mới này vẫn chưa ổn định. Với màng thép mới nguyên, nên tác động một áp lực khoảng 500 kPa, sau đó giảm áp về 0, cứ như thế vài lần. Ta có thể thử như vậy trong một chậu nước để kiểm tra xem màng có khả năng hoàn toàn cách nước hay không.

### 4.2.3. QUY TRÌNH ĐỌC A, B, C

#### 4.2.3.1. Chuẩn bị thí nghiệm

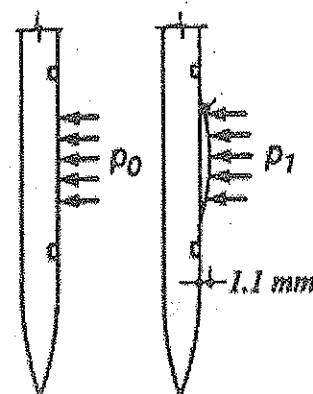
1. Bật ren của đầu cáp p-e (cáp pneumatic-electrical, tức là cáp vừa dẫn khí nén, vừa truyền tín hiệu điện) vào mũi xuyên DMT.
2. Bật ren của cần xuyên thứ nhất vào mũi xuyên, tránh không để cáp bị xoắn.
3. Nối âm với đất: một đầu của đoạn cáp "nối đất" cắm vào giắc cắm "đất" nằm trên hộp điều khiển; còn đầu kia kẹp vào cần xuyên.

4. Ấn tay vào màng thép để kiểm tra xem có tiếng bíp chưa.
5. Mở *van xả nhanh*, gõ tay vào các đồng hồ áp lực và chỉnh số đọc về 0.
6. Xác định  $\Delta A$  và  $\Delta B$  như phân trên.
7. Cắm van điều chỉnh áp lực vào bình khí nén (khi tất cả các van trên bình khí vẫn đóng), điều chỉnh đồng hồ áp lực về 0.
8. Đóng cả *van khoá cấp* và *van cấp chậm*, mở *van xả nhanh*, ta cắm cáp nối giữa bình khí nén với giác cắm cáp khí nằm trên hộp điều khiển.
9. Hiệu chỉnh để đồng hồ khí nén ở bình khí nén chỉ 3 MPa. Mở van ở bình khí nén và mở *van khoá cấp* trên hộp điều khiển (và trong quá trình thí nghiệm, *van khoá cấp* luôn được mở).

#### 4.2.3.2. Thí nghiệm

Thí nghiệm DMT đòi hỏi hai nhân công: một người điều khiển hộp điều khiển, một người điều khiển hệ gia lực. Trình tự thí nghiệm như sau:

1. Trên hộp điều khiển: đóng *van cấp chậm*, mở *van xả nhanh* (*van xả nhanh* phải được mở để giảm hư hại do đất tác dụng lên màng thép trong khi xuyên).
2. Người điều khiển hệ gia lực đẩy mũi xuyên xuống (thường là 20 cm một lần). Vì áp lực đất tác dụng lên màng thép, trong quá trình đẩy xuyên, sẽ có tiếng bíp liên tục và đèn đỏ.
3. Khi đến độ sâu yêu cầu, nhả cần gia lực để dừng xuyên.
4. Đóng cả hai *van xả*. Từ từ mở *van cấp chậm*, khí nén sẽ được cấp từ từ để đẩy màng thép ra. Ngay khi màng thép không còn tiếp xúc với đĩa cảm ứng, tiếp bíp ngừng kêu, ta đọc số đọc A.
5. Khí nén vẫn được tiếp tục cấp qua *van cấp chậm*. Ngay khi tiếp bíp kêu lại (tức là trụ thép ① phía sau cần plêxi tiếp xúc với đĩa cảm ứng), ta phải thao tác nhanh:
  - ◆ Đọc ngay số đọc B;
  - ◆ Mở *van xả nhanh* ngay, tránh để màng thép bị rão;
  - ◆ Đóng *van cấp chậm*;
  - ◆ Nếu cần đọc số đọc C, xem phần "Số đọc C" dưới đây;
  - ◆ Quay lại bước 1 trên đây để xuyên thí nghiệm tiếp.



Hình 4.10.  $p_0$  và  $p_1$   
(ứng với A và B)

### Số đọc C

- Không xả hết khí ngay mà đóng *van xả nhanh* lúc áp suất vẫn còn một chút, mở *van xả chậm*. Tiếp bíp sẽ ngừng kêu (vị trí at rest) (tuy nhiên, đây chưa phải là số đọc C).
- Sau 45 đến 60 giây, màng thép sẽ tiếp xúc với đĩa cảm ứng, tiếng bíp lại kêu lại (vị trí A). Ta đọc số đọc C.

### Tốc độ thí nghiệm

- Sau khi mũi xuyên đến độ sâu cần thiết, tốc độ cấp khí (chỉnh bằng *van cấp chậm*) phải hợp lý để đọc A sau khoảng 15 giây, đọc B sau khi đọc A khoảng 20 giây, và đọc C sau khi đọc B khoảng 45-60 giây. Nếu cấp có chiều dài lớn hơn 30 m, thì các khoảng thời gian có thể lâu hơn chút.
- Thành thạo, trong khi thí nghiệm, có thể kiểm tra xem tốc độ cấp khí có vừa phải không bằng cách sau: đóng *van cấp chậm*, nếu áp suất trên đồng hồ giảm hơn 2% thì có thể có hai nguyên nhân: tốc độ cấp khí quá nhanh, hoặc đường cấp bị rò rỉ.

## 4.2.4. THÍ NGHIỆM TIÊU TÁN ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỖNG (ĐẤT DÍNH)

Đối với đất có tính thấm kém (đất dính), xuyên DMT sẽ tạo ra áp lực nước lỗ rỗng dư; do đó áp lực nước lỗ rỗng lớn hơn áp lực nước lỗ rỗng thường  $u_0$  ( $u_0 = \gamma_n \times (z - \text{mức nước ngầm})$ ). Sử dụng DMT, ta có thể tiến hành thí nghiệm tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng để xác định tính thấm và các tham số cố kết của đất dính. Phụ thuộc vào tính thấm, thí nghiệm tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng có thể mất vài phút, vài giờ, thậm chí cả ngày.

### 4.2.4.1. Phương pháp tiêu tán DMT-A

Phương pháp DMT-A (do Marchetti và Totani đề xuất năm 1989) được mô tả trong ASTM 2001. Các thao tác như sau:

1. Dừng xuyên lại, ngay lập tức bắt đầu đồng hồ bấm giây ( $t = 0$ ).
2. Sau đó, cấp khí ngay (*van cấp chậm*) (trong khoảng 15 giây) để đọc số đọc A.
3. Khi đọc A, ngay lập tức xả khí bằng cách mở *van xả nhanh*, đồng thời đo lại thời gian trên đồng hồ bấm giây. (Sau khi đọc số đọc A, ta không cấp khí nén tiếp để đọc số đọc B).
4. Chờ một khoảng thời gian định trước (thường là 0,5; 1; 2; 4; 5; 15; 30; ... phút).

Lặp lại các bước 2 và 3.

5. Số đọc A sẽ giảm dần theo thời gian (cùng với áp lực nước lỗ rỗng bị tiêu tán). Ta vẽ đồ thị  $A-\log(t)$ . Dùng thí nghiệm tiêu tán khi mà trên đồ thị có hai đường cong khá rõ rệt với một điểm uốn  $t_{flex}$  ở giữa (hình 4.17).

#### 4.2.4.2. Phương pháp tiêu tán DMT-A<sub>2</sub>

Phương pháp DMT-A<sub>2</sub> (Schmertmann, 1991) được mô tả trong ASTM 2001. Phương pháp DMT-A<sub>2</sub> có trình tự như phương pháp DMT-A, với vài điểm khác nhau sau:

- Ở vòng đọc đầu tiên, ta đo A rồi B và C. Còn từ vòng đọc thứ hai, ta chỉ đo A.
- Vẽ đồ thị  $A-\sqrt{t}$  (hay còn gọi là  $A_2-\sqrt{t}$ ) để diễn dịch kết quả

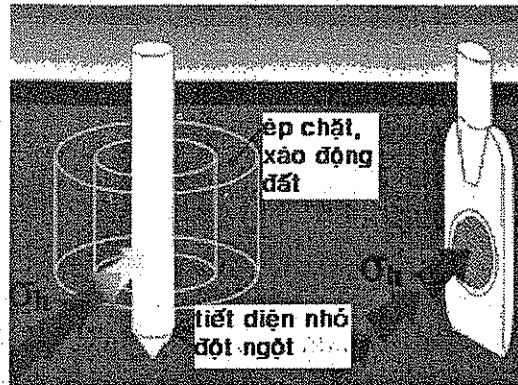
Thí nghiệm DMT-A<sub>2</sub> có thể không phù hợp với sét cứng.

Ngoài ra còn có thí nghiệm tiêu tán DMT-C (Robertson và cộng sự, 1988), tuy nhiên, thí nghiệm này có nhiều nhược điểm nên không được nêu ở đây.



### 4.3. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA DMT

1) Ưu điểm lớn nhất của DMT là có sự xáo trộn đất ít nhất (hình 4.11). Với thí nghiệm SPT, CPT, do bề dày của thiết bị lớn, nên đất bị xáo trộn (có thể bị nén chặt) nhiều, do đó, các tính chất có được thiếu chính xác.



Hình 4.11. So sánh giữa CPT và DMT

2) Ưu điểm lớn thứ hai của DMT là nó có độ chính xác cao nhất trong các thí nghiệm hiện trường. Ví dụ khi khảo sát ở vùng đất tương đối đồng nhất, với SPT, nếu tại cùng độ sâu, ở hai vị trí khảo sát kế nhau, số đọc N có thể thay đổi từ 10 đến 20, thậm chí 30 tùy thuộc vào người thao tác và thiết bị. Còn với DMT, số đọc thay đổi không đáng kể (ta gọi là tính lặp lại cao).

3) Trong quá trình cố kết thắm ba chiều, tính thắm theo phương ngang ( $C_h$  và  $k_h$ ) có thể sai khác nhiều so với tính thắm theo phương đứng ( $C_v$  và  $k_v$ , là các thông số mà ta thường xác định được trong phòng). Sử dụng DMT, ta có thể phán đoán khá chính xác  $C_h$  và  $k_h$ .

4) Tính quá cố kết của đất rất quan trọng. Tính quá cố kết của đất thể hiện qua OCR và  $K_0$ . Trong khi đó, việc thí nghiệm trong phòng thường làm mẫu đất mất một phần (hoặc hoàn toàn) tính quá cố kết. Nếu thí nghiệm oedometer cho kết quả E (môđun biến dạng theo phương đứng) giống nhau cho hai loại đất ① và ② ở hình 4.12, thì đất ② (có hệ số áp lực ngang tĩnh  $K_0$  và ứng suất ngang  $\sigma'_h$  lớn hơn) sẽ có độ lún nhỏ hơn. Thí nghiệm DMT là nén ngang, do đó, rất phù hợp cho ứng dụng này.



Hình 4.12. Ảnh hưởng của áp lực ngang ( $\sigma'_h = K_0\sigma'_v$ ) đến độ lún

5) Ưu điểm cuối cùng là: thí nghiệm DMT nhanh, tiện lợi, thu được nhiều kết quả, kể cả việc xác định mực nước ngầm thông qua số đọc C (nếu có một lớp đất rời nằm dưới mực nước ngầm - mục 4.4.3.1).

**Nhược điểm của thí nghiệm DMT là:**

1) Nền đất làm việc chủ yếu theo phương đứng, trong khi thí nghiệm DMT nén đất theo phương ngang.

2) Việc ứng dụng vào việc dự báo sức chịu tải dọc trục của cọc là thấp (vì bản chất của DMT không phải là đo sức kháng dọc trục).

## 4.4. ƯỚC TÍNH CÁC CHỈ TIÊU CƠ LÝ DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

### 4.4.1. CHUẨN HOÁ SỐ ĐỌC

Do độ cứng của màng thép ( $\Delta A$  và  $\Delta B$ ), và do số đọc ban đầu trên đồng hồ  $Z_M$  mà ta phải hiệu chỉnh áp lực như sau:

$$p_0 = 1,05(A - Z_M + \Delta A) - 0,05(B - Z_M - \Delta B) \quad (4.1)$$

$$p_1 = B - Z_M - \Delta B \quad (4.2)$$

$$p_2 = C - Z_M + \Delta A \quad (4.3)$$

Thông thường  $Z_M = 0$ ;  $Z_M$  chỉ khác 0 trong trường hợp sau: đồng hồ để đọc  $\Delta A$  và  $\Delta B$  (gọi là đồng hồ  $\Delta$ ) khác với đồng hồ lúc đọc  $A$  và  $B$  (gọi là đồng hồ  $AB$ ); khi đó,  $Z_M$  là hiệu số giữa số đọc trên đồng hồ  $\Delta$  lúc áp lực khí là 0 và số đọc trên đồng hồ  $AB$  lúc áp lực khí là 0. Thậm chí, nếu ta chỉnh được kim chỉ về 0 lúc áp lực khí là 0 thì  $Z_M$  vẫn bằng 0.

Lúc chuyển vị bằng 0,  $p_0$  tỷ lệ với áp lực địa tĩnh theo phương ngang (ứng suất bản thân, tức là  $\sigma_{ho}$ ); Còn lúc chuyển vị bằng 1,1 mm,  $p_1$  tỷ lệ với áp lực bị động  $\sigma'_p$ . Lưu ý rằng,  $p_0 > \sigma_{ho}$  và  $p_1 > \sigma_p$  (hay  $p_b$ ) bởi vì, dù bị xáo trộn rất ít dưới mũi xuyên DMT mỏng (1,5 cm), cấu trúc đất vẫn có sự thay đổi.

Bảng 4.1 tóm tắt những tham số thu được từ thí nghiệm DMT. Trong đó, ta phải xác định ba thông số quan trọng  $I_D$ ,  $K_D$ , và  $E_D$  trước (gọi là chỉ số DMT). Sau đó, các chỉ tiêu cơ lý sẽ được xác định thông qua ba thông số trung gian này.

*Trong bảng 4.1, ta cần lưu ý:*

- $u_0$  và  $\sigma'_{vo}$ : áp lực nước lỗ rỗng và ứng suất bản thân theo phương đứng ở trạng thái bình thường (trước khi thí nghiệm DMT);
- $E_D$  không phải môđun biến dạng. Ta phải tính  $M$  (môđun biến dạng không nở hông) bằng phương trình (4.14), sau đó, môđun biến dạng có nở hông 
$$E = 1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} M = \beta M \approx (0,5 \div 0,8) M;$$
- Phương trình (4.8) đến (4.10) áp dụng cho đất sét đến bụi sét và bụi (có  $I_D < 1,2$  ở hình 4.13);
- Trong phương trình (4.12),  $t_{flex}$  là thời gian tại điểm uốn trên đồ thị  $A-\log(t)$  của thí nghiệm tiêu tán DMT-A (hình 4.17);
- Vì bản chất đo "áp lực-biến dạng" của DMT, công thức tính  $M$ ,  $K_0$  và OCR được cho là có độ tin cậy cao nhất, sau đó là đến  $S_u$ .

Bảng 4.1. Bảng tóm tắt những tham số từ DMT

|                     |   |  |        |
|---------------------|---|--|--------|
| Chỉ số DMT          | $I_D$ (chỉ số đất)  | $I_D = \frac{p_1 - p_0}{p_0 - u_0}$  | (4.4)  |
|                     | $K_D$ (chỉ số nén ngang DMT)                                  | $K_D = \frac{p_0 - u_0}{\sigma'_{vo}}$   | (4.5)  |
|                     | $E_D$ (môđun DMT)   | $E_D = 34,7 (p_1 - p_0)$   | (4.6)  |
|                     | $u_D$ (hệ số áp lực nước lỗ rỗng)                             | $u_D = \frac{p_2 - u_0}{p_0 - u_0}$  | (4.7)  |
| Các tính chất cơ lý | $\gamma$ (khối lượng riêng) và phân loại đất                  | Hình 4.13  |        |
|                     | $D_r$ (độ chặt tương đối)                                     | Hình 4.14  |        |
|                     | $K_0$ (hệ số nén ngang); đất dính                             | $K_0 = (K_D/\beta_k)^{0,47} - 0,6$<br>thông thường $K_0 = (K_D/1,5)^{0,47} - 0,6$  | (4.8)  |
|                     | OCR ( $R_c$ ) (hệ số quá cố kết); đất dính                    | $OCR = (\beta_0 K_D)^{1,56}$<br>thông thường $OCR = (0,5K_D)^{1,56}$   | (4.9)  |
|                     | $S_u$ (hay $C_u$ ) (sức kháng cắt không thoát nước); đất dính | $S_u = 0,22\sigma'_{vo}(0,5K_D)^{1,25}$<br>$= 0,22\sigma'_{vo}OCR^{0,8}$   | (4.10) |
|                     | $\phi$ (góc ma sát trong); đất rời                            | $\phi = 28 + 14,6 \cdot \log K_D - 2,1 \cdot \log^2 K_D$   | (4.11) |
|                     | $C_h$ (hệ số cố kết phương ngang)                             | $C_h = 7 / \xi / t_{flex}$ , $cm^2/s$  | (4.12) |
|                     | $k_h$ (hệ số thấm theo phương ngang)                          | $k_h \approx C_h \cdot \gamma_{nước} / M_h$<br>$M_h \approx K_0 M$   | (4.13) |
|                     | $M$ (môđun biến dạng đứng không nở hông)                      | $M = R_M E_D$<br>$R_M$ phải lớn hơn 0,85<br>$I_D \leq 0,6$ : $R_M = 0,14 + 2,36 \log K_D$<br>$I_D \geq 3$ : $R_M = 0,5 + 2 \log K_D$<br>$0,6 < I_D < 3$ :<br>$R_M = R_{M,0} + (2,5 - R_{M,0}) \log K_D$<br>$R_{M,0} = 0,14 + 0,15(I_D - 0,6)$<br>$K_D > 10$ : $R_M = 0,32 + 2,18 \log K_D$ | (4.14) |
|                     | $k_s$ (hay $c_z$ ) (hệ số nền)                                | $k_s = \left(\frac{B+0,3}{2B}\right)^2 \frac{K_D - K_0}{7,5mm} \frac{\sigma'_{vo}}{K_0} / 2$   | (4.15) |
|                     | $u^*$ (áp lực nước lỗ rỗng cân bằng; đất rời)                 | $u^* = p_2 = C - Z_M + \Delta A$   | (4.16) |

## 4.4.2. ĐÁNH GIÁ CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

### 4.4.2.1. Phân loại đất dựa trên kết quả DMT

Hình 4.13 minh họa sự phân loại đất tại hiện trường theo  $I_D$  và  $E_D$ . Có thể tóm tắt như sau:

- + Sét:  $I_D \leq 0,6$  ;
- + Bụi:  $0,6 < I_D \leq 1,8$  ;
- + Cát:  $1,8 < I_D$ .

Ngoài ra, trên hình 4.13 còn chia nhỏ hơn như: sét lẫn bụi, bụi lẫn sét, bụi lẫn cát, cát lẫn bụi.

Các số có gạch chân (ví dụ 1,7) là khối lượng riêng của đất ( $t/m^3$ ). Nếu  $PI > 50$ , thì ta giảm  $\gamma$  đi  $0,1 t/m^3$ .

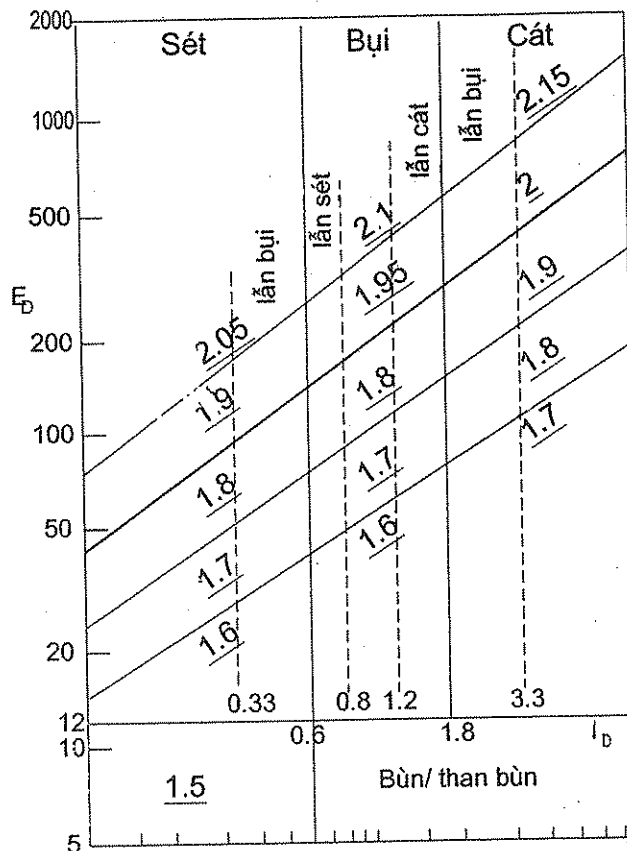
Phương trình của bốn đường thẳng chia vùng trên hình là (từ dưới lên):

$$A = 10^{(1,737+0,585 \log I_D)}$$

$$B = 10^{(2,013+0,621 \log I_D)}$$

$$C = 10^{(2,289+0,657 \log I_D)}$$

$$D = 10^{(2,564+0,694 \log I_D)}$$



Hình 4.13. Phân loại đất dựa trên  $I_D$

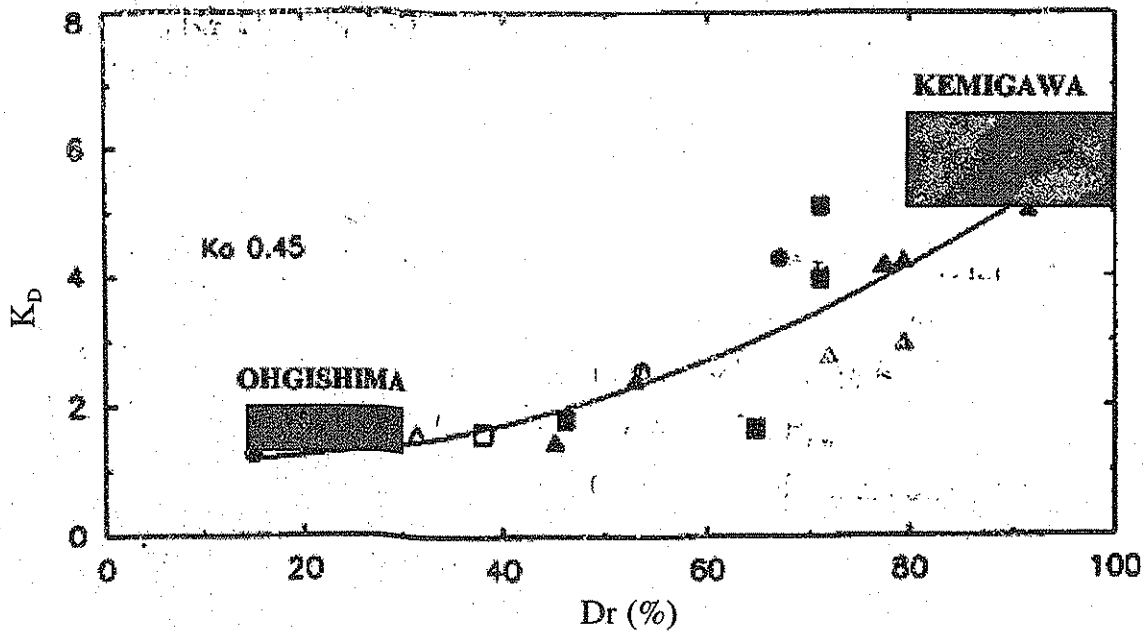
#### Lưu ý:

1. Với đất hỗn hợp cát-sét, thì thí nghiệm DMT thường cho  $I_D$  trong khoảng  $0,6 \div 1,8$ , do đó có thể hiểu nhầm là đất bụi.
2. Giá trị khối lượng riêng  $\gamma$  ở hình 4.13 chỉ mang tính chất tương đối. Tuy nhiên, nhiều công thức đòi hỏi phải biết  $\sigma'_{vo}$ , do đó ta phải biết (tương đối) giá trị  $\gamma$ .

### 4.4.2.2. Đánh giá trạng thái của đất dựa trên kết quả DMT

Với đất cát cố kết thường, không ximăng hoá, độ chặt tương đối ( $D_r$ ) được xác định thông qua hình 4.14 (trong đó, giả sử  $K_0$  bằng 0,45). Với đất quá cố kết, đất ximăng hoá thì  $D_r$  sẽ nhỏ hơn so với giá trị trong hình vẽ.





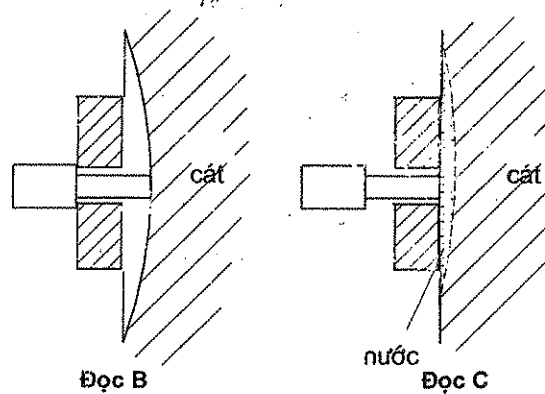
Hình 4.14. Quan hệ độ chặt ( $D_r$ ) và  $K_D$  (đất cát cố kết thường, không ximăng hoá)

### 4.4.3. ĐÁNH GIÁ TÍNH THẨM CỦA ĐẤT DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

#### 4.4.3.1. Xác định mực nước ngầm dựa trên kết quả DMT

Trên hình 4.15, sau khi đọc số đọc B, để đọc số đọc C, ta giảm áp lực khí và màng thép sẽ trở lại áp sát với đĩa cảm ứng. Đất cát biến dạng đàn hồi một phần, còn thì phần lớn là biến dạng dư, do đó tạo thành khe hở giữa cát và màng thép.

Nếu đất cát dưới mực nước ngầm, do tính thấm nhanh, khe này sẽ chứa đầy nước, do đó, áp lực lên màng thép lúc này là  $p_2 \approx u_0$  (ta gọi  $p_2$  là  $u_0^*$  trong phương trình 4.16). Thay vào phương trình (4.7), ta sẽ có  $u_D \approx 0$ . Lưu ý, khi đọc C, không được giảm áp (xả khí) nhanh quá, làm đất bị sụp lở (thời gian xả khí từ 45 ÷ 60 giây).



Hình 4.15. Đo C, từ đó suy ra  $u_0^*$

Cũng không được giảm áp chậm quá, nếu không, một số loại đất bụi, hoặc cát lẫn sét (có hệ số thấm  $k$  không quá lớn) sẽ có  $u_D \approx 0$  và bị hiểu nhầm là cát sạch.

Còn với đất sét, biến dạng đàn hồi rất lớn nên đất sẽ trở lại tiếp xúc với màng thép, vì vậy áp lực C đo được phần lớn là áp lực đất. Do đó,  $p_2 > u_0$ .

Với đất cát (hình 4.16), ta nối 1 đường thẳng giữa các điểm áp lực  $p_2$  sẽ xác định

được mực nước ngầm, từ đó sẽ xác định được

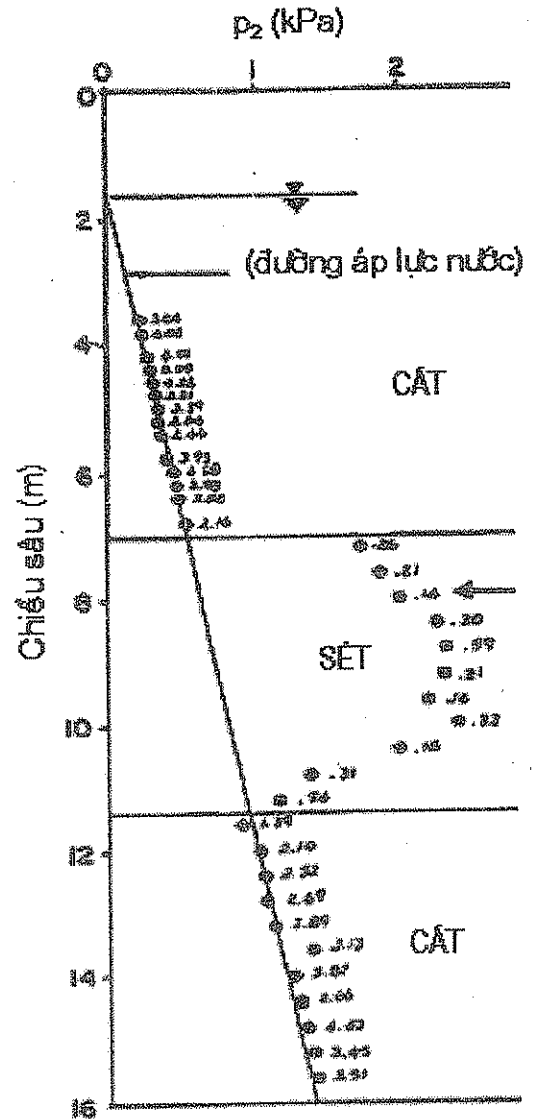
$$u_0. \text{ Sau đó, sẽ tính được } u_D = \frac{p_2 - u_0}{p_0 - u_0} \text{ (xem$$

(4.7)). Từ đó, ta cũng xác định được loại đất như sau:

- $u_D \approx 0 \div 0,1$ : đất cát, sỏi, đá (thấm nước tốt);
- $u_D \approx 0,7 \div 1,0$ : đất dính (thấm nước kém);
- $u_D \approx 0,1 \div 0,7$ : đất pha (hỗn hợp), bụi.

Nếu loại đất xác định theo cách này lại khác xa với loại đất xác định theo  $I_D$  (hình 4.13), thì có thể do một trong các nguyên nhân sau:

- Có một vài loại đất bụi, ví dụ ở Nauy (tính thấm tương đối,  $u_D$  ở khoảng trung gian), nhẽ ra  $I_D = 0,6 \div 1,8$ , thì lại có  $I_D$  rất nhỏ ( $0,05 \div 0,2$ ).
- Số đọc C đọc quá chậm, hoặc quá nhanh. Hơn nữa, khi đất thấm nước không tốt, số đọc C không tuân theo quy luật gì.
- Số đọc A và/hoặc B không chính xác.

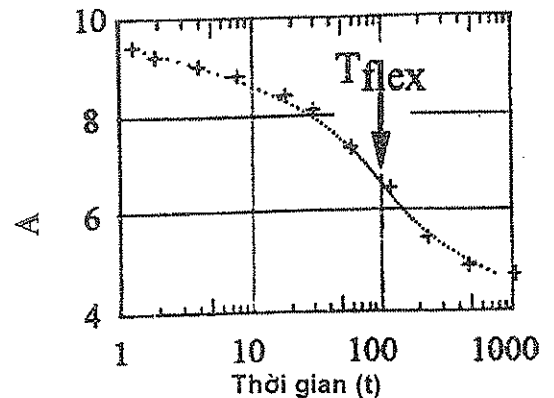


Hình 4.16. Xác định mực nước ngầm

#### 4.4.3.2. Đánh giá hệ số cố kết phương ngang $C_h$ theo kết quả DMT

Từ kết quả thí nghiệm tiêu tán áp DMT - A, ta tiến hành các bước:

- Vẽ đồ thị A-log(t);
- Xác định điểm uốn giữa hai đoạn cong trên đồ thị. Thời gian tại đó là  $t_{flex}$ ;
- $C_h = \frac{1}{\xi} 7cm^2 / t_{flex}$  xem (4.12).
- $\xi$  phụ thuộc vào mức quá cố kết của đất như bảng 4.2.



Hình 4.17. Biểu đồ A-log(t)

Bảng 4.2. Giá trị  $\xi$

| Đất   | Cố kết thường (NC) | Bán cố kết thường (NC-OC) | Quá cố kết ít (Lightly OC) | Rất quá cố kết (Heavily OC) |
|-------|--------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| $\xi$ | 5 ÷ 7              | 3 ÷ 5                     | 1 ÷ 3                      | 1                           |

Ta cũng có thể xác định  $C_h$  qua thí nghiệm DMT- $A_2$  như sau:

- Vẽ đồ thị  $A-\sqrt{t}$ ;
- Điểm  $A_0$  là điểm giao giữa đồ thị với trục tung;
- Điểm  $A_{100}$  là điểm áp lực nước lỗ rỗng tiêu tán xong - chính là điểm tương ứng với tiệm cận ngang của đồ thị;
- Chia đôi khoảng cách  $A_0-A_{100}$  ta được điểm  $A_{50}$ . Thời gian tương ứng với điểm này là  $t_{50}$ ;
- Ước tính  $E$  (môđun biến dạng) và  $S_u$  (lực dính không thoát nước). Sau đó,  $T_{50}$  ước tính theo bảng 4.3.
- $C_h = \frac{1}{\xi} 600 \frac{T_{50}}{t_{50}}$  mm/phút.

Bảng 4.3. Ước lượng  $T_{50}$

| $E / S_u$       | 100 | 200 | 300 | 400 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| $T_{50}$ (phút) | 1,1 | 1,5 | 2,0 | 2,7 |

#### 4.4.4. ĐÁNH GIÁ TÍNH BIẾN DẠNG CỦA ĐẤT DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

##### 4.4.4.1. Đánh giá môđun đàn hồi tức thời của sét dựa trên kết quả DMT

Hiện tại, chưa có tương quan nào có độ tin cậy tốt để ước tính môđun  $E_u$  trực tiếp từ kết quả của DMT.

##### 4.4.4.2. Đánh giá môđun biến dạng của cát và sét dựa trên kết quả DMT

$M$  (tức là  $E_s$ ) là môđun biến dạng trong điều kiện thoát nước và không nở hông. Nếu thí nghiệm nén một trục (oedometer) thì:

$$M = \frac{1}{m_v} \quad (m_v \text{ còn gọi là } a_0);$$

$$E = \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu}\right) \cdot M = \beta M \approx (0,5 \div 0,8) M.$$

$E_D$  (tức là  $E_{DMT}$  và lưu ý, không nên nhầm lẫn giữa  $E$  và  $E_D$ ) cần được hiệu chỉnh sang  $M$  theo phương trình (4.14), bảng 4.1 vì các lý do sau:

- Đất bị xáo trộn (có thể là nén chặt) dưới tác dụng xuyên;
- Hướng gia tải của DMT là phương ngang, trong khi  $M$  (và  $E$ ) là môđun theo phương đứng.

#### 4.4.4.3. Đánh giá môđun cắt dựa trên kết quả DMT

Một số tác giả (Hryciw-1990, Tanaka-1998, ...) đã tìm những quan hệ giữa môđun cắt cực đại  $G_{max}$  (sử dụng để tính toán kháng chấn) và  $E_D$ ,  $K_D$ . Họ thấy rằng, với đất cố kết thường ( $K_D = 2$ ) thì  $G_{max}/E_D \approx 7,5$ . Với đất quá cố kết,  $K_D$  tăng lên, còn  $G_{max}/E_D$  giảm xuống, có thể dưới 2,0.

Có thể tính gián tiếp  $G_{max}$  qua phương trình sau của Hryciw:

$$G_{max} = 530 \frac{\gamma - 1}{2,7 - \gamma} \sqrt[4]{K_o \cdot \sigma'_{vo}}, \text{ bar} \quad (4.17)$$

trong đó  $\sigma'_{vo}$  - ứng suất bản thân (địa tĩnh) theo phương đứng, bar;  
 $\gamma$  - khối lượng riêng của đất, t/m<sup>3</sup>.

#### 4.4.4.4. Đánh giá hệ số nền dựa trên kết quả DMT

Hệ số nền theo phương ngang (Schmertmann, 1988) là:

$$k_{hs} = 0,5 \left( \frac{B + 0,3}{2B} \right)^2 \frac{K_D - K_o}{7,5 \text{ mm}} \sigma'_{vo}$$

trong đó

$B$  - bề rộng móng (nếu là cọc thì là cạnh cọc), m.

Nếu giả sử quan hệ giữa hệ số nền theo phương đứng và phương ngang là tỷ lệ với ứng suất hữu hiệu (theo  $K_o$ ), thì hệ số nền theo phương đứng sẽ là:

$$k_s = k_{hs}/K_o = 0,5 \left( \frac{B + 0,3}{2B} \right)^2 \frac{K_D - K_o}{7,5 \text{ mm}} \frac{\sigma'_{vo}}{K_o} \quad (\text{xem (4.15)}).$$

#### 4.4.5. ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ $K_o$ VÀ OCR CỦA ĐẤT DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

##### 4.4.5.1. Đánh giá hệ số $K_o$ và OCR của đất sét dựa trên kết quả DMT

Giá trị  $K_D$  lớn hơn  $K_o$  vì đất chặt hơn dưới mũi xuyên 1,5 cm. Do đó, có nhiều tác giả đã thực nghiệm để tìm giá trị  $K_o$  từ  $K_D$  như trình bày dưới đây.

Marchetti (1980) và nhiều tác giả đề nghị tương quan sau (hình 4.18b):

$$K_o = (K_D/\beta_k)^{0,47} - 0,6 \quad (\text{xem (4.8)})$$

Với đất sét thường (không nứt nẻ, không nhạy cảm),  $\beta_k = 1,5$  (hình 4.18a), do đó

$$K_o = (K_D/1,5)^{0,47} - 0,6$$

Còn Lacasse và Lunne (1988) dựa vào thí nghiệm ở Nauy cho rằng, khi  $K_D < 4$  thì:

$$K_o = 0,34 K_D^m \quad (4.18)$$

trong đó  $m = 0,44$  với đất có độ dẻo cao;

$m = 0,64$  với đất có độ dẻo thấp.



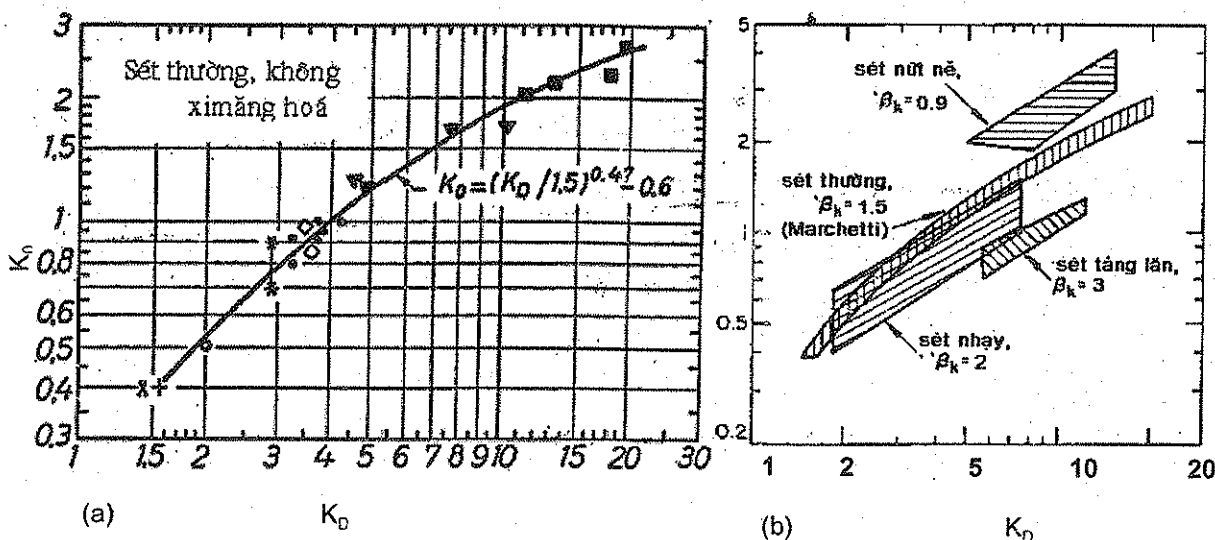
Tương tự với phương trình (4.18), Lunne (1990) đề xuất phương trình sau:

- Với đất sét dưới 60.000 năm tuổi ( $S_u / \sigma'_{vo} < 0,5$ ):

$$K_0 = 0,34 K_D^{0,54} \tag{4.19}$$

- Với đất sét trên 70 triệu năm tuổi ( $S_u / \sigma'_{vo} > 0,8$ ):

$$K_0 = 0,68 K_D^{0,54} \tag{4.20}$$



Hình 4.18. Quan hệ giữa  $K_D$  và  $K_0$

Còn quan hệ ở hình 4.19 (Marchetti) cho đất sét thường, không nhạy cảm là:

$$OCR = (0,5 K_D)^{1,56} = 0,34 K_D^{1,56} \text{ (xem (4.9))}$$

Phương trình này có dạng tổng quát hoá là:

$$OCR = (\beta_0 K_D)^{1,56}$$

trong đó  $\beta_0 = 0,5$  với đất sét thường;

$\beta_0 = 0,75$  với đất sét nứt nẻ;

$\beta_0 = 0,35$  với đất sét nhạy cảm.

Tương tự với phương trình tìm  $K_0$ , Lunne cho rằng OCR phụ thuộc tuổi của sét:

- Với đất sét dưới 60.000 năm tuổi ( $S_u / \sigma'_{vo} < 0,5$ ):

$$OCR = 0,3 K_D^{1,17} \tag{4.21}$$

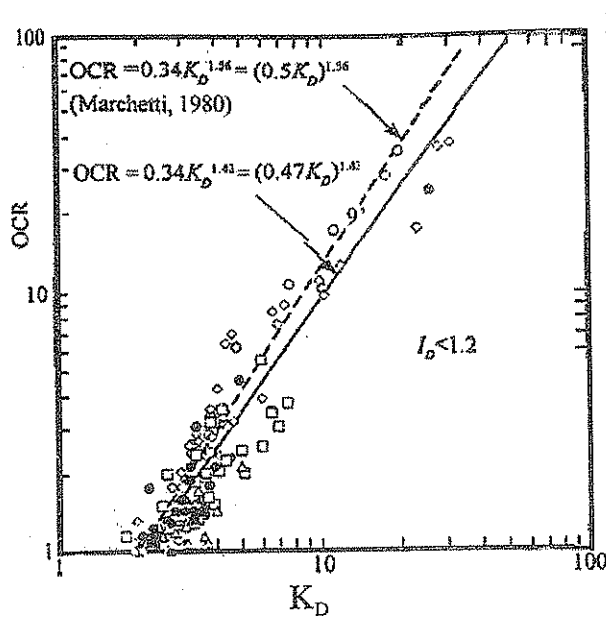
- Với đất sét trên 70 triệu năm tuổi ( $S_u / \sigma'_{vo} > 0,8$ ):

$$OCR = 2,7 K_D^{1,17} \tag{4.22}$$

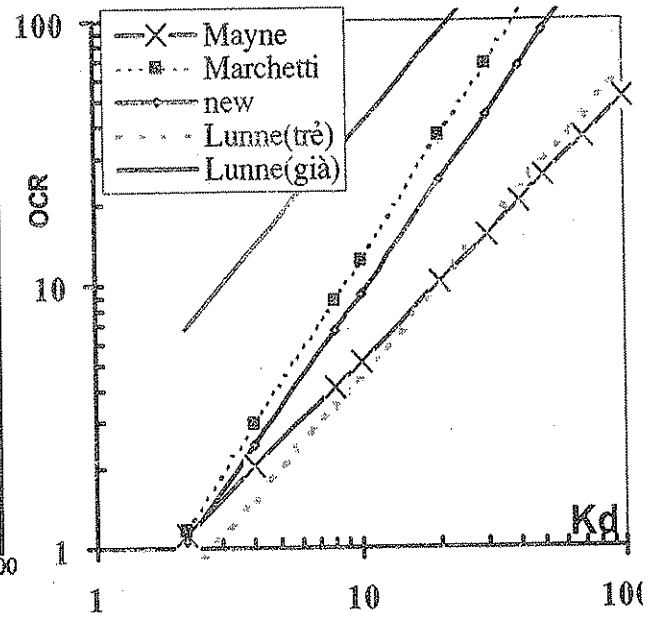
- Mayne (1987) đơn giản cho rằng:

$$OCR = 0,51 K_D \tag{4.23}$$

Toàn bộ các quan điểm tính OCR khác nhau được tóm tắt ở hình 4.20.



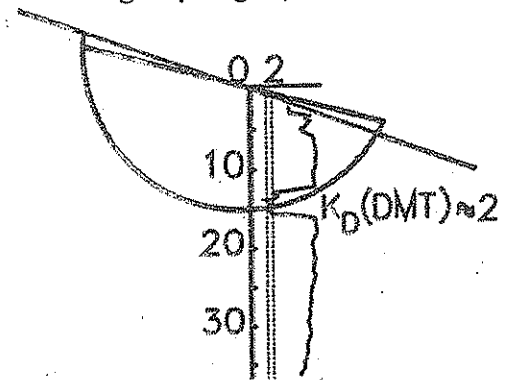
Hình 4.19. Quan hệ giữa OCR và  $K_D$



Hình 4.20. Tóm tắt tính OCR theo DMT

Với đất cố kết thường ( $OCR = 1$ ), từ phương trình (4.9) ta có  $K_D \approx 2$  (và do đó,  $K_0 \approx 0,54$ ). Điều này đã được nhiều tác giả chứng minh bằng thực nghiệm.

Ví dụ như, Totani và cộng sự (1997) đã tiến hành xem xét một mái dốc bị trượt lở tự nhiên. Tại mặt trượt, đất sét đã bị xáo trộn, bị mất sự ximăng hoá, già hoá, ..., do đó, đất sét tại mặt trượt được coi là đất cố kết thường (NC). Thí nghiệm DMT cho thấy, tại vùng mặt trượt trên mái dốc bằng đất quá cố kết,  $K_D \approx 2$  (hình 4.21).



Hình 4.21.  $K_D \approx 2$  tại mặt trượt

Với đất sét bị ximăng hoá, già hoá, các phương trình tính  $K_0$  và OCR ở trên là không phù hợp. Với đất sét cố kết thường nhưng bị ximăng hoá, thì  $K_D$  có thể từ 3 đến 4. Do đó,  $\beta_k$  trong phương trình (4.8) có thể lớn hơn, ví dụ như từ 2,5 đến 3,0.

Với đất không bị ximăng hoá, biểu đồ  $K_D$  cho đất quá cố kết (OC) sẽ giảm theo độ sâu, còn cho đất cố kết thường (NC) thì  $K_D \approx 2$  (tương tự biểu đồ OCR ở hình 1.14). Nếu đất quá cố kết (OC) mà biểu đồ  $K_D$  không giảm theo chiều sâu thì chứng tỏ đất sét bị ximăng hoá.

Với đất sét quá cố kết nứt nẻ, thì biểu đồ  $K_D$  thường có dạng dao động, dích dắc.

#### 4.4.5.2. Đánh giá hệ số $K_0$ và OCR của đất cát dựa trên kết quả DMT

Với đất cát, việc xác định OCR và  $K_0$  là cực kỳ khó khăn. Hơn nữa, lại không có tiêu chuẩn nào để so sánh vì đất cát không thể lấy mẫu nguyên dạng để thí nghiệm xác định OCR trong phòng được (thí nghiệm oedometer).

Nhiều tác giả (Jendeby-1992, Baldi-1988, Jamiolkowski-1995, Marchetti-2000) cho rằng, có thể xác định một cách định tính như sau:

- Nếu  $M_{DMT}/q_c = 5 \div 10$  thì  $OCR = 1$ ;
- Nếu  $M_{DMT}/q_c = 12 \div 24$  thì  $OCR > 1$ .

trong đó  $M_{DMT}$  - môđun không nở hông suy ra từ thí nghiệm DMT;  
 $q_c$  - sức kháng xuyên mũi từ thí nghiệm CPT.

Có thể giải thích nhận xét trên như sau: Với đất quá cố kết, áp lực ngang ( $\sigma'_{ho} = K_0 \sigma'_{vo}$ ) tăng lên; Do bản chất nén ngang của thí nghiệm DMT,  $M_{DMT}$  tăng lên khá nhiều, trong khi đó  $q_c$  tăng rất ít. Như vậy đất càng quá cố kết thì  $M_{DMT}/q_c$  càng cao. Tóm lại, DMT nhận biết tốt hơn sự quá cố kết (OCR) so với CPT.

Ta đã biết, Marchetti đề xuất đồ thị ở hình 2.40, trong đó  $K_0$  được xác định dựa trên  $q_c$ ,  $\phi$ . Dựa trên đồ thị của Marchetti, Schmertmann (1982-1992) đề xuất phương pháp tính tính lập xác định  $K_0$  và  $\phi'$  qua  $K_D$  và  $q_c$ :

$$K_0 = \frac{40 + 23K_D + (152 - 86K_D)(1 - \sin \phi') - 717(1 - \sin \phi')^2}{192 - 717(1 - \sin \phi')} \quad (4.24)$$

Trong đó,  $\phi'$  là góc ma sát trong hữu hiệu, được tính lập cùng với  $K_D$  bằng công thức của Michell và Durgunoglu (tương tự phương pháp Marchetti ở hình 2.40) và bằng phương trình (4.24).

Marchetti, sau đó là Baldi (1986) đã đơn giản hoá phương pháp của Schmertmann thành phương trình sau:

$$K_0 = 0,376 + 0,095K_D - \xi q_c/\sigma'_{vo} \quad (4.25)$$

trong đó  $\xi = 0,0017$  (đất đắp)  
 đến 0,0046 (đất nguyên thổ)

Phương trình tương tự của Marchetti được Kulhawy, Mayne (1990) trích dẫn là:

$$K_0 = 0,359 + 0,071K_D - 0,00093 q_c/\sigma'_{vo} \quad (4.26)$$

Tuy nhiên,  $K_0$  và OCR cho đất cát không có độ chính xác cao, hơn nữa, các phương trình trên đều phải dựa vào một thông số thứ ba: hoặc  $q_c$  (thí nghiệm CPT ngay gần thí nghiệm DMT) hoặc  $\phi'$

#### 4.4.6. ĐÁNH GIÁ SỨC KHÁNG CẮT CỦA ĐẤT DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

##### 4.4.6.1. Đánh giá góc $\phi$ của đất cát dựa trên kết quả DMT

Có ba phương pháp xác định  $\phi$  như sau:

*Cách 1:* Xác định  $K_0$  như phần 4.4.5.2. Sau đó, dùng hình 2.41 để xác định  $\phi$ . Tuy nhiên, cách này không tin cậy lắm vì sai số tích lũy qua việc xác định  $\phi$  gián tiếp.

Cách 2: Sử dụng phương trình do Marchetti đề xuất năm 1997:

$$\phi = 28 + 14,6 \times \log K_D - 2,1 \times \log^2 K_D \quad (\text{xem (4.11)})$$

Cách 3: Cách của Schmertmann. Tuy nhiên, cách này rất phức tạp, đòi hỏi quá trình tính lặp và sử dụng cả số liệu lực xuyên khi ấn mũi DMT.

4.4.6.2. Đánh giá sức kháng cắt  $S_u$  của đất sét dựa trên kết quả DMT

Sức kháng cắt không thoát nước được Marchetti đề xuất từ năm 1980 (hình 4.22) như sau:

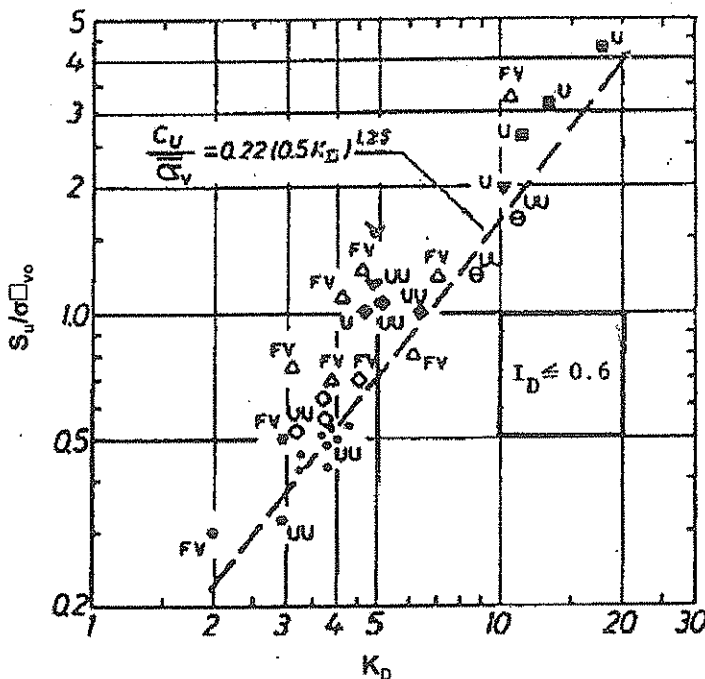
$$S_u = 0,22 \sigma'_{vo} (0,5 K_D)^{1,25} = 0,22 \sigma'_{vo} OCR^{0,8} \quad (\text{xem (4.10)})$$

Nhiều tác giả đã so sánh kết quả tính theo phương trình trên với thí nghiệm trong phòng và các thí nghiệm khác, như Burghignoli (1991), Nash và cộng sự (1992) hình 4.23) và cho thấy phương trình (4.10) có độ tin cậy tương đối cao.

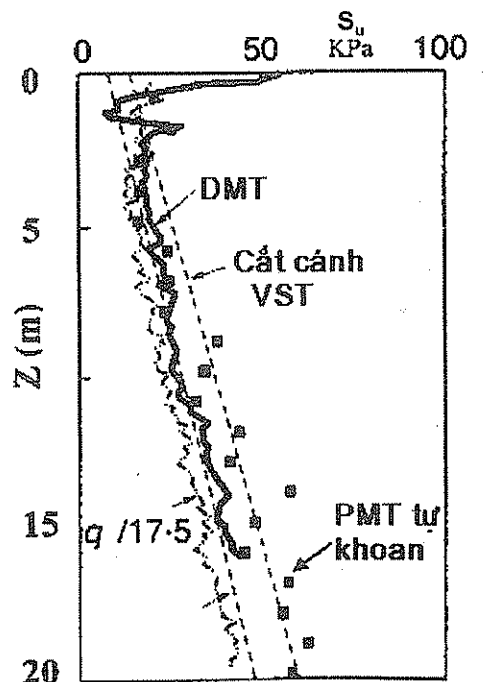
Tuy nhiên, Roque và cộng sự cho rằng, phương trình sau nên được sử dụng:

$$S_u = \frac{P_1 - (K_o \sigma'_{vo} + u_o)}{N_c} \quad (4.27)$$

- ở đây  $N_c = 5$  cho đất sét và bụi giòn (độ nhạy cảm cao);
- $= 7$  cho đất sét trung bình;
- $= 9$  cho đất sét dẻo không nhạy cảm.



Hình 4.22. Đường hồi quy  $S_u$  của Marchetti



Hình 4.23. So sánh các kết quả  $S_u$



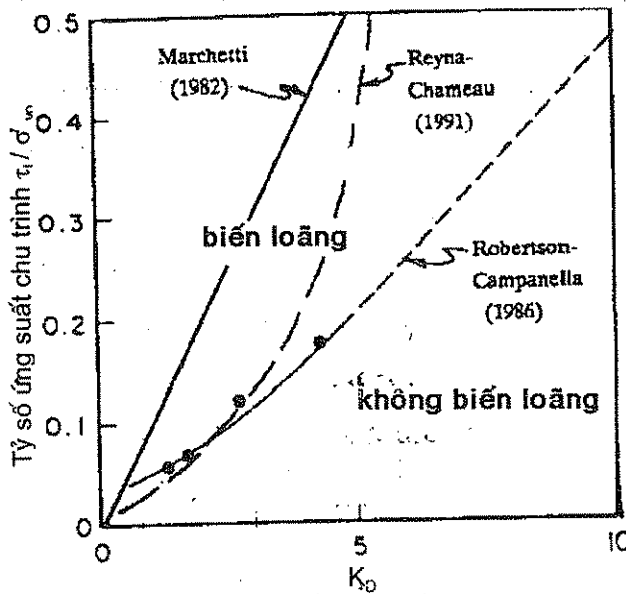
### 4.4.7. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG BIẾN LOÃNG CỦA ĐẤT DỰA TRÊN KẾT QUẢ DMT

Ban đầu, Marchetti-1982 (đường thẳng trên hình 4.24) cho rằng, đất cát có khả năng biến loãng là đất có:

$$K_D \leq 10 \tau_1 / \sigma'_{vo} = K_{D \text{ cần có}} \tag{4.28}$$

Cách xác định  $\tau_1 / \sigma'_{vo}$  xem phần 1.1.6.

Sau đó, Robertson, Campanella (1986) và Reyna, Chameau (1991) đề nghị những tiêu chí đánh giá khả năng biến loãng khác (hai đường cong trên hình 4.24). Kết quả của Reyna và Chameau được đánh giá là có độ tin cậy cao nhất. Dựa trên hình 4.24, Marchetti (1997) đơn giản hoá và đưa ra bảng 4.4 đánh giá đất có khả năng biến loãng.



Hình 4.24. Khả năng biến loãng của cát

Bảng 4.4. Giá trị  $K_D$  của đất biến loãng

|         |           |       |       |       |       |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| M = 7,5 | $a_{max}$ | 0     | 0,15  | 0,25  | 0,35  |
|         | $K_D$     | < 1,7 | < 4,2 | < 5,0 | < 5,5 |

## 4.5. ỨNG DỤNG KẾT QUẢ DMT VÀO DỰ BÁO SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

### 4.5.1. CÁCH TÍNH SỨC CHỊU TẢI NÉN ĐỌC TRỰC CỦA CỌC ĐÚC SẴN TRONG ĐẤT SÉT CỦA POWELL (2001B)

Powell và cộng sự đề xuất phương pháp này dựa trên số liệu thực nghiệm của 60 cọc đóng và ép vào đất sét ở Anh, Na Uy, Pháp và Đan mạch.

Sức kháng bên đơn vị  $f_i$  cho trường hợp cọc chịu kéo là:

- $0,5 (p_1 - p_0)$  nếu  $I_D < 0,1$  ;
- $(0,575 - 0,73077 I_D) (p_1 - p_0)$  nếu  $0,1 < I_D < 0,65$  ;
- $0,1 (p_1 - p_0)$  nếu  $0,65 < I_D < 0,8$  .

Sức kháng bên đơn vị  $f_i$  cho trường hợp cọc chịu nén là:

- $(0,775 - 1,1111 I_D) (p_1 - p_0)$  nếu  $I_D < 0,6$  ;
- $0,11 (p_1 - p_0)$  nếu  $0,8 > I_D > 0,6$  .

Nếu cọc quá dài ( $L > 50B$ ,  $L$  là chiều dài,  $B$  là đường kính cọc), thì sức kháng bên  $f_i$  ở đoạn cọc gần mặt đất (đoạn  $L - 50B$ ) sẽ phải giảm 15% so với các giá trị trên.

Sức kháng mũi đơn vị là:  $q_p = k_{di} p_1$  .

trong đó  $k_{di} = 1,3$  nếu  $E_D > 2$  MPa;

$k_{di} = 0,7$  nếu  $E_D \leq 2$  MPa.

Nếu cọc ống rỗng không bịt mũi thì  $q_p$  giảm đi 50%.

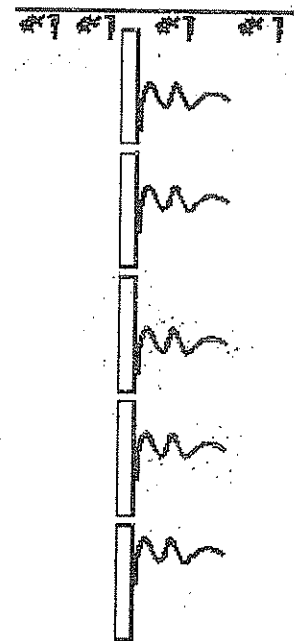
### 4.5.2. TÍNH TOÁN CỌC CHỊU TẢI TRỌNG NGANG

#### 4.5.2.1. Giới thiệu về phương pháp đường cong P-y

Hiện nay, ở các nước phương Tây - Bắc Mỹ, người ta thường không tính toán cọc chịu tải trọng ngang theo phương pháp giải tích mà chúng ta đã biết. Phương pháp phổ biến nhất được dùng là phương pháp "đường cong P-y"

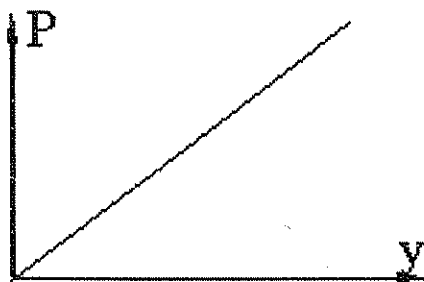
Phương pháp này sử dụng phần tử hữu hạn kết hợp với mô hình nền Winkler phi tuyến. Tóm tắt của phương pháp như sau:

- Chia cọc thành nhiều đoạn phần tử hữu hạn nhỏ (hình 4.25);
- Trên mỗi đoạn, tương tác (phản lực nền) giữa cọc và đất được mô hình bởi 1 gối đàn hồi. Tuy nhiên, độ

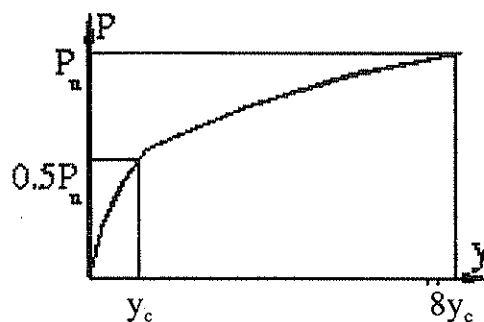


Hình 4.25. Mô hình cọc

cứng của gối đàn hồi ( $k = P / y$ ) không phải là hằng số như quan hệ tuyến tính trên hình 4.26a mà là quan hệ phi tuyến như trên hình 4.26b (chuyển vị của cọc -y- càng lớn thì gối đàn hồi càng mềm);



Hình 4.26a. Gối đàn hồi tuyến tính



Hình 4.26b. Gối đàn hồi phi tuyến

- Sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn để giải bài toán, từ đó tìm ra nội lực, chuyển vị của cọc. Hiện nay có nhiều phần mềm sử dụng phương pháp này như: LATPILE.UBC, LTBASE, BMCOL76, FL-PIER (hay FB-PIER).

#### 4.5.2.2. Cách xây dựng đường cong P-y của Robertson và cộng sự (1989)

Phương pháp Robertson dựa trên quan hệ P-y của Matlock (1970) sau:

$$P = 0,5P_u \left( \frac{y}{y_c} \right)^{0,33} \quad (4.29)$$

trong đó P - phản lực của đất lên đoạn cọc (t/cm dài cọc);

y - chuyển vị ngang của đoạn cọc (cm);

$P_u$  - phản lực cực hạn của đất lên đoạn cọc;

$P_u$  xác định theo phương trình (4.30) và (4.31);

$y_c$  - chuyển vị ngang của cọc khi  $P = 0,5P_u$ ;

theo phương trình (4.29),  $P_u$  đạt được khi chuyển vị là  $8y_c$ ;

$y_c$  xác định theo phương trình (4.32) và (4.33);

Đất dính:  $P_u = N_p S_u B \quad (4.30)$

Đất rời:  $P_u$  bằng giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị sau:

$$\sigma'_{vo} [B (K_p - K_a) + z K_p \text{tg}\phi' \text{tg}\beta] \quad (4.31a)$$

$$\sigma'_{vo} B [K_p^3 + 2K_0 K_p^2 \text{tg}\phi' + \text{tg}\phi' - K_a] \quad (4.31b)$$

Đất dính:  $y_c = \frac{23,67 S_u \sqrt{B}}{10E_D} \quad (4.32)$

$$\text{Đất rời: } y_c = \frac{4,17 \sin \varphi' \sigma'_{vo}}{2E_D(1 - \sin \varphi')} B \quad (4.33)$$

Trong đó

$$N_p = \min\left(9; 3 + \frac{\sigma'_{vo}}{S_u} + J \frac{z}{B}\right); \quad \begin{array}{l} J = 0,5 \text{ với sét mềm;} \\ J = 0,25 \text{ với sét cứng;} \end{array}$$

$z$  - độ sâu tại phân đoạn cọc đang xét;

$B$  - đường kính cọc;

$S_u$  - sức kháng cắt không thoát nước của đất dính;

$\sigma'_{vo}$  - ứng suất đứng hữu hiệu tại độ sâu  $z$ ;

$\varphi'$  - góc ma sát trong hữu hiệu;

$K_a$  - hệ số áp lực ngang chủ động, theo Rankine =  $\frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'} = \tan^2(45^\circ - \varphi' / 2)$ ;

$K_p$  - hệ số áp lực ngang bị động, theo Rankine =  $1 / K_a$ ;

$K_0$  - hệ số áp lực ngang tĩnh;

$\beta = 45^\circ + \varphi' / 2$ ;

$E_D$  - mô đun từ thí nghiệm DMT.

#### 4.5.2.3. Cách xây dựng đường cong P-y của Gabr và Borden (1988) cho cọc trong đất rời

Gabr và Borden dựa trên quan hệ P-y của Murchison và O'Neil (1984) sau:

$$P = n A P_u \tanh \left[ \frac{k_0 z}{A n P_u} y \right] \quad (4.34)$$

trong đó  $n = 1,5$  với cọc tiết diện đều và  $n = 1,0$  với cọc nêm tròn;

$A = 0,9$  với tải trọng động;

$A = \min(0,9; 3 - 0,8z / D)$  với tải trọng tĩnh;

$P_u$  lấy như phương pháp Robertson (tức là dùng phương trình 4.31);

$k_0$  - hệ số nền ban đầu, được Gabr và Borden đề nghị tính như sau:

$$k_0 = \frac{p_0 - \sigma'_h}{h};$$

$p_0$  - áp lực DMT (tương ứng với số đọc A);

$\sigma'_h$  - áp lực ngang hữu hiệu =  $K_0 \sigma'_{vo}$ ;

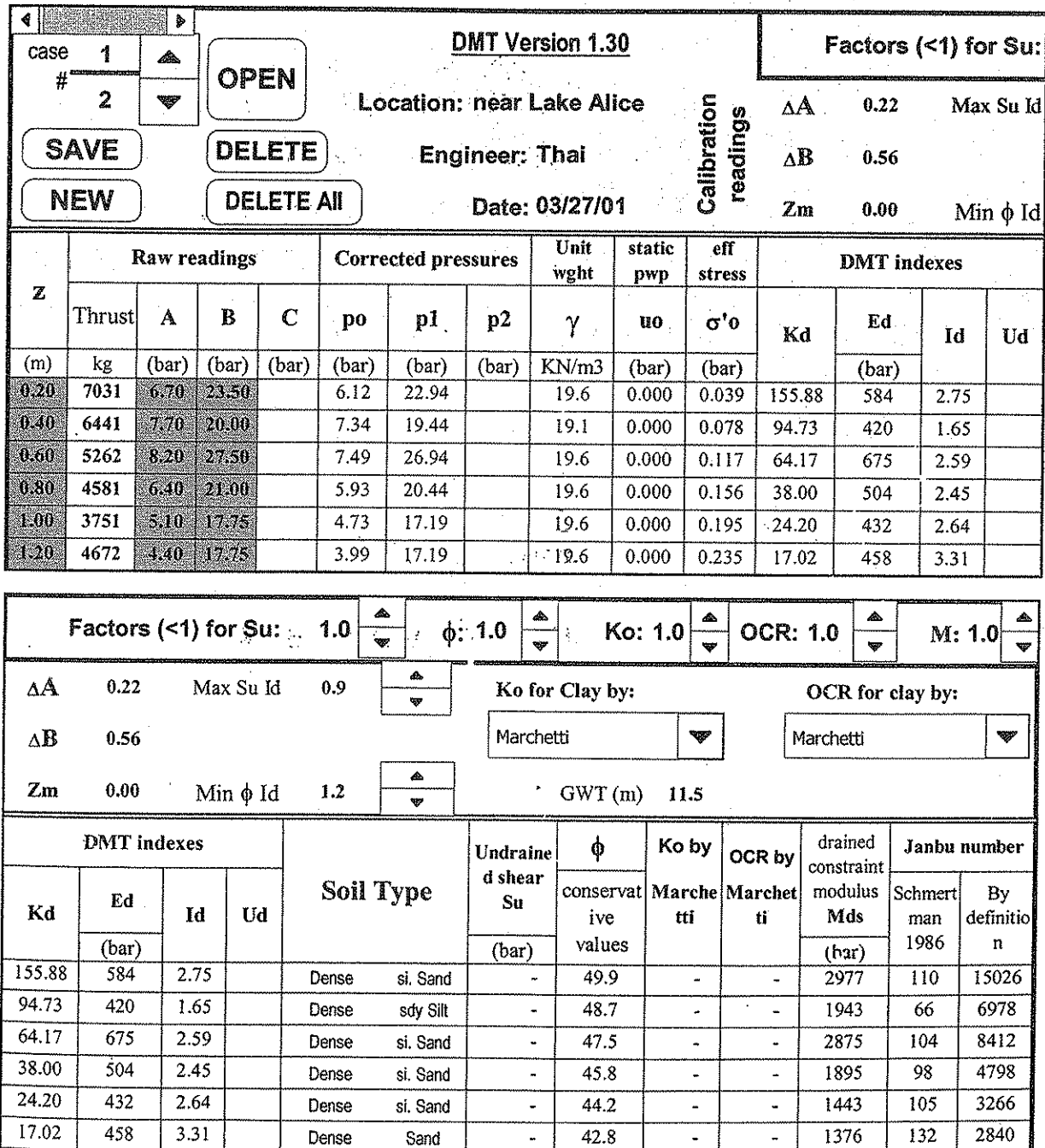
$h$  - nửa bề dày mũi xuyên DMT =  $7 \div 7,5$  mm;

$\tanh(x) = \sinh(x) / \cosh(x)$ ;  $\cosh(x) = (e^x + e^{-x}) / 2$ .



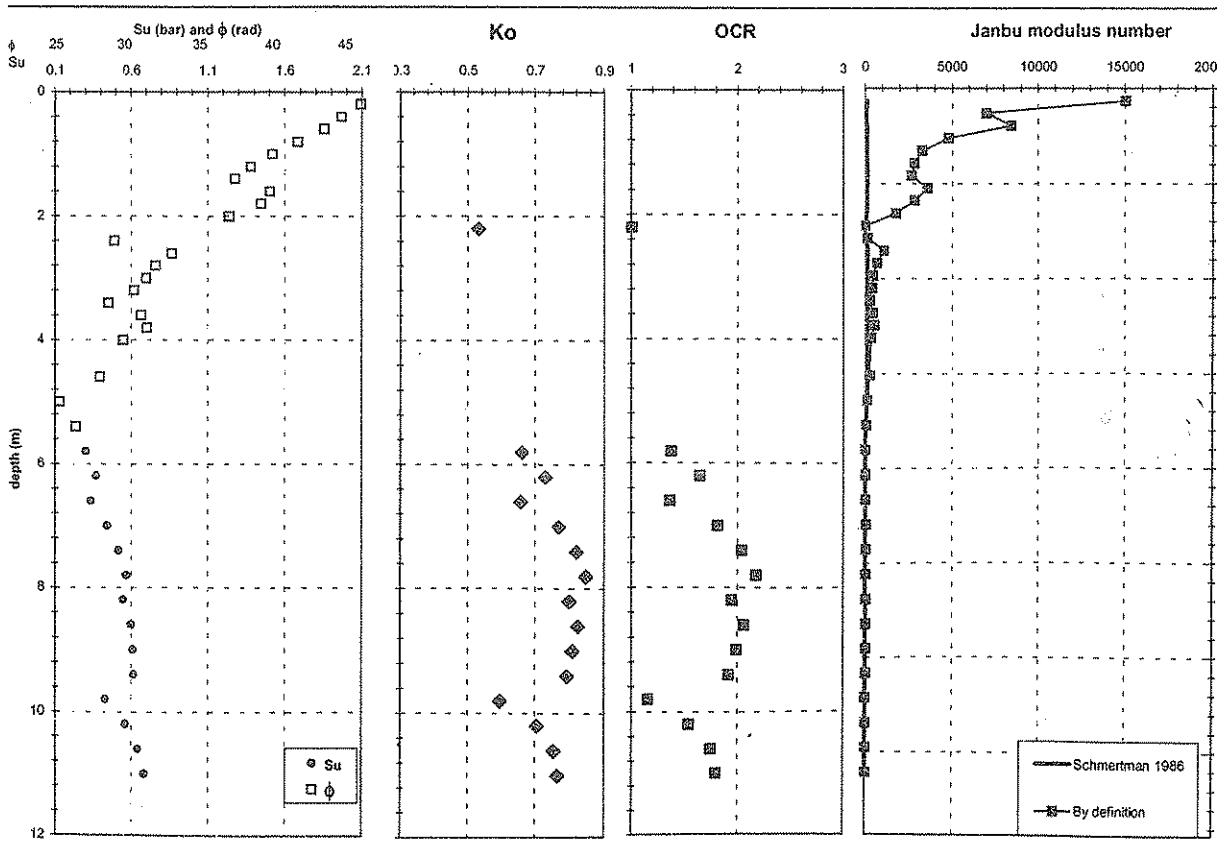
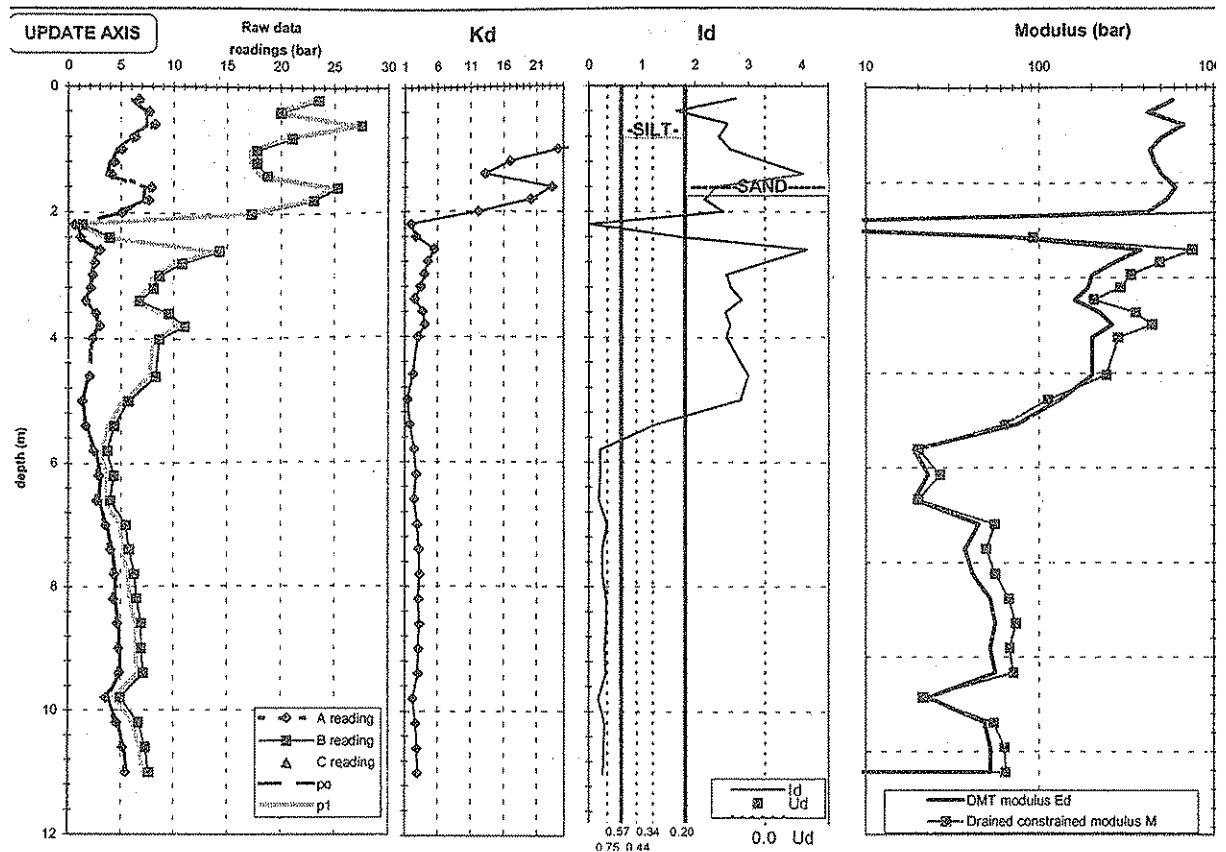
### 4.6. TRÌNH BÀY KẾT QUẢ

Một trong những chương trình<sup>4</sup> diễn dịch kết quả của thí nghiệm DMT được trình bày dưới đây. Dữ liệu đầu vào của DMT được lưu ở những ô đậm màu (chiều sâu, A, B và C). Kết quả được tính toán và lưu ở những ô màu trắng, sau đó kết quả được vẽ lên các đồ thị thể hiện sự liên tục của các lớp đất. Trong các đồ thị, độ sâu được biểu diễn ở trục tung, còn các chỉ tiêu thí nghiệm và chỉ tiêu cơ lý ( $A, B, K_D, I_D, M, S_u, \phi, K_0, OCR, m$ ) được biểu diễn ở từng trục hoành của từng đồ thị nhỏ.



Hình 4.27. Số liệu đầu vào và kết quả tính toán

<sup>4</sup> Chương trình có tại Bộ môn Cơ học Đất, Đại học Xây dựng. Cffe@fpt.vn; ngthai@ufl.edu



Hình 4.28. Đồ thị kết quả A, B,  $K_D$ ,  $I_D$ , M,  $S_u$ ,  $\phi$ ,  $K_0$ , OCR, m

### 4.7. ĐỘ TIN CẬY CỦA THÍ NGHIỆM DMT

Theo Kulhawy và Trautmann (1996), COV của thí nghiệm DMT trong khoảng 0,05 đến 0,15 và DMT là thí nghiệm có độ tin cậy cao nhất trong các thí nghiệm hiện trường thông dụng (xem phụ lục 1 và 2). DMT có một số sai số nhỏ và được tóm tắt trong bảng sau:

Bảng 4.5. Tóm tắt những sai số của DMT

|               |  |
|---------------|--|
| Do thiết bị   | Màng thép bị rão   |
|               | Cân xuyên bị cong  |
|               | Gioăng ngăn nước bị rò rỉ  |
| Do thí nghiệm | Chuẩn hoá $\Delta A$ và $\Delta B$ không đúng quy trình                  |
|               | Nếu có đo lực ấn mũi thì sai số do ma sát lên cân xuyên, do tốc độ xuyên |

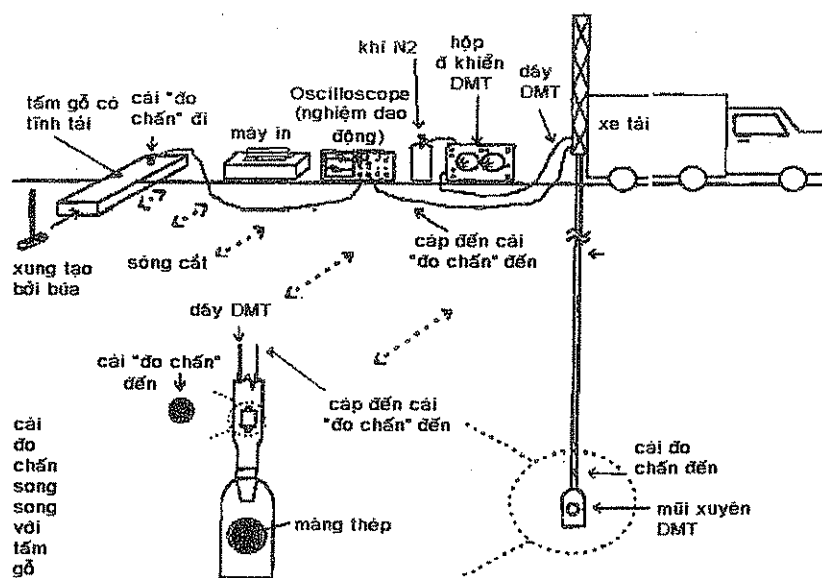
### 4.8. GIÁ THÀNH THÍ NGHIỆM DMT

Giá của thiết bị DMT tương đối ổn định từ năm 1992 đến nay. Giá của một mũi xuyên và một hộp điều khiển tại Mỹ và Châu Âu vào khoảng 7.000USD. Một bộ đầy đủ (kể cả dự phòng) gồm: hai mũi xuyên, một hộp điều khiển, vài cáp p-e (cáp điện-hơi), vài mẫu chuyển cân (adapter), vài chục màng thép (có hai loại, màng cứng và màng mềm), xilanh, cờ lê, mỏ lết - toàn bộ giá khoảng \$15.000. Giá thành thí nghiệm là 15 ÷ 30 USD / 1 m chưa kể công chuyên chở. Tốc độ thí nghiệm thông thường được 30 ÷ 60 m một ngày (8 tiếng).

Ngoài ra, cơ cấu gia lực (xe tải, hoặc giàn gia lực), kể cả cân xuyên có thể dùng chung với thiết bị CPT.

### 4.9. NHỮNG CẢI TIẾN MỚI VỚI THÍ NGHIỆM DMT

Ngoài thí nghiệm DMT thông thường đã trình bày chi tiết trong chương này, trên thế giới, một số cải tiến mới cũng đang được thử nghiệm với thí nghiệm DMT. Hình 4.29 minh họa thí nghiệm SDMT (seismic DMT), là thí nghiệm DMT địa chấn.



Hình 4.29. Thí nghiệm SDMT (DMT địa chấn)

## 4.10. TƯƠNG QUAN VỚI CÁC THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG KHÁC

### 4.10.1. TƯƠNG QUAN VỚI PMT

Về bản chất, thí nghiệm DMT tương tự với thí nghiệm PMT. Chúng đều là thí nghiệm nén ngang, tuy nhiên, DMT chính xác và đơn giản hơn nhiều.

Schmertmann (1987) cho rằng:  $p_o / p_L \approx 0,8$ ;  $p_1 / p_L \approx 1,2$ .

Kalteziotis và cộng sự (1991) cho rằng:  $p_1 / p_L \approx 1,25$ ;  $E_{PMT} \approx 0,4 E_D$ .

( $p_L$  là áp lực giới hạn của PMT).

### 4.10.2. TƯƠNG QUAN VỚI CPT

Như đã trình bày trong phần 4.4.5.2, ta có:

- Với đất cát cố kết thường:  $M / q_c = 5 \div 10$ ;
- Với đất cát quá cố kết:  $M / q_c = 12 \div 24$ .

## 4.11. TÓM TẮT THÍ NGHIỆM DMT

1. Thí nghiệm DMT đo áp lực từ đất lên màng thép của mũi xuyên DMT khi ta dùng khí nén đẩy màng thép ép về phía đất.
2. DMT là một trong những thí nghiệm hiện trường chính xác nhất, đồng thời lại là thí nghiệm nhanh và đơn giản.
3. Từ DMT, ta có thể ước tính được rất nhiều chỉ tiêu cơ lý cũng như ứng dụng trực tiếp vào thiết kế nền móng (từ quan hệ thực nghiệm).
4. Đặc biệt, DMT là thí nghiệm nén ngang, cho kết quả là quan hệ "áp lực - chuyển vị" của đất. Do đó, ứng dụng trong ước tính môđun biến dạng, sức chịu tải ngang cọc, trạng thái ứng suất và sức kháng cắt không thoát nước ( $S_u$ ) có độ tin cậy khá cao. Các ứng dụng khác (ước tính  $\phi$ , tính kháng chấn, tính thấm) có độ tin cậy thấp hơn.
5. Cũng nên lưu ý rằng, các quan hệ thực nghiệm thường dựa trên đất tương đối đồng nhất (cát hoặc sét). Vì vậy cần cẩn thận khi sử dụng DMT để ước tính các chỉ tiêu cho những đất pha tạp (cát pha, sét pha), hoặc đất phong hoá khác thường.

