

# Chương 2

# THÍ NGHIỆM ĐẤT

# **Các nội dung thí nghiệm đất:**

- Thí nghiệm độ ẩm, độ hút ẩm
- Xác định khối lượng riêng
- Phân tích thành phần hạt
- Thí nghiệm giới hạn chảy, giới hạn dẻo, chỉ số dẻo
- Xác định độ ẩm tốt nhất & khối lượng thể tích khô lớn nhất

- Xác định độ chặt K
- Xác định mô đun đàn hồi
- Xác định chỉ số CBR
- Xác định sức chống cắt
- Xác định hệ số nén lún

## 2.1. Các phép thử tính chất cơ lý của đất :

### 1. Thí nghiệm độ ẩm :

#### a. Khái niệm & các phương pháp thí nghiệm :

*a1. Khái niệm* : độ ẩm của đất là % lượng nước chứa trong đất so với khối lượng đất khô; độ hút ẩm của đất là % lượng nước chứa trong đất ở trạng thái khô gió so với khối lượng đất khô.

## *a2. Các phương pháp thí nghiệm & phạm vi áp dụng :*

### *- Trong phòng thí nghiệm :*

Phương pháp dùng tủ sấy (TCVN 4196:1995)

### *- Tại hiện trường :*

- . Đốt còn ( không áp dụng cho đất chứa nhiều tạp chất hữu cơ ).
- . Phao Cô-va-li-ép ( đất lấy được bằng dao vòng, không chứa nhiều hạt sét ).
- . Bình thử ẩm ( đất không chứa nhiều hạt sét,  $W_{max} = 20\%$  ).

## b. Thiết bị, dụng cụ thí nghiệm :

- Máng chia mẫu.
- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,01g ( theo AASHTO cân có độ chính xác đến 0,1% khối lượng mẫu thử).
- Tủ sấy, nhiệt kế.
- Bình hút ẩm.
- Hộp nhôm.
- Bay, chảo, dao con.



Thiết bị rút gọn mẫu đến cỡ mẫu  
thí nghiệm (máng chia mẫu)





## Hộp nhôm thí nghiệm độ ẩm...



## Bay

V187



V189

V188

V192-V192-07



V192-08

Dao

...và các dụng cụ vệ sinh.

V116...



V112-05

Chảo



V178-V179-06



Tủ sấy



Bình hút ẩm



Các loại cân điện tử

## c. Trình tự thí nghiệm :

### *c1. Phương pháp sấy :*

- Rút gọn mẫu đến cỡ mẫu thí nghiệm (  $100 \div 500\text{g}$  tùy theo đường kính hạt lớn nhất  $D_{\text{max}}$  ).
- Đánh số các hộp nhôm, cân khối lượng hộp nhôm đựng mẫu (  $G_h$  ).
- Cho đất ẩm vào hộp nhôm, cân khối lượng (  $G_1$  ).
- Sấy mẫu đến khối lượng không đổi (  $105^\circ\text{C}$  hoặc  $110^\circ\text{C}$  tùy theo phương pháp thí nghiệm của VN hoặc AASHTO ).
- Làm nguội mẫu trong bình hút ẩm.
- Cân lại khối lượng mẫu khô & hộp nhôm (  $G_2$  ).

## *c2. Phương pháp đốt còn :*

- Rút gọn mẫu đến cỡ mẫu thí nghiệm.
- Cân khối lượng bát nhôm đựng mẫu.
- Cho đất ẩm vào các bát nhôm, cân khối lượng.
- Đổ còn  $90^{\circ}$  ngập mẫu đất, đốt còn cho mẫu đất khô hoàn toàn (đốt 2 đến 3 lần tùy theo loại đất), khi ngọn lửa gần tắt dùng đũa thủy tinh để khuấy.
- Làm nguội mẫu & cân khối lượng mẫu khô & bát nhôm.

### *c3. Phương pháp dùng phao Cô-va-li-ép :*

- Hiệu chỉnh phao.
- Lấy mẫu vào dao vòng  $200\text{cm}^3$ .
- Bóp vỡ tơi mẫu, cho vào phao.
- Thả phao vào bình chứa, đọc số đọc  $\gamma_w$ .
- Đổ đất trong phao vào bình đo, lắp bình đo vào phao.

thả phao & bình đo vào bình chứa, đọc số đọc  $\gamma_k$ .

- Tính  $W$  từ  $\gamma_w$  và  $\gamma_k$ . 
$$W = \frac{\gamma_w - \gamma_k}{\gamma_k} \cdot 100$$



#### *c4. Phương pháp dùng bình lắc ẩm :*

- Cân 26g đất ẩm & đóng 24g đất đèn đỏ vào bình, cho các viên bi sắt vào bình.
- Để bình nằm ngang, đập chặt nắp.
- Dựng đứng bình, lắc mạnh.
- Đọc số đọc tối đa ( $W_2\%$ )  
( độ ẩm tính theo khối lượng đất ẩm; các máy hiện đại có thang đọc cả độ ẩm tính theo khối lượng đất khô ).

Dụng cụ lắc ẩm





d. Tính toán kết quả (PP sấy hoặc đốt còn):

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2 - G_h} \cdot 100 = \frac{G_n}{G_k} \cdot 100$$

*Các lưu ý :*

- Phần đất thí nghiệm phải đại diện cho mẫu đất & đủ khối lượng theo đúng quy trình thí nghiệm.
- Phải sấy khô mẫu hoặc đốt còn đến khối lượng không đổi.

- Cân kỹ thuật phải đảm bảo độ chính xác yêu cầu, nếu không có cân độ chính xác cao phải tăng khối lượng mẫu thử.
- Mỗi lần thí nghiệm phải làm 2 phép thử song song, chênh lệch 2 phép thử không quá 10%.
- **Độ hút ẩm** của đất chính là độ ẩm của đất ở trạng thái phơi khô gió ( phơi trong bóng râm đến khi khối lượng không đổi).

## 2. Xác định khối lượng riêng của đất (TCVN 4195:1995):

- a. Khái niệm* : là khối lượng của 1 đơn vị thể tích phần hạt cứng, khô tuyệt đối, xếp chặt khít không có lỗ rỗng.
- Khối lượng riêng của đất không chứa muối dùng nước cất.
  - Khối lượng riêng của đất chứa muối dùng dầu hỏa.

## *b. Thiết bị thí nghiệm :*

- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,01g.
- Cối, chày bọc cao su.
- Bếp cát, tủ sấy.
- Bình tỉ trọng.
- Nhiệt kế.
- Sàng 2mm.
- Các dụng cụ xác định độ ẩm của đất.





Cối sứ & chày bọc cao su



Bếp điện

Bình tỉ trọng



V107

V106...

V103

V109-04

V10



V164...

V162

Nhiệt kế



### *c. Trình tự thí nghiệm :*

- Phơi mẫu đất khô gió, nghiền bằng chày cao su.
- Sàng đất lấy phần qua sàng 2mm.
- Xác định độ hút ẩm  $W_h$  của đất lọt sàng.
- Rút gọn lấy 2 mẫu đất mỗi phần khoảng 15g.
- Lau sạch bình, cân khối lượng bình tỉ trọng (  $G_b$  ).

- Đổ đất đã rút gọn vào bình, cân khối lượng (  $G_{b+d}$  ).
- Cho nước cất đến khoảng  $1/2$  bình, đưa lên bếp cát đun sôi 30ph ( cát, á-cát ) & 60ph ( sét, á-sét ).
- Để nguội bình, châm thêm nước cất đến ngang vạch định mức, đo nhiệt độ nước & cân khối lượng 2 bình (  $G_2$  ).
- Đổ đất & nước, vệ sinh bình, đổ nước cất cùng nhiệt độ đến ngang vạch định mức, cân khối lượng (  $G_3$  ).

#### *d. Tính toán kết quả :*

- Tính toán khối lượng đất khô  $G_1$  :

$$G_1 = \frac{G_{b+d} - G_b}{1 + W_h}$$

- Tính khối lượng riêng của đất :

$$\gamma_r = \frac{G_1}{G_1 + G_2 - G_3}$$

### 3. Phân tích thành phần hạt của đất ( TCVN 4198:1995 ):

#### a. Các phương pháp áp dụng :

- Sàng khô ( rây khô ) : áp dụng khi đất có cỡ hạt từ 10 đến 0,5mm.
- Sàng ướt ( rây ướt ) : áp dụng khi đất có cỡ hạt từ 10 đến 0,1mm.
- Tủ trọng kế : áp dụng khi đất có cỡ hạt từ 0,1 đến 0,002mm.
- Phối hợp các phương pháp trên : khi đất có nhiều cỡ hạt.

## b. Thiết bị, dụng cụ thí nghiệm :

### b1. Phương pháp sàng :

- Cân kỹ thuật độ chính xác 1g & 0,01g ( hoặc 0,1g ).
- Bộ sàng tiêu chuẩn, máy sàng.
- Tủ sấy.
- Cối sứ & chày bọc cao su.
- Bay, chảo, dao con.





Sàng lỗ  
tròn theo  
tiêu  
chuẩn  
VN, TQ,  
Nga

Sàng lỗ  
vuông  
theo tiêu  
chuẩn  
ASTM,  
BS



Các loại máy  
sàng



# Phương pháp tỉ trọng kế (*AASHTO T88*):

Cần thêm các dụng cụ:

- Tỉ trọng kế ( loại A hay B ).
- Ống đong thủy tinh 1000ml đường kính 60mm.
- Bình tam giác 1000ml.
- Que khuấy.
- Nhiệt kế độ chính xác  $0,5^{\circ}\text{C}$ .
- Bơm cao su hình quả lê.
- Thước thẳng có khắc vạch đến mm dài 20cm.
- Đồng hồ bấm giây.

Ống đong thủy tinh



đồng hồ bấm giây

V171



V170



V170-01



Tỉ trọng kế



V152



V150



Nhiệt kế điện tử

Bơm cao su

V124



V119



V115



V110



V111



V123



### c. Chuẩn bị mẫu :

- Phơi mẫu đất khô gió hoặc sấy ở  $60^{\circ}\text{C}$  đến khi khối lượng không đổi.
- Nghiền vỡ các hạt kết bằng chày cao su.
- Rút gọn mẫu đến cỡ mẫu thí nghiệm bằng sàng chia mẫu hoặc phương pháp chia tư như quy định trong TCVN 4198:1995.



## d. Trình tự thí nghiệm :

### *d1. Phương pháp sàng khô :*

- Cân khối lượng mẫu ban đầu.
- Sàng đất qua các cỡ sàng từ lớn tới nhỏ.
- Cân khối lượng đất sót trên các sàng & lọt xuống ngăn đáy.





## *d2. Phương pháp sàng ướt :*

- Cân khối lượng mẫu ban đầu.
- Làm ẩm đất, nghiền đất bằng chày cao su.
- Đổ nước vào đất, khuấy đều, để lắng 10 đến 15 giây.
- Sàng thể vắn (nước đục) qua sàng 0,1mm.
- Tiếp tục đổ nước, khuấy, sàng cho đến khi nước trong.

- Phơi khô gió phần đất còn lại (không lọt qua sàng 0,1mm) , cân khối lượng.
- Sàng phần đất còn lại qua các sàng như PP sàng khô.
- Cân khối lượng đất sót trên các sàng & lọt xuống ngăn đáy.

### *d3. Phương pháp tỉ trọng kế :*

- Cân khối lượng mẫu đất ( lọt sàng 0,5mm ) tùy theo loại đất.
- Sàng ướt để xác định hàm lượng hạt trên sàng 0,25mm & 0,1mm.
- Đổ phần nước đục vào ống đo 1000ml, cho thêm nước cất để nước trong ống đến đúng vạch 1000ml.
- Dùng que khuấy để khuấy huyền phù trong 1 phút ( cứ 2 giây kéo lên đẩy xuống 1 lần).
- Ghi lại thời điểm thôi khuấy.

- Sau 20 giây, thả tỉ trọng kế vào ống đo.
- Đọc số đọc tỉ trọng kế ở các thời điểm : 30 giây, 1 ph, 3ph, 5ph & đo nhiệt độ huyền phù mỗi lần đọc số.
- Lấy tỉ trọng kế khỏi ống đo.
- Khuấy lại đất trong ống đo lần thứ 2.
- Tiếp tục đọc số đọc tỉ trọng kế ở các thời điểm : 15ph, 30ph, 1.5giờ, 2giờ, 3giờ & 4giờ ( sau mỗi lần đọc lấy tỉ trọng kế ra thả vào ống đựng đựng nước cát) & đo nhiệt độ huyền phù mỗi lần đọc số.

## **e. Tính toán kết quả : ( Xem tài liệu )**

### ***Các lưu ý :***

- Phần đất thí nghiệm phải đại diện cho mẫu đất & đủ khối lượng theo đúng quy trình thí nghiệm.
- Phải sàng cho đến khi không còn các hạt lọt qua sàng.
- Cân kỹ thuật phải đảm bảo độ chính xác.
- TTK phải có các số liệu về : **HS hiệu chỉnh vạch khắc, HS hiệu chỉnh mặt cong, thể tích bầu, k.cách từ trọng bầu đến vạch chia đầu tiên. . .**
- Phải đo nhiệt độ huyền phù mỗi lần đọc số đọc trên tỉ trọng kế.



## 4. Thí nghiệm giới hạn dẻo, giới hạn chảy :

### a. Các phương pháp áp dụng :

- Giới hạn dẻo : ( TCVN 4197:1995 )
- Giới hạn chảy :
  - . Chùy Va-xi-li-ép.
  - . Casagrande.

## b. Thiết bị, dụng cụ thí nghiệm :

- Các dụng cụ thí nghiệm độ ẩm của đất.
- Sàng 1mm.
- Quả dọi thẳng bằng Va-xi-li-ép ( hoặc dụng cụ xuyên ), dụng cụ Casagrande.
- Các tấm kính nhám.

# Bộ dụng cụ xác định giới hạn dẻo



# Dụng cụ xác định giới hạn chảy ( kiểu Va-xi-li-ép)



# Dụng cụ xác định giới hạn chảy kiểu Va-xi-li-ép khác



S165 + B057-02



S166



# Dụng cụ xác định giới hạn chảy Casagrande hãng Matest



S172-01



S170

# Dụng cụ xác định giới hạn chảy Casagrande hãng ELE



## c. Trình tự thí nghiệm :

### *c1. Xác định giới hạn dẻo :*

- Phơi mẫu đất khô gió, nghiền nhỏ bằng chày cao su.
- Sàng đất qua sàng 1mm, xác định% lượng hạt trên sàng.
- Rút gọn mẫu lọt sàng 1mm đến cỡ mẫu thí nghiệm (150g).
- Trộn ẩm mẫu đất với nước, ủ mẫu trong ít nhất 2 giờ.

- Vê mầu thành hình tròn, lăn bằng lòng bàn tay trên tấm kính nhám thành que đất đến khi que có đường kính khoảng 3mm, rạn nứt và đứt thành từng đoạn dài 3 đến 10mm.
- Lấy các que đất xác định độ ẩm ( 2 phép thử song song ).
- Độ ẩm của các que đất chính là độ ẩm giới hạn dẻo.

## *c2. Xác định giới hạn chảy bằng dụng cụ Va-xi-li-ép (AASHTO T90):*

- Chuẩn bị mẫu như thí nghiệm xác định giới hạn dẻo, song trộn đất có độ ẩm lớn hơn.
- Cho đất ẩm vào đầy khuôn hình côn, chú ý không để lẫn bọt khí.
- Dùng dao gạt bằng đất trên mặt khuôn.
- Đặt khuôn lên mặt bàn, đặt quả dọi Va-xi-li-ép ( hoặc hạ cần xuyên của dụng cụ xuyên ) sao cho mũi nhọn vừa chạm mặt mẫu đất.



- Thả dụng cụ để nó tự lún vào đất ( sau 10 giây lún vào đất 10mm).
- Điều chỉnh độ ẩm của đất nếu chiều sâu xuyên trong 10 giây khác 10mm cho đến khi đạt yêu cầu.
- Lấy 2 phần đất ở giữa khuôn, đem xác định độ ẩm.
- Độ ẩm của đất xác định được chính là độ ẩm giới hạn chảy.

### *c3. Phương pháp Casagrande (AASHTO T89):*

- Chuẩn bị mẫu như thí nghiệm xác định giới hạn dẻo, song trộn 3 phần đất có độ ẩm nhỏ hơn, xấp xỉ bằng & lớn hơn độ ẩm giới hạn chảy.
- Dùng bay cho **phần đất thứ nhất** vào bát đồng, dàn đều mẫu đất sao cho chiều dày xấp xỉ 10mm.
- Rạch đất trong bát theo chiều vuông góc trục quay, sát tới đáy bát bằng tấm gạt tạo rãnh.

- Quay đập bát vào mặt đáy với tốc độ 2 lần/ph, đếm số lần đập sao cho rãnh đất khép lại với chiều dài 1 đoạn bằng 13mm ( $N_1$ ).
- Lấy đất sát rãnh khía mang xác định độ ẩm ( $W_1$ ).
- Tiếp tục làm thí nghiệm với phần đất thứ 2 và thứ 3.

# Tính toán kết quả theo phương pháp Casagrande :

- Vẽ biểu đồ tương quan số lần đập  $N$  & độ ẩm của đất  $W$  lên hệ trục bán Logarit.
- Xác định độ ẩm tương ứng với số lần đập là 25 lần, độ ẩm này chính là độ ẩm giới hạn chảy.

## *Các lưu ý :*

- Đất phải được ủ ẩm tối thiểu 2 giờ.
- Cân kỹ thuật phải đảm bảo độ chính xác.
- Chỉ số dẻo = Giới hạn chảy - Giới hạn dẻo.
- Phải hiệu chỉnh giới hạn chảy & giới hạn dẻo thực tế của đất nếu hàm lượng hạt trên sàng 1mm lớn hơn 10% bằng cách nhân với hệ số  $K = G/G_1$ .

5. Thí nghiệm xác định độ ẩm tốt nhất & khối lượng thể tích khô lớn nhất của đất:

a. Các phương pháp đầm nén tiêu chuẩn :

- TCVN 4201:1995.
- 22TCN 333:2006.
- AASHTO T99 ( A, B, C, D ).
- AASHTO T180( A, B, C, D ).

***Thực chất 22TCN 333:2006 là việc Việt hóa AASHTO T99 & AASHTO T180.***

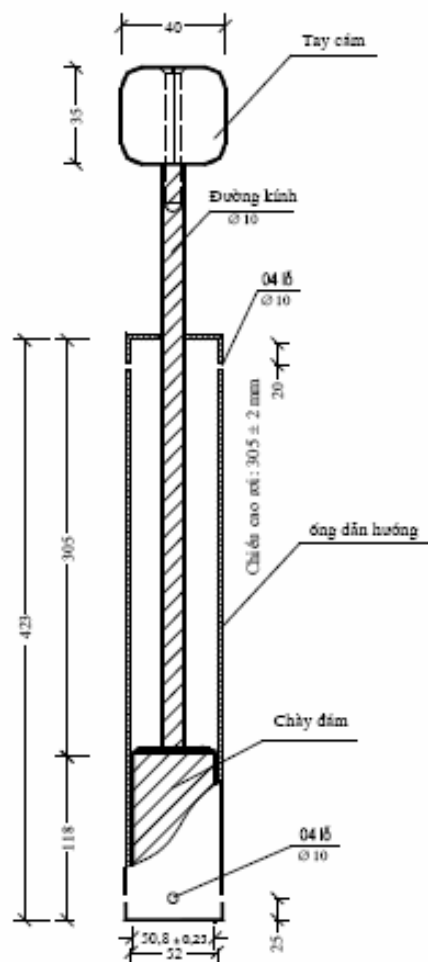


## b. Thiết bị, dụng cụ thí nghiệm (theo 22TCN 333:2006 ):

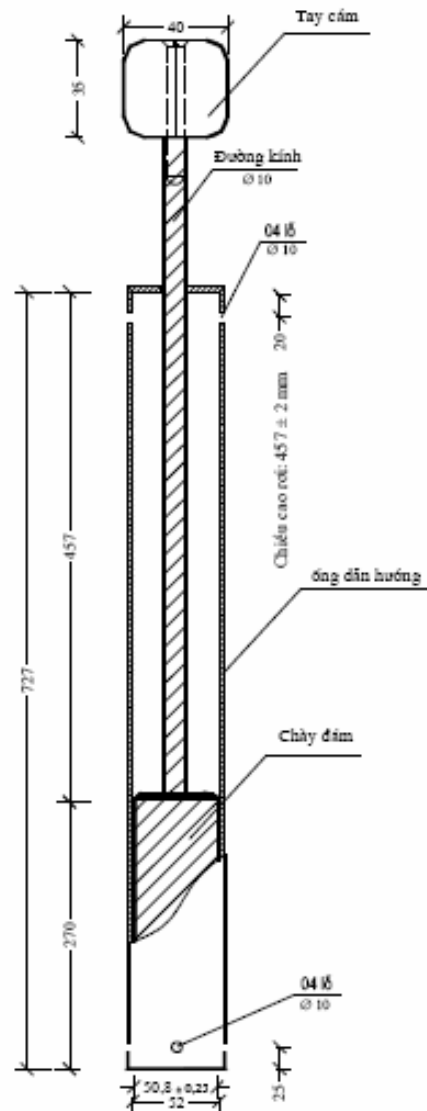
- Các dụng cụ thí nghiệm độ ẩm của đất.
- Sàng 4,75mm hoặc 19mm ( lỗ vuông ).
- Cối & chày đầm nén.
- Máy đầm Proctor ( nếu có ).
- Cân 15kg độ chính xác 1g.
- Bay, chảo, ống lường đong nước.
- Dao cắt đất, pen-xô . . .

## Kích thước chày đầm

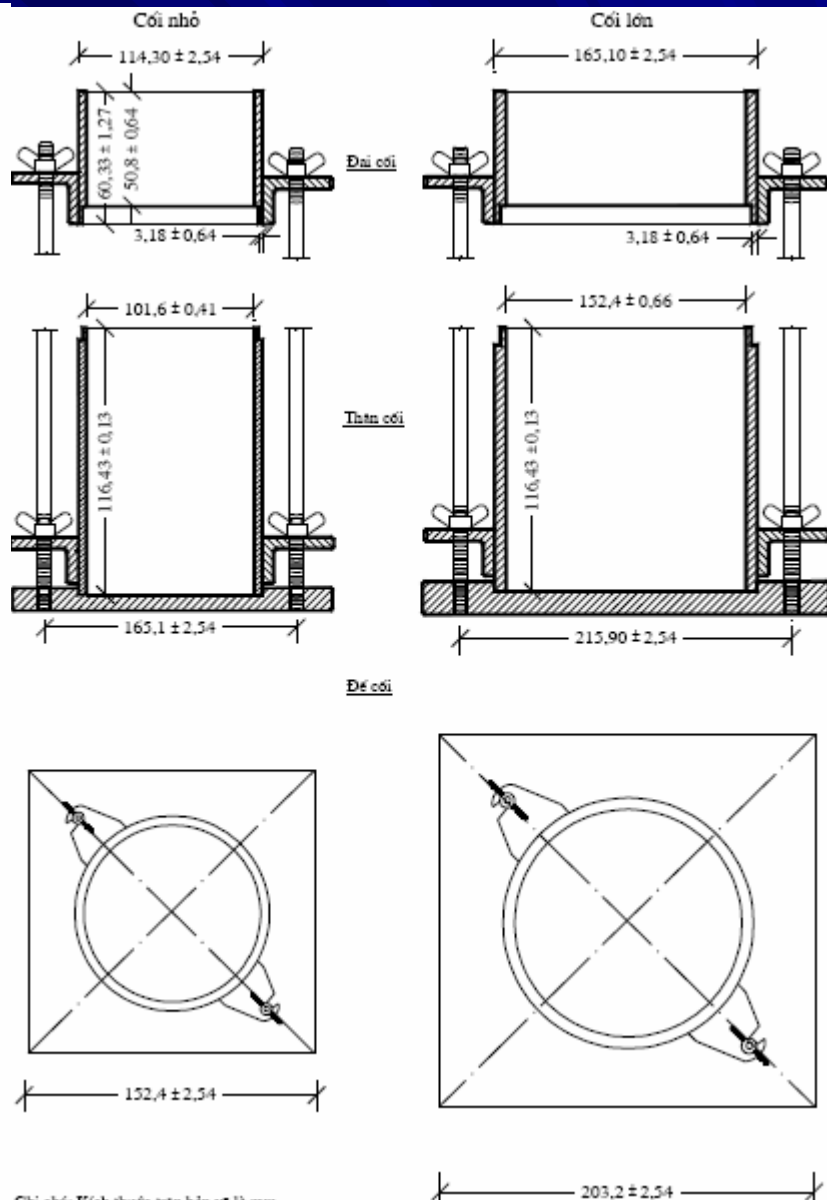
Chày tiêu chuẩn  
(Sử dụng cho phương pháp đầm nén I)



Chày cải tiến  
(Sử dụng cho phương pháp đầm nén II)



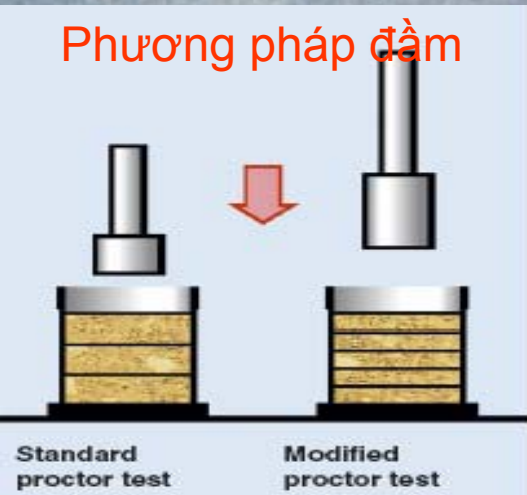
## Kích thước cối đầm nén



Cối A6 (D=152,4mm)



Phương pháp đầm



Chày đầm A4

Chày đầm A6



Cối A4 (D=101,6mm)

S187÷S194-07

Một số loại cối & chày đầm khác



## Máy đầm tự động



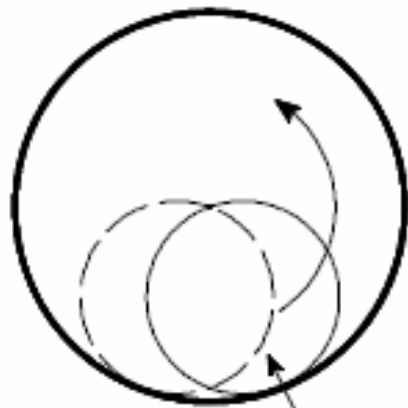


### c. Trình tự thí nghiệm :

- Xác định thể tích & khối lượng phần cối dưới & đế cối.
- Phơi đất khô gió.
- Nghiền nhỏ đất bằng chày cao su.
- Xác định % hàm lượng hạt trên sàng 4.75 (hoặc 19) và khối lượng thể tích hạt trên sàng tùy theo phương pháp thí nghiệm.
- Rút gọn mẫu qua sàng 4.75mm (hoặc 19) đến khối lượng mẫu thí nghiệm.
- Trộn đều nước vào mẫu đất trong chảo trộn để đầm nén cối thứ nhất, ủ mẫu tối thiểu 4 đến 12 giờ (theo 22TCN 333:2006).



## Sơ đồ bố trí chày đầm

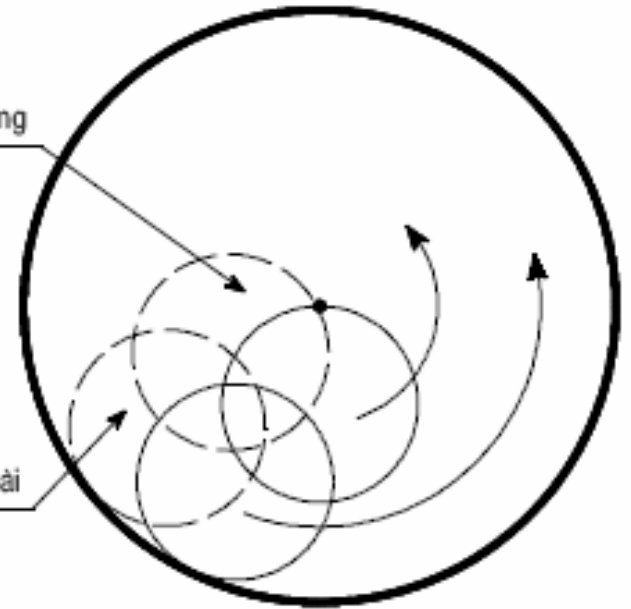


09 chày đầm / 1 vòng

Cối nhỏ

07 chày đầm / vòng trong

14 chày đầm / vòng ngoài



Cối lớn

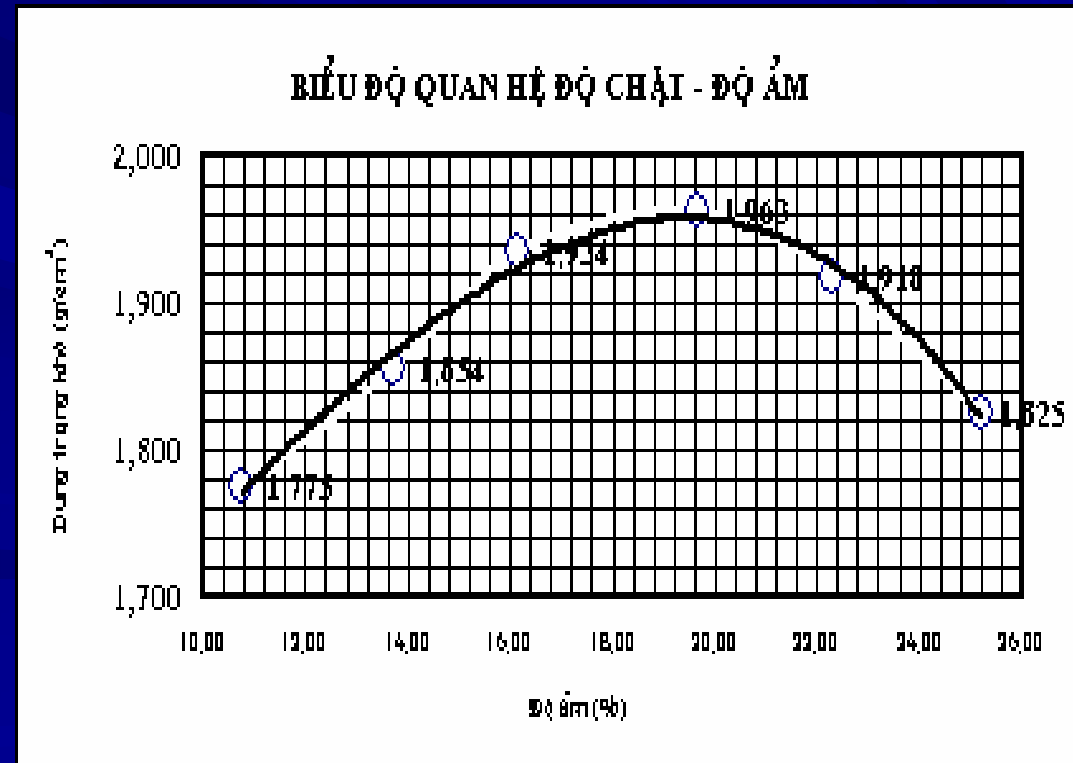


- Cho mẫu vào trong cối, đầm 56 chày; đầm xong chiều cao lớp đất đạt khoảng  $\frac{1}{5}$  thân cối dưới.
- Làm xòm bề mặt lớp thứ nhất bằng que sắt hoặc dao.
- Tiếp tục đầm lớp thứ 2, 3, 4, 5. Đầm xong lớp thứ 5 chiều cao lớp đất cao hơn mặt cối trên tối đa 5mm.
- Tháo cối trên, dùng dao hoặc thước gạt đất bằng mặt cối trên.
- Vệ sinh sạch đất bám bên ngoài và đáy cối, cân khối lượng đất và cối.

- Tháo khuôn cối, dùng dao cắt dọc mẫu đất; lấy 2 phần mẫu ở giữa đem xác định độ ẩm (riêng với đất cát lấy mẫu xác định độ ẩm trước khi đầm).
- Bẻ vụn mẫu đất cho vào chảo trộn, thêm nước trộn để đầm cối thứ 2; độ ẩm tăng  $2\% \div 4\%$  so với lần thứ nhất, ủ mẫu tối thiểu 15 phút.
- Lặp lại các bước như lần đầm cối thứ nhất. cho đến khi cân khối lượng cối và đất không tăng nữa thì làm khoảng 1 đến 2 cối nữa ( tổng số cối đầm khoảng từ 4 đến 6 cối ).

## d. Tính toán kết quả : ( Xem 22TCN 333:2006 )

- Vẽ biểu đồ tương quan dung trọng khô của đất đầm nén & độ ẩm của đất.
- Xác định độ ẩm tốt nhất và dung trọng khô lớn nhất từ biểu đồ tương quan.
- Hiệu chỉnh dung trọng khô lớn nhất và độ ẩm tốt nhất theo 22TCN 333:2006.



## 6. Thí nghiệm xác định độ chặt đầm nén K:

### a. Bản chất phương pháp :

- Xác định khối lượng thể tích khô của vật liệu đất tại hiện trường.
- So sánh với dung trọng khô lớn nhất của đất xác định trong phòng thí nghiệm bằng PP đầm nén tiêu chuẩn.

$$K = \frac{\gamma_{tt}^K}{\gamma_{\max}^C}$$

## b. Các phương pháp thí nghiệm :

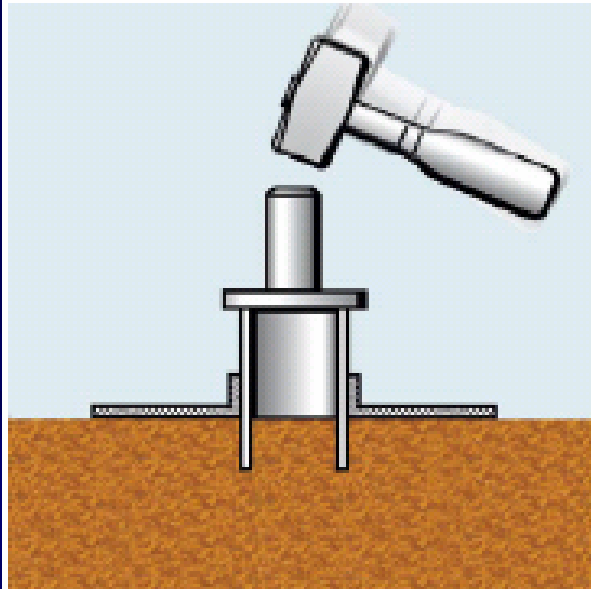
- **Dao dai - đốt còn** : dùng cho các loại đất ẩm không lẫn sỏi sạn.
- **Rót cát** : dùng cho mọi loại vật liệu đất & cấp phối có thể đào được hố đào có thành thẳng đứng.
- **Dụng cụ bao mỏng** : tương tự rót cát, không cần cát tiêu chuẩn.
- **Phao Cô-va-li-ép** : xác định nhanh, sai số lớn nếu đất chứa nhiều sét.
- **Phương pháp phóng xạ** : xác định nhanh, phải XD đường chuẩn.



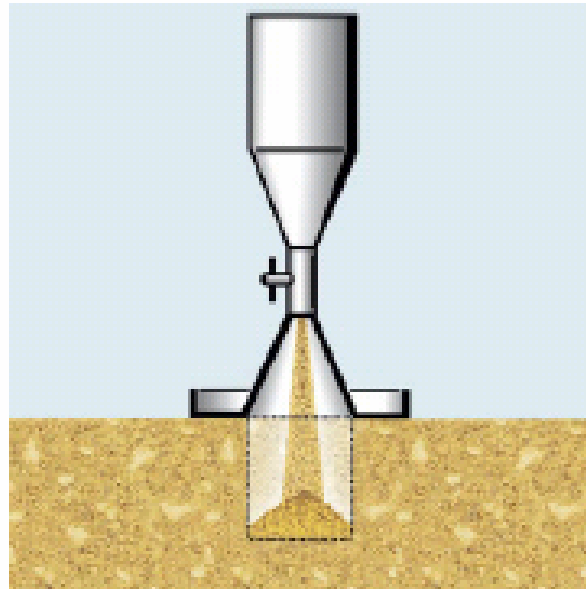
## Lưu ý:

Hiện nay, thường dùng PP rớt cát theo 22TCN 346:2006 hoặc AASHTO T191 vì có thể xác định độ chặt của cả đất nền đường & tầng móng cấp phối thiên nhiên, cấp phối đá dăm.

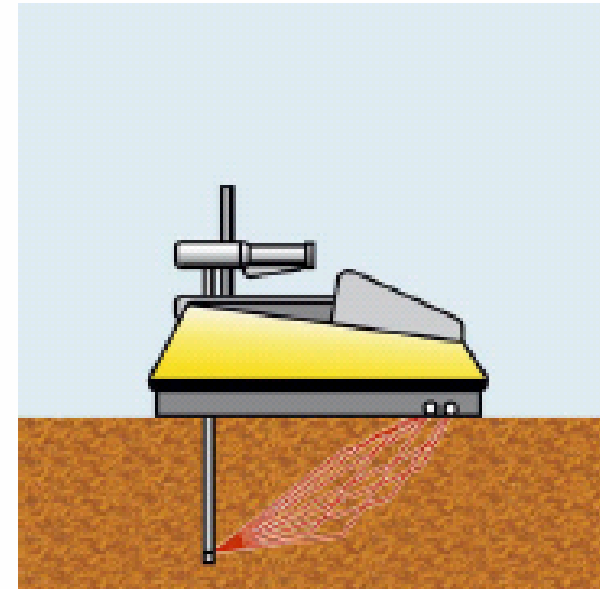
# Soil Compaction Test Methods



core test



sand replacement



nuclear gauge

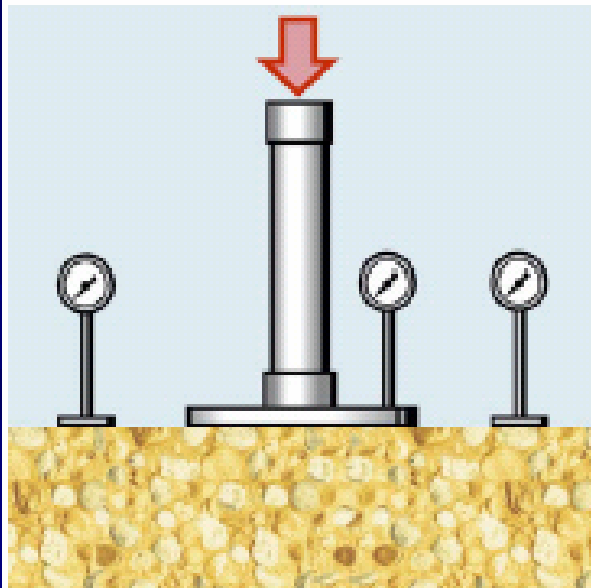
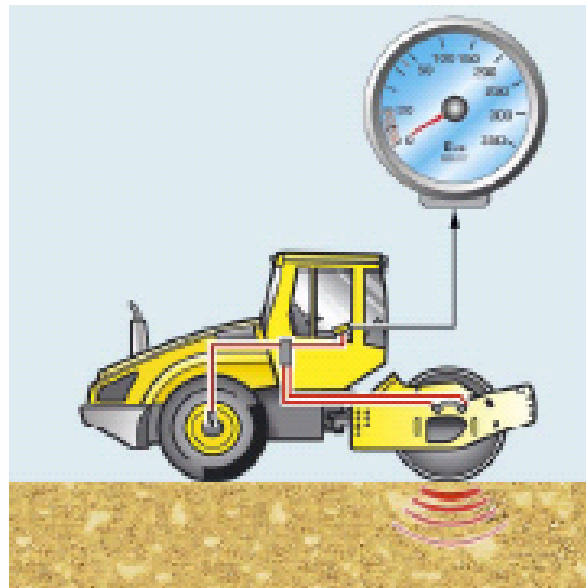
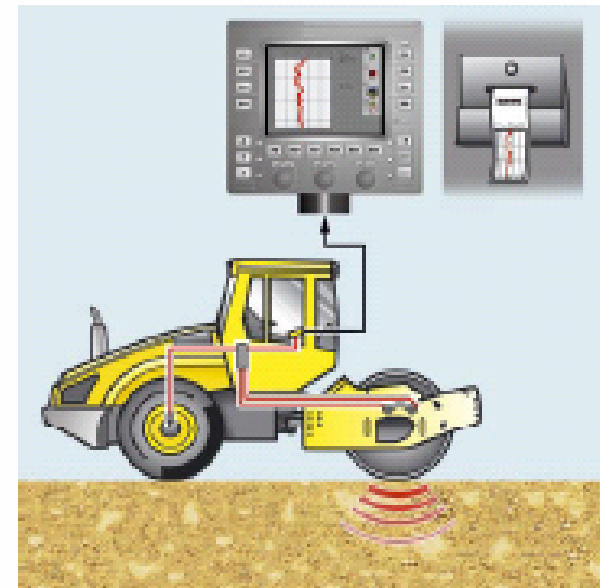


plate bearing test



BOMAG E<sub>vib</sub> Meter



BOMAG BTM plus / BTM prof

## c. Xác định khối lượng thể tích đất bằng phương pháp dao vòng (AASHTO T204):

### *cl. Dụng cụ thí nghiệm :*

- Các dụng cụ thí nghiệm độ ẩm của đất.
- Dao vòng có đường kính 85,7mm, chiều cao 108mm (thể tích  $623\text{cm}^3$ ).
- Chụp dao vòng (cao 25,4mm), búa đóng.
- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,1g & 0,01g.
- Xẻng, bay, pen-xô, tấm đệm phẳng.

Bộ dao vòng Việt  
nam sản xuất

26 15:44



V187



V189

V188

Bộ dao vòng của  
hãng Matest



S085

S084

## *c2. Trình tự thí nghiệm :*

- Xác định khối lượng & thể tích dao vòng.
- Gạt bỏ phần đất phía trên, dọn phẳng-sạch bề mặt lớp đất.
- Bôi dầu bôi trơn vào bề mặt dao vòng, đặt dao vòng thẳng đứng, lắp vòng đệm, lắp đặt chụp dao vòng và búa.

- Đóng dao vòng đều đặn ngập hẳn vào lớp đất đến 13mm (0,5inch).
- Dùng bay đào đất xung quanh dao vòng, lấy dao vòng khỏi lớp đất.
- Dùng dao gạt bằng đất 2 mặt dao vòng, vệ sinh sạch, cân khối lượng dao & đất.
- Lấy 2 phần mẫu đất ở giữa dao vòng đem xác định W.



### *c3. Tính toán kết quả :*

- Tính khối lượng thể tích ẩm của đất tại hiện trường :

$$\gamma_w = \frac{G_2 - G_1}{V}$$

- Tính khối lượng thể tích khô của đất tại hiện trường :

$$\gamma_K = \frac{\gamma_w}{1 + W}$$

d. Xác định khối lượng thể tích đất bằng phương pháp rót cát 22TCN 346:2006 hoặc AASHTO T191:

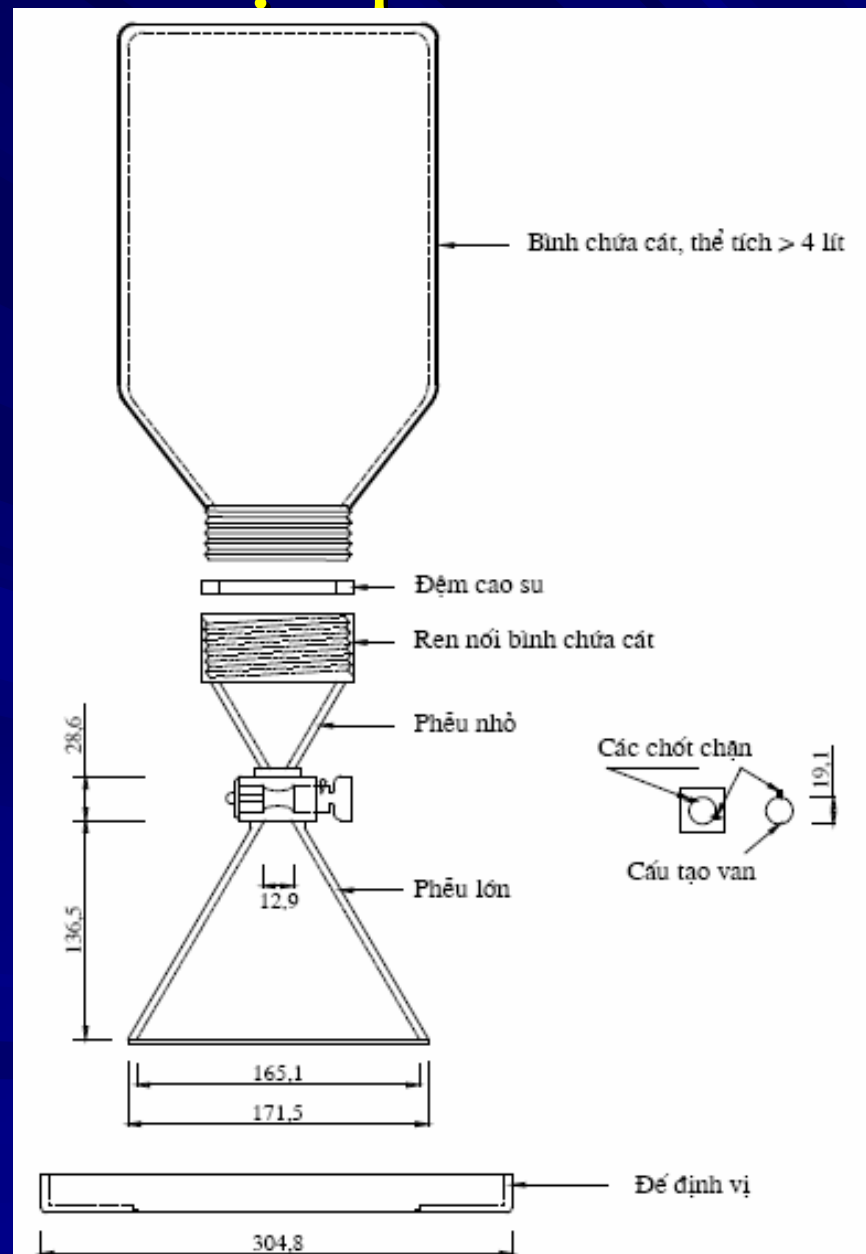
*d1. Phạm vi áp dụng :*

- **áp dụng** : vật liệu (đất, cấp phối, cấp phối đá dăm) có không quá 50% trên sàng 19mm.
- **Không áp dụng**:
  - Vật liệu chứa quá 50% trên sàng 19mm.
  - Khi thí nghiệm có nước chảy vào hố đào.
  - Hố đào bị biến dạng hoặc sập khi đào.

## *d2. Dụng cụ thí nghiệm :*

- Các dụng cụ thí nghiệm độ ẩm của đất.
- Phễu rót cát.
- Cân kỹ thuật 10kg độ chính xác 1g.
- Búa, đục, pen-xô, bát đựng đất, đinh đĩa.
- Cát tiêu chuẩn ( cát sạch, cỡ hạt 0,075 - 2mm ).
- Ca chuẩn cát.

# Cấu tạo phễu rót cát



Ghi chú: Kích thước trong bản vẽ là mm

# Bộ dụng cụ rót cát

S231



S231-01



S234-01

## *d2. Trình tự thí nghiệm :*

- Xác định khối lượng của cát tiêu chuẩn  $\gamma_x$ .
- Xác định khối lượng cát trong phễu và tấm đáy  $G_1$ .
- Làm phẳng bề mặt đất, cố định tấm đáy.
- Đào hố thí nghiệm đường kính khoảng 15cm (hình côn trên to, dưới nhỏ).
- Toàn bộ lấy đào được đem cân được  $G_2$ .
- Lấy 2 phần đem xác định độ ẩm.



- Cho cát vào  $\frac{2}{3}$  bình, khóa van, cân khối lượng (  $G_3$  ).
- úp phễu vào tấm đáy, mở van chờ cho cát chảy đầy phễu & hố đào.
- Cân lại khối lượng cát & bình (  $G_4$  ).

### *d3. Tính toán kết quả :*

- Thể tích hố đào: 
$$V_h = \frac{G_3 - G_4 - G_1}{\gamma_c}$$
- Khối lượng thể tích: 
$$\gamma_w = \frac{G_2}{V_h}$$

Lưu ý :- khối lượng đất thí nghiệm phải đảm bảo tùy theo kích cỡ hạt  $D_{max}$ .

- Nếu vật liệu chứa nhiều hạt quá cỡ phải tách riêng 2 phần cỡ hạt bằng cỡ sàng như trong thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn để thí nghiệm độ ẩm, rồi tính độ ẩm bình quân gia quyền.

## e. Xác định khối lượng thể tích đất bằng dụng cụ bao mỏng (ASTM D2167):

### Tóm tắt :

- Lắp bao vào vị trí, đổ nước cất đầy bình;
- Đặt thiết bị lên mặt đất, bơm quả bóng cao su đến áp suất quy định, đọc số đọc trên bình;
- Nhấc thiết bị ra - đào hố, cân khối lượng đất & xác định độ ẩm của đất;



- Đặt thiết bị trở lại, bơm đến áp suất quy định, đọc số;

Hiệu 2 số đọc trước & sau chính là thể tích của hố đào.

f. Xác định khối lượng thể tích đất phao

Cô-va-li-ép ( Xem TL ):





g. Xác định khối lượng thể tích đất bằng phương pháp phóng xạ TCXDVN 301:2003 hoặc (ASTM D2922):

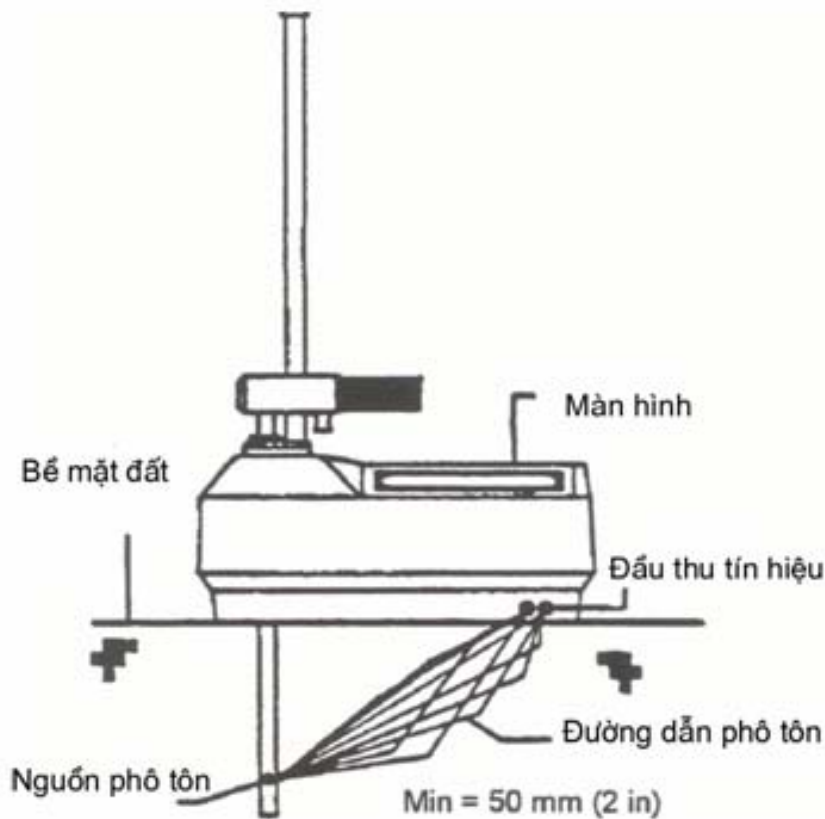
Nguyên lý : Phương pháp dựa trên sự yếu dần của tia gamma xuất phát từ một nguồn phát gamma đến đầu thu.

Cường độ của tia gamma khi tới đầu thu càng mạnh thì vật liệu bị chiếu tia càng đặc chắc.

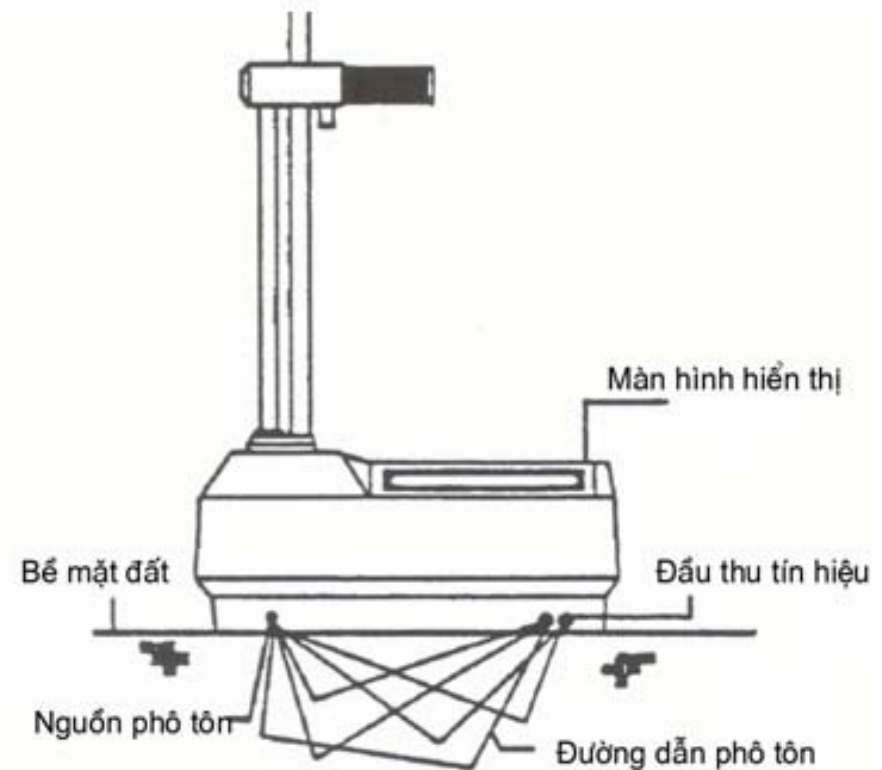
Điều này cho ta biết khối lượng thể tích tự nhiên của đất thủng qua việc xác định cường độ tia gamma khi truyền qua môi trường đất khi so sánh với một biểu giá trị chuẩn thích hợp.

# Có 2 phương pháp đo:

- Tán xạ trực tiếp.
- Tán xạ ngược.



Hình 4.1 Sơ đồ nguyên lý đo truyền trực tiếp



Hình 4.2 Sơ đồ nguyên lý đo tán xạ ngược



# Một số loại máy đo độ chặt tán xạ ngược



## 7. Thí nghiệm xác định môđun đàn hồi của đất trong phòng thí nghiệm :

*a. Chuẩn bị mẫu :* - Mẫu đất nguyên dạng hoặc mẫu đất chế bị theo độ ẩm & độ chặt yêu cầu có chiều cao bằng đường kính ( thông thường  $H = D = 100\text{mm}$  )

*b. Trình tự thí nghiệm :*

- Xác định áp lực nén  $= 0,2 R_n$  (  $\text{daN/cm}^2$  )
- Đo chiều cao mẫu chính xác đến  $0,1\text{mm}$ .
- Đưa mẫu vào máy nén.

- Lắp đặt 2 thiên phân kế đo biến dạng, hiệu chỉnh & đọc số.
- Gia tải tốc độ 50mm/phút đến áp lực tính toán & giữ trong 2 phút.
- Đọc giá trị 2 thiên phân kế.
- Tiếp tục tăng - dỡ lại 4÷5 lần để có độ lún đàn hồi ổn định.

*d. Tính toán kết quả :*

$$E_{dh} = \frac{P.D}{L_{dh}}, \text{daN / cm}^2$$

nếu thốt nén có đường kính  $\geq$  đường kính mẫu;

hoặc:

$$E_{dh} = \frac{\pi P.D}{4 L_{dh}}.(1 - \mu^2), \text{daN/cm}^2$$

nếu thót nén có đường kính < đường kính  
mẫu.

8. Xác định chỉ số CBR (California Bearing Ratio) của đất trong phòng thí nghiệm 22TCN 332:2006 hoặc AASHTO T193:

*a. Bản chất :* Xác định áp lực khi xuyên cần xuyên ngập vào mẫu đất 0,1 inch (2,54mm) hoặc 0,2 inch ( 5,08mm ) rồi so sánh với áp lực khi xuyên vào mẫu chuẩn (đơn vị %). CBR là một chỉ tiêu đánh giá sức chịu tải của đất nền hoặc lớp móng, dùng để thiết kế kết cấu mặt đường theo AASHTO.

## *b. Thiết bị thí nghiệm :*

- Bộ 03 khuôn CBR, giá đỡ, đĩa gia tải, đĩa đục lỗ, đồng hồ đo độ trương nở;
- Chày đầm A4 hoặc A6 tùy theo yêu cầu thí nghiệm;
- Bộ thiết bị xác định độ ẩm;
- Cân đến 15kg độ chính xác 1g;
- Thước kẹp đo chiều cao khuôn;
- Máy nén CBR;
- Bể ngâm mẫu;
- Các dụng cụ khác : bay, chảo trộn, pen-xô . . .



# Bộ dụng cụ thí nghiệm CBR

S200-01...CBR SET TO ASTM,AASHTO,CNR/UNI,UNE STANDARDS



# Máy xuyên CBR



S215+H009-01



### *c. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm:*

- Đầm nén tiêu chuẩn theo 22TCN 333:2006 (AASHTO T99-D hoặc T180-D) để xác định  $W_o$  & dung trọng khô lớn nhất của đất;
- Chuẩn bị 3 phần đất lọt sàng 19mm (1 phần khoảng 7kg);
- Xác định thể tích, khối lượng 03 khuôn CBR;
- Trộn ẩm 3 phần đất sao cho độ ẩm xấp xỉ  $W_o$ , lấy đất ở 3 phần đem xác định độ ẩm;
- Lắp đặt tấm đáy, lần lượt đầm 03 phần đất ở 03 khuôn với số lần đầm là 10, 30 và 65 chày đầm/lớp;



- Gọt đất bằng mặt khuôn, cân khối lượng khuôn & đất;
- Lật ngược khuôn, đặt giấy lọc, lắp khuôn vào tấm đáy đục lỗ;
- Đặt giấy lọc, lắp đĩa phân cách có đục lỗ, đặt các tấm gia tải, lắp đặt giá đỡ & đồng hồ đo độ trương nở;
- Ngâm 03 khuôn vào bể chứa sao cho nước ngập mẫu tối thiểu 25mm, đọc số đọc ban đầu của đồng hồ đo độ trương nở. Thời gian ngâm mẫu 96 giờ ( 4 ngày đêm ) hoặc lớn hơn tùy theo yêu cầu của thiết kế.



#### *d. Trình tự thí nghiệm xuyên CBR :*

- Đọc số đọc đồng hồ đo độ trương nở.
- Lấy mẫu ra khỏi bể ngâm, xả nước trong 15 ph.
- Lấy đĩa đục lỗ ra khỏi cối, lắp các tấm gia tải lại.
- Đưa mẫu lên máy CBR, hạ cần xuyên đến sát mặt mẫu sao cho lực ban đầu khoảng 10lb (44N).
- Hiệu chỉnh đồng hồ đo độ xuyên sâu về 0.
- Bật máy xuyên mẫu với tốc độ đều 1,27mm/ph.
- Ghi các số đọc đồng hồ lực tại các độ xuyên sâu :  
0,64 - 1,27 - 1,91 - 2,54 - 5,08 - 7,62 - 10,16 - 12,7mm

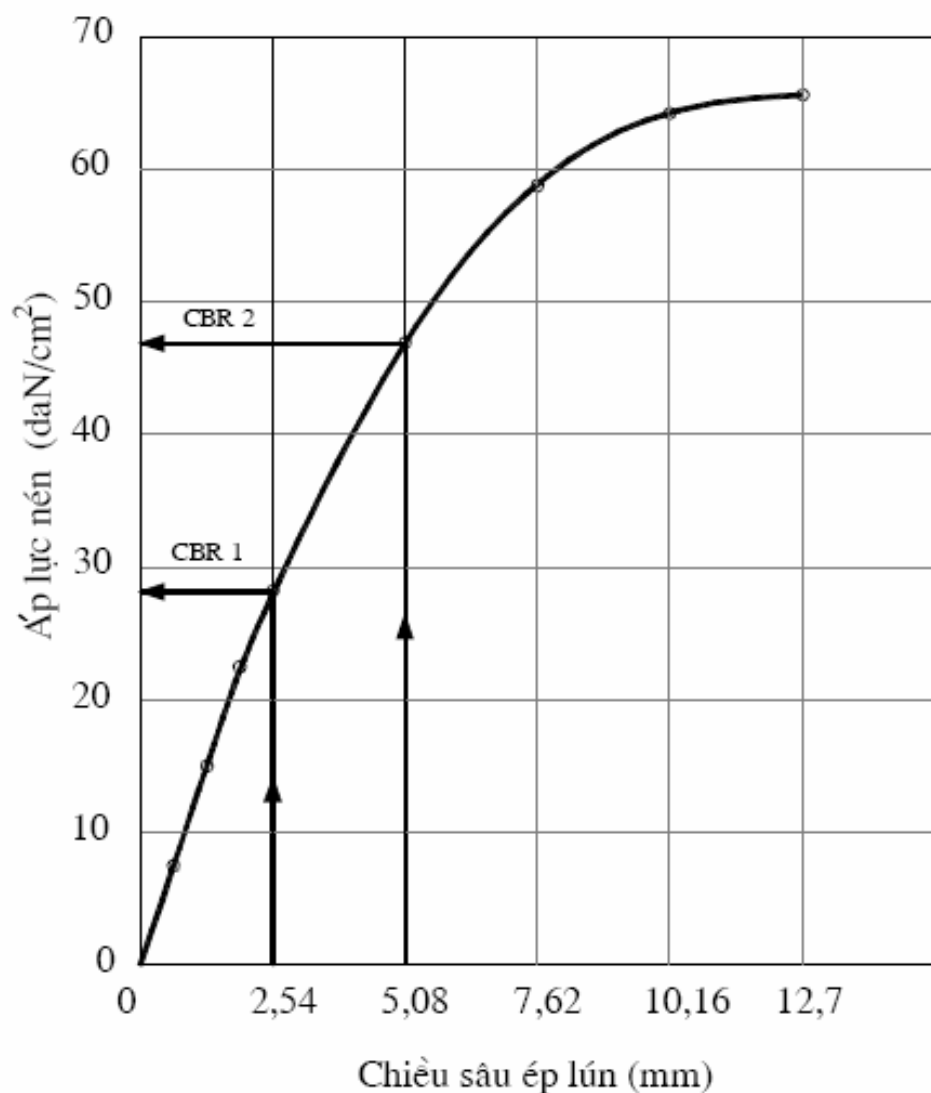


## *e. Tính toán kết quả :*

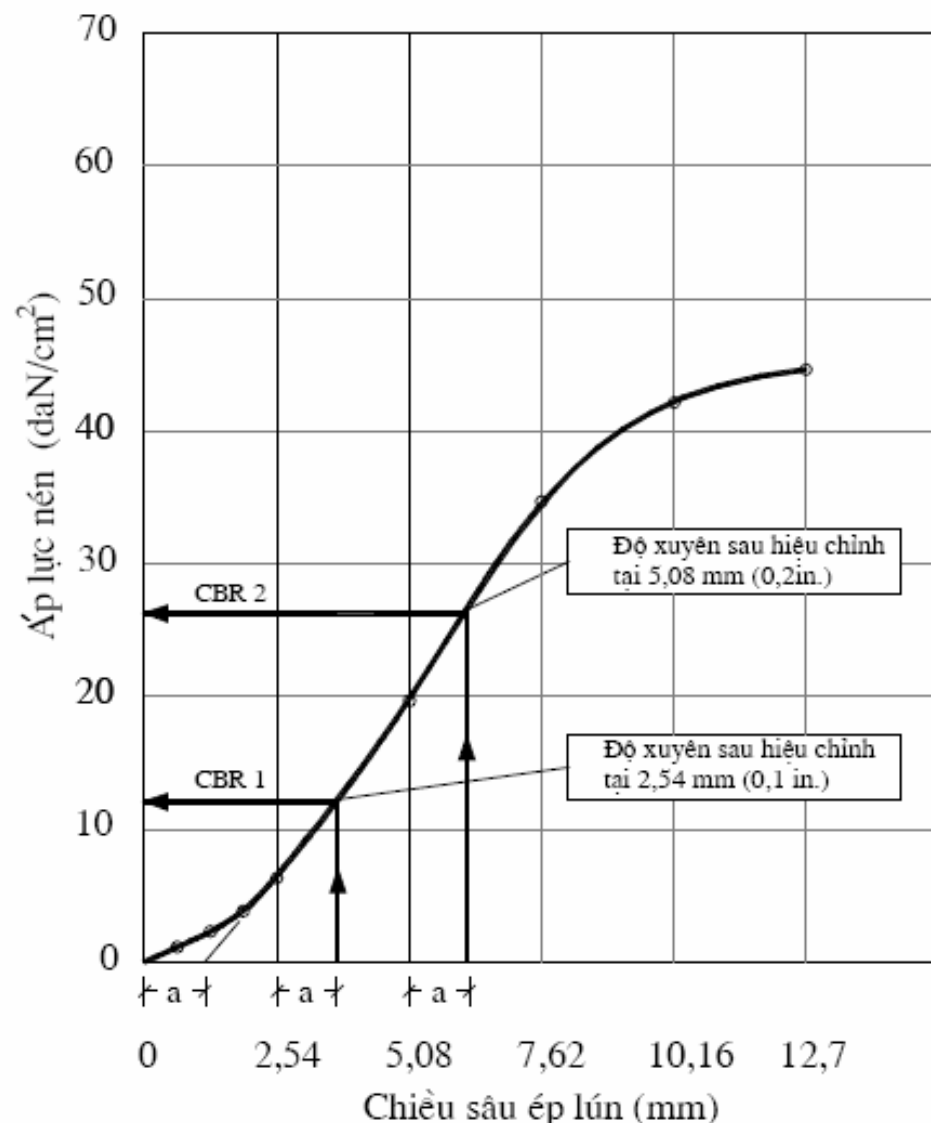
### *e1. Với mỗi khuôn CBR :*

- Tính  $W_i$ ,  $\gamma_{ki}$  của đất trong các cối, hệ số  $K_i$ ;
- Tính độ trương nở thể tích  $R_i$  của các cối;
- Xác định lực xuyên mẫu  $F_i$  (N) ở các độ xuyên sâu khác nhau bằng cách tra bảng hiệu chuẩn vòng ứng biến từ các số liệu đọc trên đồng hồ;
- Tính áp lực xuyên mẫu  $P_i$  ( MpA ) ở các độ sâu khác nhau bằng cách chia lực xuyên mẫu cho diện tích cần xuyên (  $1935\text{mm}^2$  );
- Vẽ đồ thị tương quan áp lực - độ xuyên sâu;

## Không hiệu chỉnh



## Hiệu chỉnh bằng cách rời gốc tọa độ



- Hiệu chỉnh đường cong quan hệ nếu cần thiết;
- Xác định áp lực ở các độ xuyên sâu  $P_{2,54}$  &  $P_{5,08}$  cho các còi đất (daN/cm<sup>2</sup>).
- Tính CBR<sub>i</sub> cho các còi đất theo công thức:

$$\text{C.B.R}_i^{2.54} = \frac{P_i^{2.54}}{P_c^{2.54} (69 \text{ daN / cm}^2)}$$

$$\text{C.B.R}_i^{5.08} = \frac{P_i^{5.08}}{P_c^{5.08} (103 \text{ daN / cm}^2)}$$

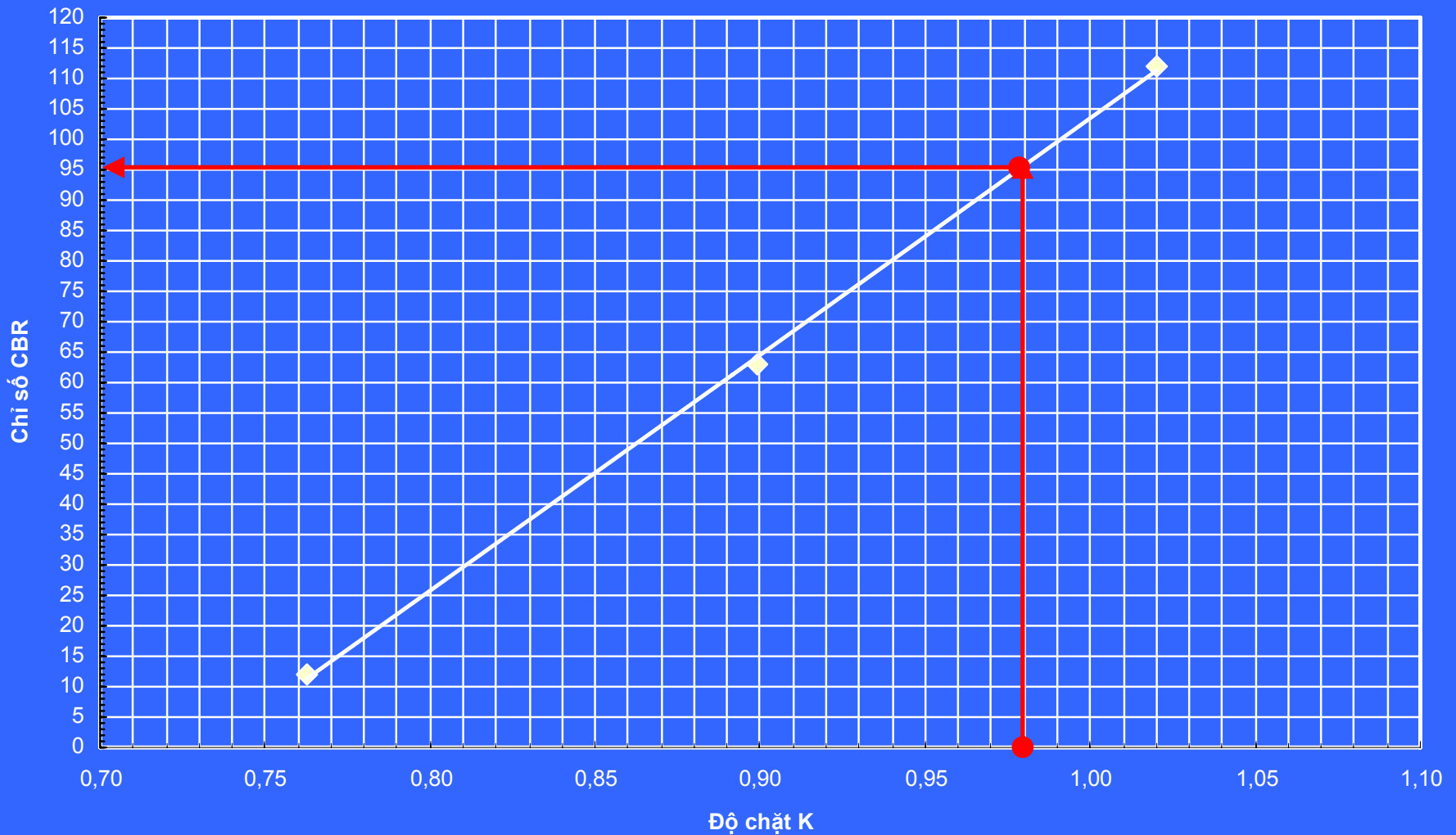
- Nếu chỉ số  $CBR_i^{2.54} > CBR_i^{5.08}$  thì lấy ngay trị số này.
- Nếu chỉ số  $CBR_i^{2.54} < CBR_i^{5.08}$  thì làm lại thí nghiệm; Nếu vẫn được kết quả tương tự, mới lấy  $CBR_i^{5.08}$ .

*e2. Vẽ đường cong quan hệ CBR - dung trọng khô ( hoặc  $K$  ) từ 03 mẫu đất thí nghiệm. Từ biểu đồ quan hệ xác định chỉ số CBR tương ứng với độ chặt yêu cầu khác nhau.*

# Quan hệ CBR - Độ chặt K

## TƯƠNG QUAN CBR - ĐỘ CHẶT K

$$y = 387,94x - 284,46$$
$$R^2 = 0,9995$$

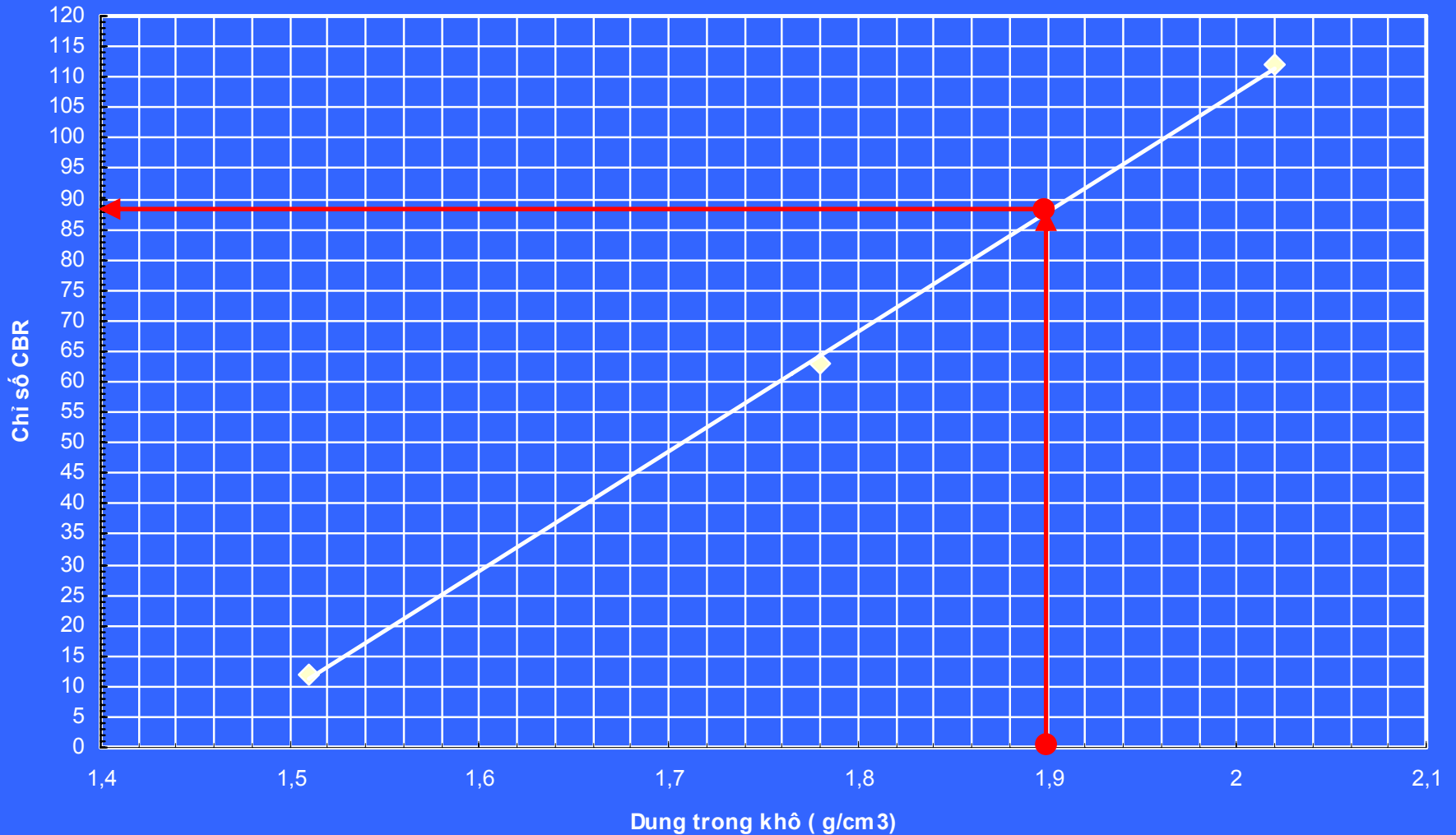




# Quan hệ CBR - dung trọng khô

## TƯƠNG QUAN CBR - DUNG TRỌNG KHÔ

$$y = 195,93x - 284,46$$
$$R^2 = 0,9995$$



# Thí nghiệm CBR hiện trường (ASTM D4429)



## 9. Xác định sức chống cắt của đất trong phòng thí nghiệm bằng máy cắt phẳng ( TCVN 4199:1995 - ASTM D3080 ):

*a. Khái niệm* : PP nhằm xác định sức chống cắt của đất sét & đất cát; không áp dụng cho đất cát thô, đất lẫn sỏi sạn hoặc đất sét ở trạng thái chảy.

Tùy theo tương quan giữa tốc độ truyền lực nén & lực cắt & điều kiện thoát nước của mẫu mà có các phương pháp xác định sức chống cắt :

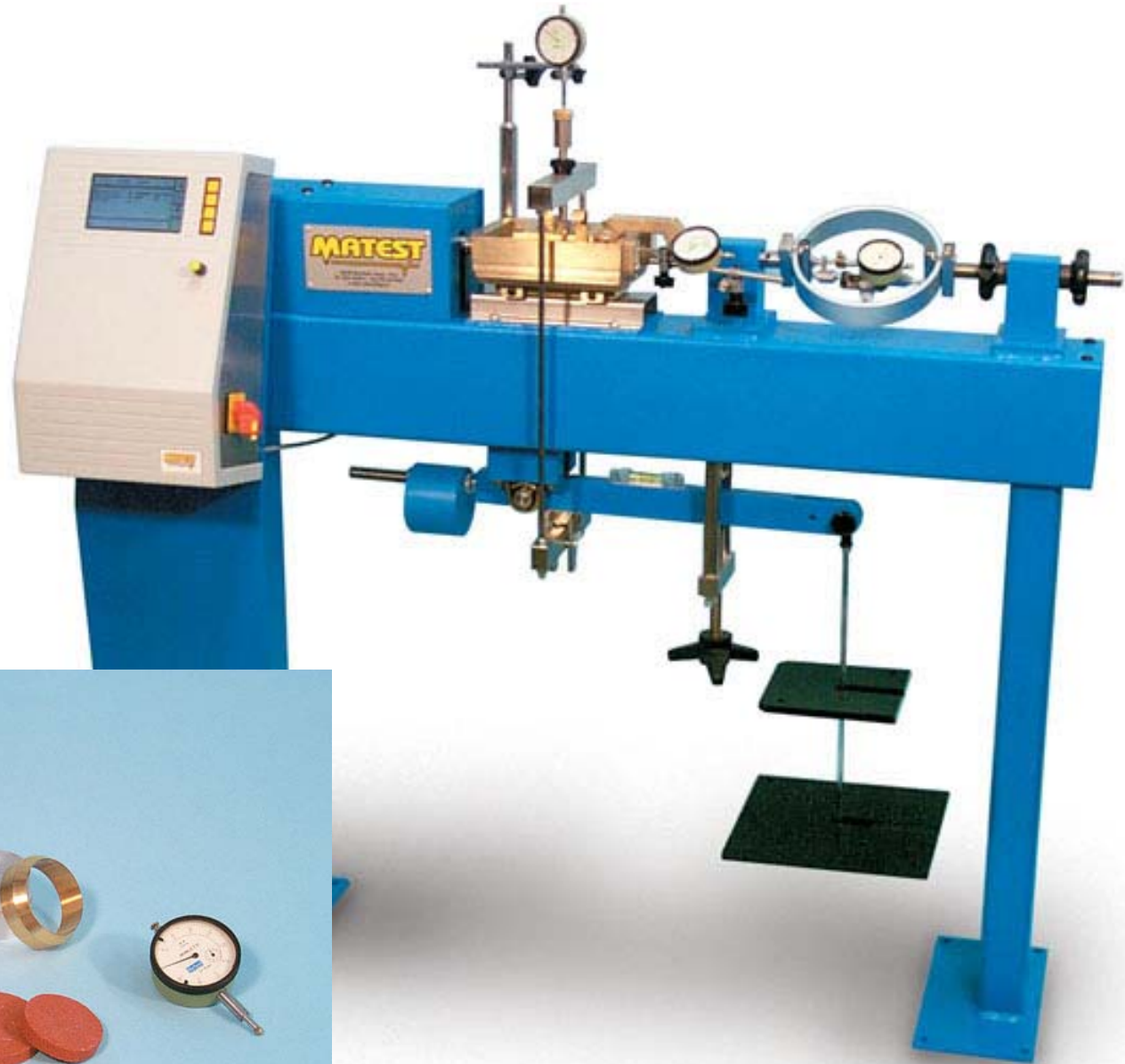
- Cắt nhanh không cố kết: không nén trước, cắt nhanh.
- Cắt nhanh cố kết: có nén trước, cắt nhanh(1mm/ph).
- Cắt chậm cố kết: có nén trước, cắt chậm ( 0,01mm/ph).

Mẫu đất có thể cắt ở trạng thái thông thường hoặc trạng thái bão hòa nước.

## *b. Thiết bị thí nghiệm : .*

- Máy cắt ứng lực hoặc ứng biến;
- Bộ dao vòng tạo mẫu;
- Bộ cối - chày đâm chế bị mẫu;
- Thiết bị gia tải trước;
- Bộ thiết bị thí nghiệm độ ẩm;
- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,01g;
- Thùng ngâm mẫu bão hòa;
- Các dụng cụ khác . . .

# Máy cắt phẳng ứng biến



S122

S123



S274



S376





# Máy cắt phẳng ứng lực



### *c. Trình tự thí nghiệm cắt phẳng :*

- Lấy mẫu đất thứ nhất bằng dao vòng, gọt phẳng 2 mặt mẫu;
- Đưa mẫu vào hộp nén, đặt các quả cân gia tải đến trọng lượng tính toán và chờ cho đủ thời gian nếu cắt cố kết;
- Gia tải đến cấp áp lực thẳng đứng  $\sigma_1$ ;
- Đọc các số đọc ban đầu trên đồng hồ đo biến dạng & đồng hồ đo lực;
- Cài đặt tốc độ cắt mẫu, bật máy cắt cho đến khi mẫu phá hoại;

- Đọc các số đọc trên đồng hồ đo biến dạng & đồng hồ đo lực;
- Tiếp tục làm như vậy ở các mẫu 2, 3, 4 với các cấp áp lực thẳng đứng tăng dần  $\sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_4$ ;

#### *d. Tính toán kết quả :*

- Tính toán lực cắt phá hoại các mẫu đất
- Vẽ biểu đồ quan hệ  $\sigma - \tau$ ;
- Xác định  $\varphi$  ( góc nội ma sát ) &  $C$  ( lực dính ) từ biểu đồ quan hệ hoặc công thức

10. Xác định sức chống cắt của đất trong phòng thí nghiệm bằng nén 3 trục (ASTM D2850, AASHTO T296 ):

*a. Khái niệm* : PP nhằm xác định sức chống cắt của đất không thoát nước chịu một áp lực hông  $\sigma_3$  không đổi đồng thời chịu 1 tải trọng dọc trục  $\sigma_1$  cho đến khi bị phá hoại. Thí nghiệm được tiến hành trên 1 tổ hợp 3 đến 4 mẫu đất tương tự chịu áp lực hông khác nhau.



## *b. Thiết bị thí nghiệm : .*

- Máy nén 3 trục
- Bộ dao vòng tạo mẫu
- Bộ cối - chày đâm chế bị mẫu
- Bộ thiết bị thí nghiệm độ ẩm
- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,01g
- Thùng ngâm mẫu bão hòa
- Các dụng cụ khác . . .







### *c. Trình tự thí nghiệm nén 3 trục :*

- Mẫu hình trụ, chiều cao bằng 2 lần đường kính; Lấy mẫu thứ nhất bằng dao vòng, gọt phẳng 2 mặt mẫu (hoặc đầm đất để tạo mẫu);
- Đặt 2 tấm phẳng ở đáy & đỉnh mẫu;
- Bọc mẫu vào trong màng cao su;
- Đưa mẫu vào hộp nén, lắp đặt hộp nén vào máy nén;
- Đổ nước vào hộp nén, tạo áp lực hông  $\sigma_3$ ;
- Điều chỉnh thốt nén để piston tiếp xúc với bề mặt;

- Đọc các số đọc ban đầu trên đồng hồ đo biến dạng & đồng hồ đo lực;
- Cài đặt tốc độ nén mẫu, bật máy nén cho đến khi mẫu phá hoại;
- Đọc các số đọc trên đồng hồ đo biến dạng & đồng hồ đo lực sao cho được 15 số đọc cho đến khi mẫu bị phá hủy;
- Tiếp tục làm như vậy ở các mẫu 2, 3, 4 với các cấp áp lực hông tăng dần .

#### *d. Tính toán kết quả :*

- Vẽ các đường tròn ứng suất theo từng cặp  $\sigma_1 - \sigma_3$
- Xác định  $\varphi$  ( góc nội ma sát ) &  $C$  ( lực dính ) từ đường thẳng bao các đường tròn ứng suất.



# 11. Xác định sức kháng nén của đất bằng thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do:

*a. Khái niệm* : PP nhằm xác định sức kháng nén của đất mẫu đất hình trụ có chiều cao bằng 2 lần đường kính. Lực nén dọc trục là lực duy nhất tác dụng lên mẫu cho đến khi mẫu bị phá hủy trong một thời gian đủ ngắn để đảm bảo nước không thể vào hoặc ra khỏi mẫu; Chỉ dùng với các mẫu đất dính không nứt nẻ.

## *b. Thiết bị thí nghiệm : .*

- Máy nén 1 trục tốc độ 1,27mm/ph  
( Unconfine Compression Tester);
- Bộ dao vòng tạo mẫu;
- Bộ cối - chày đầm chế bị mẫu;
- Bộ thiết bị thí nghiệm độ ẩm;
- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,01g;
- Tủ ngâm mẫu bão hòa;
- Các dụng cụ khác . . .





### *c. Trình tự thí nghiệm nén 1 trục có nở hông :*

#### ***Tóm tắt :***

- Lấy mẫu đất thứ nhất bằng dao vòng, gọt phẳng 2 mặt mẫu (hoặc đầm chế tạo mẫu);
- Đưa mẫu vào thớt dưới máy nén;
- Điều chỉnh thớt nén để thớt trên tiếp xúc với mặt mẫu;
- Đọc các số đọc ban đầu trên đồng hồ đo biến dạng & đồng hồ đo lực;

- Đọc các số đọc trên đồng hồ đo biến dạng & đồng hồ đo lực, đo góc nghiêng mặt trượt của mẫu;
- Tiếp tục làm như vậy ở các mẫu 2, 3.

#### *d. Tính toán kết quả :*

- Tính độ giảm chiều cao mẫu, lực nén mẫu phá hoại.
- Xác định  $\varphi$  ( góc nội ma sát ) &  $C$  ( lực dính ) theo công thức ( xem tài liệu ).

## 12. Xác định hệ số nén lún của đất bằng thí nghiệm nén 1 trục không nở hông (TCVN 4200:1995, AASHTO T216) :

*a. Khái niệm* : PP nhằm xác định hệ số nén lún  $\varepsilon$  trong điều kiện không nở hông, hệ số cố kết và môđun biến dạng của đất ở điều kiện tự nhiên hoặc bão hòa nước, phục vụ cho công tác tính lún nền đường đắp.

## *b. Thiết bị thí nghiệm :*

- Máy nén đơn hoặc máy nén tam liên
- Bộ dao vòng tạo mẫu
- Bộ cối - chày đâm chế bị mẫu
- Bộ thiết bị thí nghiệm độ ẩm
- Cân kỹ thuật độ chính xác 0,01g
- Thùng ngâm mẫu bão hòa
- Các dụng cụ khác . . .





S265

S260 WITH ACC



S268 DISASSEMBLED



S268

S268-03



S268-01







### *c. Trình tự thí nghiệm nén 1 trục không nở hông :*

#### ***Tóm tắt :***

- Lấy bằng dao vòng, gọt phẳng 2 mặt mẫu (hoặc đầm chế tạo mẫu )
- Xác định khối lượng thể tích & độ ẩm mẫu trước khi nén
- Đặt các tấm đá thấm vào mặt trên & dưới của mẫu
- Đưa mẫu vào hộp nén
- Đặt hộp nén lên bàn nén, lắp đồng hồ đo biến dạng

- Điều chỉnh đồng hồ đo biến dạng về 0;
- Gia tải cấp lực thứ nhất, đọc trị số độ lún ở các thời điểm 15s, 30s, 1 ph, 2, 4, 8, 15, 30ph, 1, 2, 3, 6, 12, 24 giờ cho đến khi biến dạng ổn định (30ph, 3 giờ và 12 giờ đối với cát, cát pha & sét kim đồng hồ không dịch quá 1 vạch);
- Đọc các số đọc trên đồng hồ đo biến dạng khi độ lún ổn định;
- Tiếp tục làm như vậy ở các cấp tải 2, 3, 4, 5;
- Xác định khối lượng thể tích & độ ẩm mẫu sau khi nén.

*d. Tính toán kết quả : ( Xem tài liệu )*