

Tiêu chuẩn thí nghiệm

Phân tích thành phần hạt của đất

AASHTO T 88-00 (2004)

LỜI NÓI ĐẦU

- Việc dịch ấn phẩm này sang tiếng Việt đã được Hiệp hội Quốc gia về đường bộ và vận tải Hoa kỳ (AASHTO) cấp phép cho Bộ GTVT Việt Nam. Bản dịch này chưa được AASHTO kiểm tra về mức độ chính xác, phù hợp hoặc chấp thuận thông qua. Người sử dụng bản dịch này hiểu và đồng ý rằng AASHTO sẽ không chịu trách nhiệm về bất kỳ chuẩn mức hoặc thiệt hại trực tiếp, gián tiếp, ngẫu nhiên, đặc thù phát sinh và pháp lý kèm theo, kể cả trong hợp đồng, trách nhiệm pháp lý, hoặc sai sót dân sự (kể cả sự bất cẩn hoặc các lỗi khác) liên quan tới việc sử dụng bản dịch này theo bất cứ cách nào, dù đã được khuyến cáo về khả năng phát sinh thiệt hại hay không.
- Khi sử dụng ấn phẩm dịch này nếu có bất kỳ nghi vấn hoặc chưa rõ ràng nào thì cần đối chiếu kiểm tra lại so với bản tiêu chuẩn AASHTO gốc tương ứng bằng tiếng Anh.

Tiêu chuẩn thí nghiệm**Phân tích thành phần hạt của đất****AASHTO T 88-00 (2004)****1 PHẠM VI ÁP DỤNG****1.1 Phương pháp này nhằm xác định thành phần các cỡ hạt trong đất.**

1.2 Tất cả các giới hạn quy định trong tiêu chuẩn này áp dụng như sau: Để xác định sự phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật, giá trị quan trắc hoặc tính toán phải được làm tròn "đến đơn vị gần nhất" ở các chữ số cuối cùng bên phải dùng để biểu diễn giá trị giới hạn, theo đúng qui định của tiêu chuẩn R 11.

1.3 Các giá trị được nêu theo đơn vị SI sẽ được coi như tiêu chuẩn.

1.4 Tham khảo tiêu chuẩn R 16 để biết thông tin quy định đối với các hoá chất sử dụng trong các thí nghiệm.

2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN**2.1 Tiêu chuẩn AASHTO:**

- M 92, Sàng lưới thép phục vụ thí nghiệm
- M 145, Phân loại đất và hỗn hợp đất - cốt liệu phục vụ thi công đường ô tô
- M 147, Vật liệu dành cho lớp móng dưới, lớp móng và lớp mặt cốt liệu và đất - cốt liệu
- M 231, Các thiết bị cân sử dụng trong thí nghiệm vật liệu
- R 11, Biểu thị phần nào của chữ số được coi là có nghĩa trong các giá trị tới hạn quy định
- R 16, Quy định đối với các hoá chất được sử dụng trong các thí nghiệm AASHTO
- T 87, Chuẩn bị các mẫu khô đối với đất xáo động và đất - cốt liệu để thí nghiệm
- T 146, Chuẩn bị các mẫu ẩm đối với đất xáo động để thí nghiệm
- T 265, Xác định độ ẩm của đất trong phòng thí nghiệm

2.2 Tiêu chuẩn ASTM:

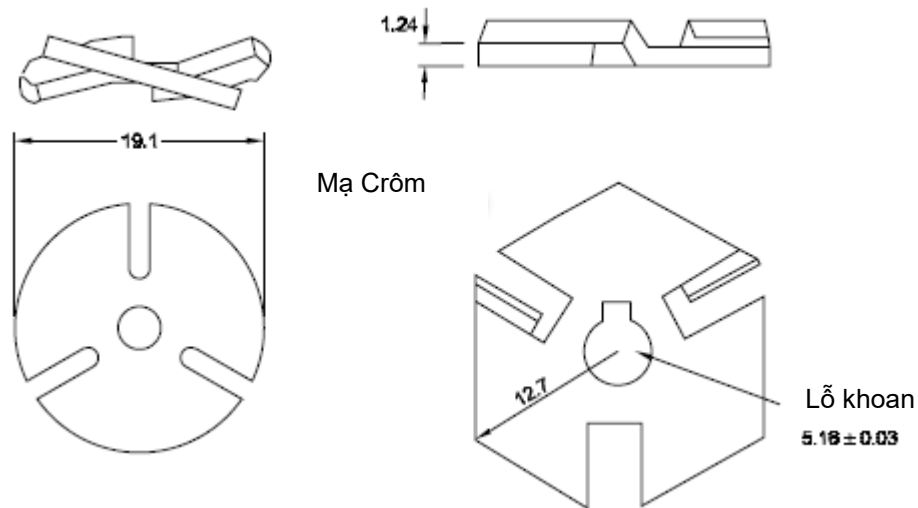
- E 100, Yêu cầu kỹ thuật đối với tỷ trọng kế ASTM
- C 670, Lập báo cáo về tính chính xác đối với các vật liệu đang thi công

3 DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

3.1 Thiết bị thí nghiệm gồm các dụng cụ sau:

3.1.1 *Tủ sấy* – Tủ sấy có thể điều chỉnh nhiệt độ, có khả năng duy trì nhiệt độ tại $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$) và có thể sấy được cả sàng phân tích mẫu.

- 3.1.2 *Cân* – Cân phải có đủ tải trọng, có thể đọc được tới 0.1% khối lượng mẫu, hoặc chính xác hơn, theo đúng các yêu cầu của M 231.
- 3.1.3 *Máy khuấy* – Một máy khuấy hoạt động cơ học gồm một mô tơ điện được lắp đặt phù hợp để quay trục dọc với tốc độ không dưới 10,000 vòng một phút không tải, một cánh quạt khuấy có thể thay thế được làm bằng kim loại, nhựa hoặc cao su cứng tương tự như một trong các thiết kế được nêu trong Hình 1. Trục khuấy phải có chiều dài phù hợp nhằm giúp cho cánh quạt vận hành cách đáy cốc không dưới 19.0 mm (3/4 in) hoặc không quá 38 mm (1.5 in). Cốc khuấy phải phù hợp với các thiết kế được nêu trong Hình 2.

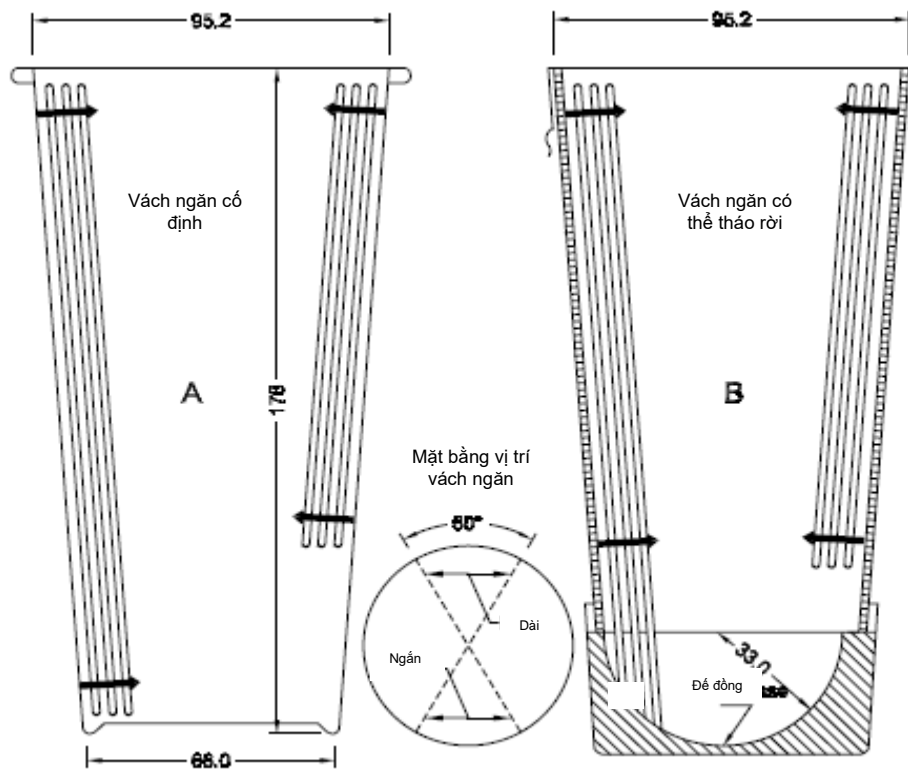


Quy đổi kích thước

mm	In
19.1	3/4
12.7	1/2
5.16 ± 0.025	0.203 ± 0.001
1.24	0.049 (Số 18 BW Ga.)

Ghi chú: Tất cả các kích thước đều được thể hiện bằng milimét trừ khi được lưu ý khác đi

Hình 1 - Cấu tạo các cánh quạt khuấy



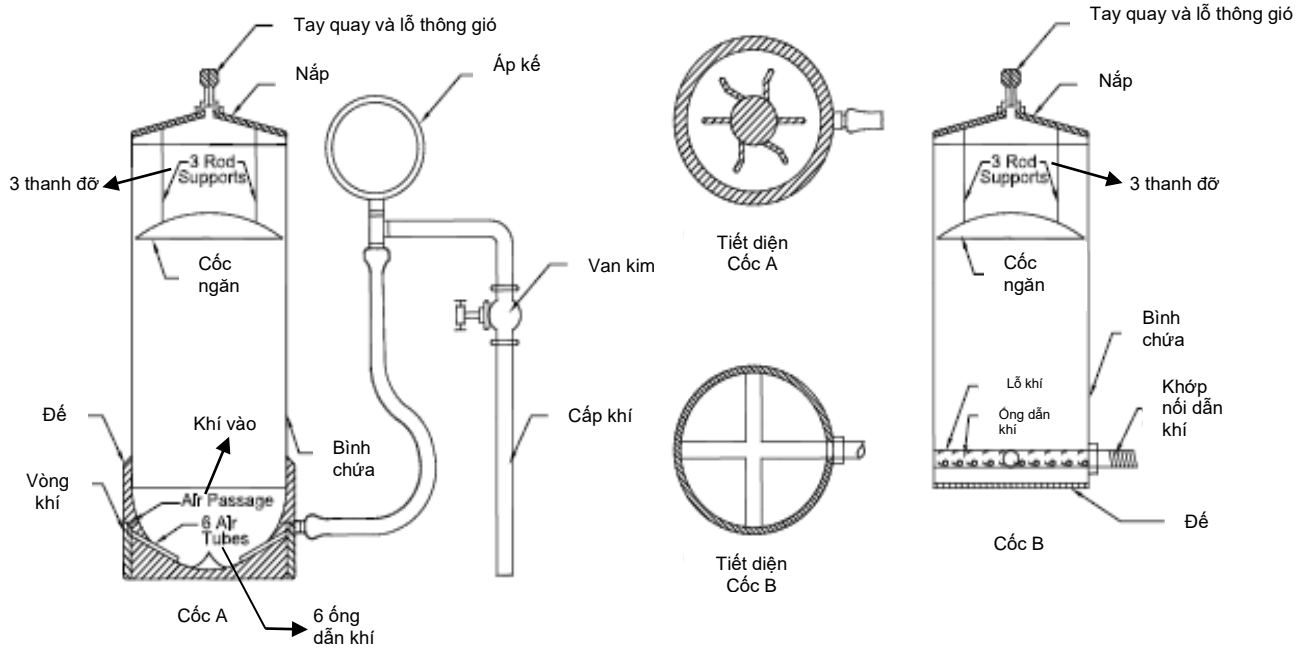
Quy đổi kích thước

mm	In
33.0	1.3
66.0	2.6
95.2	3.75
178	7

Ghi chú: Tất cả các kích thước đều được thể hiện bằng milimét trừ khi được lưu ý khác đi

Hình 2 – Cốc khuấy

3.1.3.1 (Phương án b) – Thiết bị phun khí tương tự như một trong các thiết kế được nêu trong Hình 3.



Hình 3 – Bình huyền phù mẫu đất Wintermyer

Chú thích 1 – Lượng khí cần thiết để phun vào bình khuếch tán khoảng 0.06m³/phút (2 cfm); một số thiết bị nén khí nhỏ không đủ khả năng cung cấp đủ khí để vận hành bình.

Chú thích 2 - Một số thiết bị phun khí khác, được biết như một bình khuếch tán, được Chu và Davidson ở trường Đại học bang Iowa khai thác, đã cho các kết quả tương đương như các bình phân tán kiểu phun khí. Khi được sử dụng, có thể nhúng mẫu trong ống đông làm lạnh, vì vậy không cần phải chuyển hoá cặn lắng. Nếu sử dụng bình khuếch tán khí, cần phải nêu rõ trong báo cáo.

Chú thích 3 – Nước có thể ngưng tụ lại trên đường ống dẫn khí khi không sử dụng. Cần phải loại bỏ lượng nước này, bằng cách sử dụng bộ hút ẩm trên đường ống dẫn khí, hoặc thổi nước ra khỏi ống khí trước khi sử dụng khí để khuếch tán.

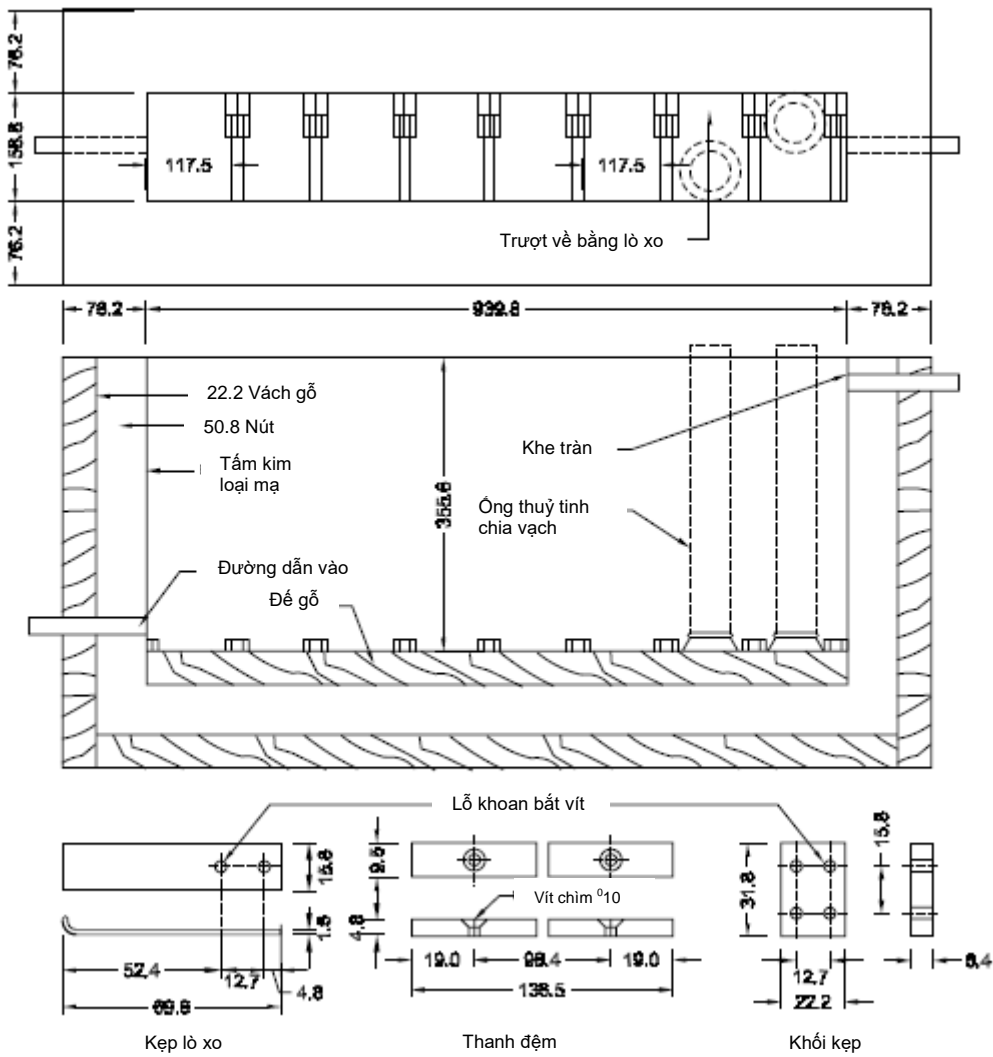
- 3.1.4 **Tỷ trọng kế** – Một tỷ trọng kế theo ASTM, được chia độ, có thể đọc được tỷ trọng hoặc số gam trên lít dung dịch thể rắn, và tuân thủ theo các yêu cầu dành cho tỷ trọng kế 151 H hoặc 152 H trong ASTM E100. Các kích thước của cả hai tỷ trọng kế này đều như nhau, chỉ khác nhau duy nhất ở tỷ lệ chia độ.
- 3.1.5 **Ống đông làm lạnh** – Một ống đông bằng thủy tinh cao xấp xỉ 460 mm (18 in) và có đường kính 60 mm (2¹/₂ in) và chia vạch đến dung lượng 1000mL. Đường kính trong phải sao cho tại vạch chia 1000 mL sẽ là 360±20 mm (14±1 in) từ đáy phía bên trong bình.
- 3.1.6 **Nhiệt kế** – Một nhiệt kế tiêu chuẩn có thể đo được tới 0.5°C (1°F).
- 3.1.7 **Sàng** – Một bộ sàng mắt lưới vuông theo đúng các yêu cầu của M 92. Thông thường yêu cầu sàng như sau:

Thiết kế tiêu chuẩn mm	Thiết kế thay thế
75	3 in
50	2 in
25	1 in
9.25	$\frac{3}{8}$ in
4.75	Số 4
2.00	Số 10
0.425	Số 40
0.075	Số 200

Chú thích 4 - Các loại sàng trên đây đáp ứng các yêu cầu của M 145 và M 147. Nếu muốn, các kích cỡ sàng loại trung có thể được sử dụng như sau:

Thiết kế tiêu chuẩn mm	Thiết kế thay thế
75	3 in
37.5	1 1/2 in
19	$\frac{3}{4}$ in
9.5	$\frac{3}{8}$ in
4.75	Số 4
2.36	Số 8
1.18	Số 16
0.60	Số 30
0.30	Số 50
0.15	Số 100
0.075	Số 200

- 3.1.8 *Bể nước hoặc phòng ổn nhiệt* – Bể nước hoặc phòng ổn nhiệt nhằm duy trì nhiệt độ ổn định của dung dịch huyền phù mẫu đất trong thời gian phân tích bằng tỷ trọng kế. Một bể nước đạt yêu cầu là một bể cách nhiệt nhằm duy trì dung dịch ở một nhiệt độ không đổi trong khoảng 20°C (68°F) theo nhiệt độ cho phép của phòng và nước thí nghiệm. Một thiết bị như vậy được minh họa trong Hình 4. Trong các trường hợp thực hiện công việc trong một phòng ổn nhiệt được điều khiển tự động, không cần bể nước ổn nhiệt và như vậy có thể hiểu bể ổn nhiệt hoặc là phòng ổn nhiệt hoặc là bể ổn nhiệt.
- 3.1.9 *Cốc mở* – Là một cốc thủy tinh có dung tích tối thiểu là 250 mL và không quá 500 mL.
- 3.1.10 *Dụng cụ đo thời gian* – Một đồng hồ đeo tay hay để bàn có kim giây.
- 3.1.11 *Bình chứa* – Các bình chứa thích hợp được làm bằng vật liệu chống ăn mòn và không bị thay đổi về khối lượng hoặc bị phân hủy khi làm nóng hoặc làm mát liên tục. Các bình chứa phải có nắp được lắp chặt nhằm tránh làm mất độ ẩm của các mẫu trước khi xác định trọng lượng ban đầu và tránh hút ẩm từ không khí sau khi sấy khô và trước khi xác định khối lượng cuối cùng. Cần phải có một bình chứa đối với mỗi một lần xác định độ ẩm.
- 3.1.12 *Cần thủy tinh* – Thích hợp để khuấy hỗn hợp mẫu.



Chú thích: Tất cả các kích thước đều được thể hiện bằng milimét trừ khi được lưu ý khác đi
Hình 4 – Bể chứa dung dịch huyền phù mẫu đất ổn nhiệt trong quá trình phân tích bằng tỷ trọng kế

Quy đổi kích thước

mm	in	mm	in
939.8	37	31.8	1 ¹ / ₄
355.6	14	22.2	7 ⁷ / ₈
158.8	6 ¹ / ₄	19.0	3 ³ / ₄
136.5	5 ³ / ₈	15.8	5 ⁵ / ₈
117.5	4 ⁵ / ₈	12.7	1 ¹ / ₂
98.4	3 ⁷ / ₈	9.5	3 ³ / ₈
76.2	3	6.4	1 ¹ / ₄
69.8	2 ³ / ₄	4.8	1 ¹ / ₁₆
52.4	2 ¹ / ₁₆	1.6	1 ¹ / ₁₆
50.8	2		

Chú thích: Tất cả các kích thước đều được thể hiện bằng milimét trừ khi được lưu ý khác đi

4 HOÁ CHẤT KHUẾCH TÁN

- 4.1 Sẽ dùng dung dịch hexametaphotphat sodium trong nước cất hoặc nước được khử khoáng, với tỷ lệ 40g hexametaphotphat sodium cho một lít dung dịch.
- 4.1.1 Các dung dịch muối này nếu axit hoá chậm, sẽ bị quay lại hoặc bị thủy phân trở lại thành dạng octo-photphat làm giảm tác dụng khuếch tán. Các dung dịch phải được pha chế thường xuyên (tối thiểu là một lần trong một tháng) hoặc phải điều chỉnh về pH 8 hoặc 9 bằng cách sử dụng natri cacbonat. Phải ghi ngày pha chế bên ngoài các chai chứa dung dịch.

5 NHỮNG YÊU CẦU CHUNG KHI CÂN

- 5.1 Trọng lượng của các mẫu và kích thước của các hạt trong phân tích bằng tỷ trọng kế và xác định độ hút ẩm được quy định chính xác tới 0.01 g. Trọng lượng mẫu con cho phân tích cơ học của các hạt còn giữ lại trên sàng 4.75 mm, sàng 2.00 mm, hoặc sàng 0.425 mm đối với phân tích sàng hạt thô, và kích thước của các hạt trong phân tích sàng hạt thô cần được xác định trong khoảng 0.1% trọng lượng mẫu con. Ví dụ, trọng lượng mẫu con là 1000 g, các phần hạt của chúng trong phân tích hạt thô trên sàng phải được cân chính xác tới đơn vị gam.

6 MẪU

- 6.1 Mẫu thí nghiệm dành cho phân tích sàng hạt thô phải được chuẩn bị theo yêu cầu của T 87, đối với mẫu đất không nguyên dạng bằng phương pháp khô cho thí nghiệm, hoặc T146, chuẩn bị mẫu đất không nguyên dạng ẩm và các mẫu đất – cốt liệu bằng phương pháp ướt cho thí nghiệm. Phần đại diện cho mẫu khô gió ban đầu được lựa chọn để thí nghiệm phải được cân trọng lượng. Trọng lượng của mẫu này phải đủ để đảm bảo số lượng dành cho phân tích thành phần hạt như sau:
- 6.1.1 Khối lượng tối thiểu vật liệu còn lại trên sàng 4.75 mm, sàng 2.00 mm, hoặc sàng 0.425 mm cần thiết phụ thuộc vào kích cỡ hạt lớn nhất, nhưng sẽ không thấp hơn khối lượng trong bảng sau đây:

Kích cỡ thông thường của tiêu chuẩn hạt lớn nhất (Thay thế)		Trọng lượng tối thiểu
mm	in	kg
9.5	$\frac{3}{8}$	0.5
25	1	2
50	2	4
75	3	5

- 6.1.2 Phần hạt qua sàng 2.00 mm (Số 10) hoặc 0.425 mm (Số 40) sẽ được dùng cho: (a) thí nghiệm bằng tỷ trọng kế, xấp xỉ 100 g cho đất cát và xấp xỉ 50 g cho đất sét và đất phù sa, và (b) xác định độ hút ẩm, tối thiểu là 10g.

- 6.2 Mẫu thí nghiệm đã được chọn ở mục 5.1 sẽ được tiếp tục thực hiện theo một trong các phương pháp sau:
- 6.2.1 *Phương pháp thay thế sử dụng các sàng 4.75 mm và 2.00 mm (Số 4 và Số 10)* – Sau khi đã tách riêng mẫu thí nghiệm trên sàng 4.75 mm như đã mô tả trong Mục 5.2.2 của T 87, sẽ còn 2 phần còn lại. Một phần đại diện qua sàng 4.75 mm đủ để phân tích cơ học sẽ được chọn và tách riêng thành 2 phần sử dụng sàng 2.00 mm. Mỗi phần đều được cân trọng lượng và mẫu con dùng cho phân tích bằng tỷ trọng kế và xác định độ hút ẩm được lấy từ phần hạt qua sàng 2.00 mm bằng cách sử dụng máng chia đôi hoặc chia bản, và cũng được cân ngay hoặc cho vào bình chứa đầy kín cho đến khi thí nghiệm.
- 6.2.2 *Phương pháp thay thế sử dụng sàng 2.00 mm (Số 10)* – Mẫu phải được tách trên sàng 2.00 mm như đã mô tả trong Mục 5.2.1 của T 87. Phần còn lại trên sàng 2.00 mm sau lần sàng thứ hai sẽ được xử lý theo mục 7, Phân tích qua sàng của phần còn lại trên sàng 2.00 mm (Số 10). Phần qua sàng 2.00 mm trong cả hai lần sàng sẽ được cân và chuẩn bị như đã mô tả ở Mục 6.2 của T 87. Các mẫu con dùng cho phân tích độ hút ẩm, phân tích bằng tỷ trọng kế và phân tích qua sàng phải được cân ngay hoặc cho vào bình chứa đầy kín cho đến khi thí nghiệm.
- 6.2.3 *Phương pháp thay thế sử dụng sàng 0.425 mm (Số 40)* – Mẫu sẽ được xử lý như đã được mô tả trong T 146, các phần còn lại trên sàng và qua sàng 0.425 mm sẽ được cân, và các mẫu con cho phân tích bằng tỷ trọng kế và xác định độ hút ẩm sẽ được lấy bằng cách sử dụng máng chia đôi hoặc chia bản và phải được cân ngay hoặc cho vào bình chứa đầy kín cho đến khi thí nghiệm.

Chú thích 5 – Hầu hết các phòng thí nghiệm chuẩn bị mẫu theo Mục 5.2.1 của T 87, bảo đảm cho việc chia mẫu trên sàng 2.00 mm. Phần tiếp theo trong phương pháp này không sử dụng sàng đúp ba 4.75 mm, hoặc 2.00 mm, hoặc 0.425 mm. Khi chỉ dẫn phần nằm trên hoặc qua sàng 2.00 mm được sử dụng thì sàng 4.75 mm sẽ được ứng dụng nếu mẫu được xử lý theo Mục 6.2.1 và sàng 0.425 mm sẽ được ứng dụng nếu mẫu được xử lý theo mục 6.2.3.

7 PHÂN TÍCH THÀNH PHẦN HẠT CỦA PHẦN MẪU TRÊN SÀNG 2.00 MM (SỐ 10)

- 7.1 Phần mẫu còn lại trên sàng 2.00 mm (Số 10) sẽ được tách thành hàng loạt cỡ hạt bằng cách sử dụng các sàng 75, 50, 25.0, 9.5 và 4.75 mm (3 inch, 2 inch, 1 inch, $\frac{3}{8}$ inch và số 4), và sử dụng các cỡ sàng khác nếu cần tùy thuộc vào mẫu hoặc tính chất vật liệu được thí nghiệm. Sẽ sử dụng sàng 2.00mm nếu mẫu được chuẩn bị theo T 146.
- 7.2 Khi thao tác, sàn phải lắc ngang, lắc dọc kèm theo động tác quay tròn để giữ mẫu chuyển động liên tục trên bề mặt sàng. Không có trường hợp dùng tay để ấn vật liệu cho lọt qua sàng. Quá trình sàng sẽ được tiếp tục cho đến khi không quá 1% trọng lượng của cặn lọt qua bất kỳ sàng nào trong 60 giây. Khi sử dụng sàng máy, độ lọt qua sàng của chúng phải được thí nghiệm bằng cách so sánh với các phương pháp sàng tay được mô tả ở trên trong đoạn này.

- 7.3 Phần mẫu còn lại trên từng sàng sẽ được cân xác định trọng lượng được ghi lại, mặc dù cho phép ghi lại tổng trọng lượng theo hàm lượng của mỗi sàng đã sàng xong cộng thêm với lượng được tích lại từ trước đó trên đĩa cân.

PHÂN TÍCH BẰNG TỶ TRỌNG KẾ VÀ SÀNG CỦA PHẦN MẪU LỘT SÀNG 2.00 MM

8 XÁC ĐỊNH SỐ HIỆU CHỈNH TỔNG HỢP ĐỂ ĐỌC TỶ TRỌNG KẾ

- 8.1 Các cân bằng phần trăm lượng hạt đất còn lại trong dung dịch huyền phù được nêu trong mục 16.3 trên cơ sở dùng nước cất, nước đã khử khoáng. Tuy nhiên, sử dụng hoá chất khuếch tán trong nước do đó mà tỷ trọng của dung dịch đất chứa hoá chất trong nước lớn hơn tỷ trọng của dung dịch dùng nước cất hoặc nước đã khử khoáng.
- 8.1.1 Cả hai loại tỷ trọng kế đều được hiệu chỉnh ở nhiệt độ 20⁰C (68⁰F), và sự sai khác về nhiệt độ so với nhiệt độ tiêu chuẩn tạo ra sự mất chính xác khi đọc tỷ trọng kế thực tế. Chênh lệch so với nhiệt độ tiêu chuẩn càng tăng thì độ mất chính xác càng cao.
- 8.1.2 Các loại tỷ trọng kế đều được nhà sản xuất chia độ sao cho có thể đọc được tại mức thấp nhất của dung dịch hình thành trên thân tỷ trọng kế. Vì vậy không thể đảm bảo có thể đọc được dung dịch huyền phù đất tại mức thấp nhất, phải đọc ở mức cao nhất và áp dụng số hiệu chỉnh.
- 8.1.3 Giá trị rỗng của các số hiệu chỉnh đối với ba mục đo được được coi như số hiệu chỉnh tổng hợp, và có thể được xác định mang tính thử nghiệm.
- 8.2 Để thuận tiện hơn, nếu cần thiết có thể lập và sử dụng một đồ thị hoặc bảng các số hiệu chỉnh tổng hợp cho một loạt các chênh lệch về nhiệt độ tính theo đơn vị một độ đối với tầm nhiệt độ thí nghiệm dự kiến. Công tác đo các số hiệu chỉnh tổng hợp có thể được thực hiện tại hai nhiệt độ đầu cuối của tầm nhiệt độ thí nghiệm dự kiến, và các số hiệu chỉnh đối với các nhiệt độ ở giữa tính toán được coi như một mối quan hệ trực tuyến giữa hai giá trị quan trắc.
- 8.3 Chuẩn bị 1000 mL dung dịch được tạo thành từ nước cất hoặc nước đã khử khoáng và hoá chất khuếch tán với tỷ lệ tương tự như đã thực hiện trong thí nghiệm làm lắng (bằng tỷ trọng kế). Cho dung dịch vào ống đong làm lắng và đặt ống đong này vào bể nước ổn nhiệt, đặt một trong hai nhiệt độ sẽ sử dụng. Khi nhiệt độ của dung dịch trở nên ổn định, nhúng tỷ trọng kế vào, và, sau một khoảng thời gian ngắn đủ để tỷ trọng kế đạt được nhiệt độ của dung dịch, đọc tỷ trọng kế tại vị trí cao nhất của dung dịch trên thân tỷ trọng kế. Đối với tỷ trọng kế 151 H thì số hiệu chỉnh tổng hợp là chênh lệch giữa kết quả đọc này và 1; đối với tỷ trọng kế 152 H thì số hiệu chỉnh tổng hợp là chênh lệch giữa kết quả đọc này và 0. Đặt nhiệt độ còn lại đối với dung dịch và tỷ trọng kế, và đảm bảo số hiệu chỉnh tổng hợp như trước. (Xem Hình 5)

9 ĐỘ HÚT ẨM

- 9.1 Xác định trọng lượng mẫu để xác định độ hút ẩm. Làm khô mẫu theo T 265 để xác định hàm lượng ẩm và ghi lại các kết quả.

10 HUYỀN PHÙ MẪU ĐẤT

10.1 Sẽ cân khoảng 100 hoặc 50 g mẫu phục vụ phân tích bằng tỷ trọng kế, cho mẫu vào một cốc mở dung tích 250 mL, phủ lên 125 mL dung dịch khuếch tán đã chọn dự trữ được nêu trong Mục 4, khuấy kỹ bằng cần thủy tinh, và cho phép ngâm mẫu tối thiểu là 12 giờ. Dung dịch trong cốc mở này sau đó sẽ được đổ sang một trong các cốc tạo huyền phù, thêm nước cất hoặc nước đã khử khoáng vào đến khi nào được hơn phân nửa cốc, và dung dịch này được khuếch tán trong vòng 60 giây bằng thiết bị khuấy cơ học.

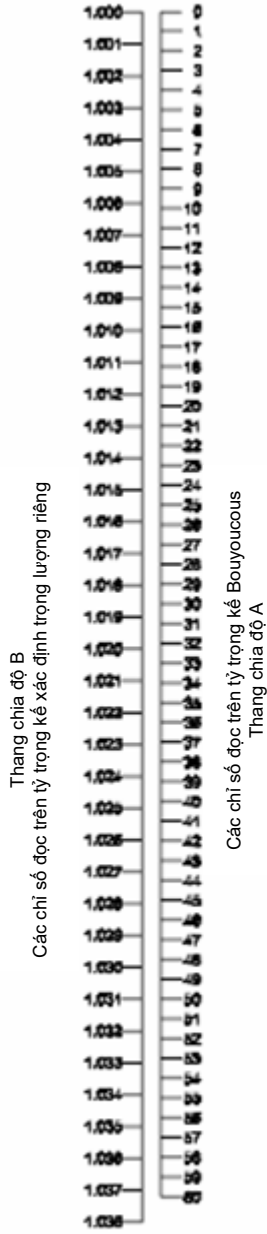
11 PHƯƠNG PHÁP THAY THẾ TẠO HUYỀN PHÙ

11.1 Cân khoảng 100 hoặc 50 g mẫu phục vụ phân tích bằng tỷ trọng kế, cho mẫu vào một cốc mở dung tích 250 mL, phủ lên 125 mL dung dịch khuếch tán đã chọn dự trữ được nêu trong Mục 4, khuấy kỹ bằng cần thủy tinh, và cho phép ngâm mẫu tối thiểu là 12 giờ.

11.2 Thiết bị phun khí sẽ được lắp đặt như trong Hình 3 mà không cần có nắp che. Van kim kiểm soát áp lực ống dẫn khí sẽ được mở khi áp kế chỉ mức áp suất khí quyển là 6.9 kPa (1 psi). Áp suất khí quyển ban đầu này nhằm ngăn ngừa hỗn hợp đất – nước lọt vào buồng khí khi hỗn hợp này được chuyển sang cốc khuếch tán. Sau khi điều chỉnh thiết bị, hỗn hợp đất – nước sẽ được chuyển từ cốc mở sang cốc khuếch tán, sử dụng bình rửa để hỗ trợ quá trình chuyển hoá.

11.3 Lượng hỗn hợp đất – nước trong cốc khuếch tán không được vượt quá 250 mL. Đặt nắp có tấm ngăn trên cốc khuếch tán và van kim mở cho đến khi áp kế đọc mức 138 kPa (20 psi). Hỗn hợp đất – nước sẽ được khuếch tán trong 5, 10 hoặc 15 phút tùy thuộc vào chỉ số dẻo của đất. Đất có chỉ số dẻo bằng 5 hoặc thấp hơn phải được khuếch tán trong 5 phút; đất có chỉ số dẻo trong khoảng 6 đến 20 được khuếch tán trong 10 phút; và đất có chỉ số dẻo lớn hơn 20 được khuếch tán trong 15 phút. Đất có hàm lượng mica lớn cần được khuếch tán chỉ trong 60 giây.

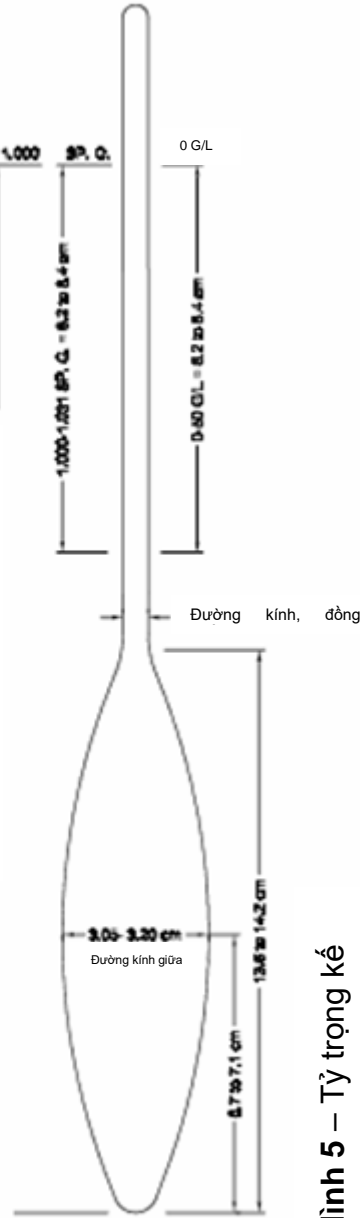
11.4 Sau khi kết thúc công đoạn khuếch tán, van kim sẽ được đóng lại đến khi nào áp kế chỉ 6.9 kPa (1 psi). Tháo nắp đậy ra và tất cả các hạt đất kết dính sẽ được trút lại vào cốc khuếch tán. Dung dịch đất – nước sau đó sẽ được trút vào một bình thủy tinh 1000 mL và van kim sẽ được đóng lại.



Thang xác định trọng lượng riêng (SP.G.) được chia để có thể đọc được 1.000 ở 68°F và được kéo dài vượt các giới hạn được biểu thị để có thể đọc được từ 0.995 đến 1.038. Thang gam trên lít (G/L) được kéo dài 5 G/L trên số 0 (1.000 G/L) và xuống tới 60 G/L. Tính từ đường kính giữa, phía trên và phía dưới bầu tỷ trọng kế phải đối xứng, và phải được đổ bằng khuôn để đảm bảo tính đồng nhất của sản phẩm.

* Đường kính thân tỷ trọng kế có thể được thay đổi để điều chỉnh chiều dài thang chia nhưng phải đồng nhất từ phía trên xuống phía dưới. Tính chính xác của thang chia sẽ dựa trên bước chia là ±1. Phải chia đều trên toàn bộ thang chia.

Tỷ trọng kế có thang chia B được gọi là số 151 H.
 Tỷ trọng kế có thang chia A được gọi là số 152 H.



Hình 5 – Tỷ trọng kế

12 THÍ NGHIỆM BẰNG TỶ TRỌNG KẾ

12.1 Sau khi khuấy tán, hỗn hợp sẽ được chuyển vào một bình thủy tinh có chia độ và thêm nước cất hoặc nước đã khử khoáng có cùng nhiệt độ như bể ổn nhiệt cho đến khi hỗn hợp này đạt thể tích 1000 mL. Bình thủy tinh chứa dung dịch huyền phù mẫu đất sau đó sẽ được đặt vào bể ổn nhiệt. Lấy bình thủy tinh ra sau khi dung dịch huyền phù mẫu đất đạt bằng nhiệt độ của bể ổn nhiệt. Dùng lòng bàn tay che kín đầu hở của ống đong (hoặc che kín nút cao su ở đầu hở của ống), dốc ngược ống đong xuống và ngược lại trong vòng 60 giây để trộn đều phần cặn lắng.

Chú thích 6 – Số lần dốc ống trong một phút này phải xấp xỉ 60 lần, một động tác dốc xuống và ngược lại được đếm thành 2 lần. Bất cứ phần đất nào nằm lại ở đáy ống trong vài lần chuyển động ban đầu cần phải được khuấy tơi ra bằng cách lắc mạnh ống khi ống ở vị trí theo chiều chuyển động ngược lại.

Chú thích 7 – Khi hoàn thành công đoạn trộn đều, nếu cần thiết, bất cứ phần vật liệu nào còn bám vào thành phía trên của ống cần phải được tráng sang dung dịch bằng một chút nước.

12.2 Khi kết thúc quá trình lắc ống, phải ghi lại thời gian, ống đong được đặt trong bể ổn nhiệt, và đọc tỷ trọng kế khi hết 120 giây. Tỷ trọng kế sẽ được đọc ở vị trí cao nhất của mức nước được tạo thành bởi dung dịch huyền phù bao quanh thân tỷ trọng kế. Phải để tỷ trọng kế nổi tự do và không được chạm vào thành ống đong. Nếu sử dụng tỷ trọng kế có thang chia độ A, phải đọc chính xác tới 0.5g/L. Thang B thì đọc tỷ trọng kế chính xác tới 0.0005. Các lần đọc tiếp theo sẽ vào các khoảng thời gian 5, 15, 30, 60, 250 và 1440 phút sau khi bắt đầu làm lắng. Phải đọc ngay nhiệt kế đặt trong dung dịch huyền phù mẫu đất sau mỗi lần đọc tỷ trọng kế và ghi lại kết quả.

12.3 Sau mỗi lần đọc, phải hết sức cẩn thận lấy tỷ trọng kế ra khỏi dung dịch huyền phù mẫu đất và lắc tròn trong một ống nước sạch. Trước khi đọc khoảng 25 hoặc 30 giây lấy tỷ trọng kế ra khỏi ống nước sạch đó và từ từ nhúng vào dung dịch huyền phù mẫu đất để đảm bảo rằng tỷ trọng kế được đặt vào trước thời điểm ấn định.

13 PHÂN TÍCH BẰNG SÀNG

13.1 Vào thời điểm kết thúc lần đọc tỷ trọng kế cuối cùng, dung dịch huyền phù sẽ được rửa trên sàng 0.075 mm (Số 200). Phần hạt còn lại trên sàng 0.075 mm sẽ được sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$) và thực hiện phân tích bằng các cỡ sàng 0.425 mm và 0.075 mm và các cỡ sàng khác có thể được yêu cầu đối với vật liệu dùng cho thí nghiệm.

Chú thích 8 – Sau khi rửa mẫu và dùng nước dội sạch đi bất cứ vật liệu nào còn sót lại trên sàng 75 μm (Số 200) vào bình chứa, không được gạn nước từ bình chứa trừ khi qua sàng 75 μm (Số 200) để tránh mất vật liệu. Phải làm bay hơi lượng nước thừa dùng để dội khỏi mẫu qua quá trình sấy.

TÍNH TOÁN**14 PHẦN TRĂM ĐỘ HÚT ẨM**

14.1 Độ hút ẩm được biểu diễn ở dạng phần trăm khối lượng đất đã được sấy khô và được xác định như sau:

$$\text{Phần trăm độ hút ẩm} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

trong đó:

W = khối lượng đất được sấy khô gió, và

W_1 = khối lượng đất được sấy khô bằng tủ sấy.

Để hiệu chỉnh khối lượng của mẫu đất khô gió để xác định độ hút ẩm, giá trị hiện có được nhân với biểu thức sau:

$$\frac{100}{100 + \text{phần trăm độ hút ẩm}} \quad (2)$$

14.2 Tính toán phần trăm độ hút ẩm chính xác tới 0.001 như đã nêu trong Mục 14.1.

15 VẬT LIỆU THÔ

15.1 Phần trăm vật liệu thô được tính toán từ phần hạt ghi được trong khi sàng vật liệu còn lại trên sàng 2.00 mm, theo Mục 7.3, và tổng khối lượng ghi được ở Mục 6.1. Cách tính toán như sau:

15.1.1 Từ khối lượng mẫu đất khô gió có được ở Mục 6.1, trừ đi khối lượng các hạt còn lại trên sàng 2.00 mm. Hiệu số này được xem như bằng khối lượng của phần đất khô gió lọt qua sàng 2.00 mm (chú thích 5).

15.1.2 Hiệu chỉnh khối lượng đất qua sàng 2.00 mm cho độ hút ẩm đã được xác định ở Mục 14.1.

15.1.3 Cộng thêm khối lượng các hạt còn lại trên sàng 2.00 mm vào khối lượng đã hiệu chỉnh thu được ở Mục 15.1.2 để nhận được tổng khối lượng mẫu thử đã được hiệu chỉnh cho độ hút ẩm.

15.1.4 Các hạt còn lại trên sàng 2.00 mm và các sàng thô hơn phải được biểu diễn bằng phần trăm khối lượng đã hiệu chỉnh thu được từ Mục 15.1.3.

Chú thích 9 – Theo giả thiết này không có độ hút ẩm trong các hạt đất khô gió còn lại trên sàng 2.00 mm trong khi thực tế có thể có chút ít phần trăm độ ẩm trong phần hạt này. Hàm lượng độ ẩm so với độ ẩm trong lỗ rỗng của các hạt đất lọt qua sàng 2.00

mm là tương đối nhỏ. Do đó, bất kỳ một sai số nào phát sinh do giả thiết nêu trên được coi là không đáng kể.

Chú thích 10 – Yêu cầu phải có các tính toán khác nhau nào đó khi xử lý mẫu thí nghiệm theo Mục 6.2.1 (Phương pháp thay thế sử dụng các sàng 4.75 mm và 2.00 mm). Ở mục 15.1, thay sàng 4.75 mm cho sàng 2.00 mm. Phần trăm qua sàng 2.00 mm sẽ được tính như sau: (1) hiệu chỉnh khối lượng các hạt thí nghiệm qua các sàng 4.75 mm và 2.00 mm để xác định độ hút ẩm; (2) chia khối lượng hạt khô qua sàng 2.00 mm theo khối lượng hạt khô của mẫu con qua sàng 4.75 mm, và nhân giá trị này với 100 cho ta phần trăm hạt qua sàng 2.00 mm trong phần mẫu con được chọn (Mục 6.2.1); và (3) nhân phần trăm này với phần trăm tổng lượng mẫu qua sàng 4.75 mm cho ta phần trăm qua sàng 2.00 mm trong tổng lượng mẫu.

16 PHẦN TRĂM ĐẤT TRONG HUYỀN PHÙ

- 16.1 Các kết quả đọc được bằng tỷ trọng kế sẽ được hiệu chỉnh bằng cách áp dụng hiệu chỉnh tổng hợp gần đúng như đã được quy định ở Mục 8 có tính đến việc sử dụng hoá chất khuếch tán, nhiệt độ của dung dịch và độ cao của vạch chuẩn trên thân tỷ trọng kế.
- 16.2 Phần trăm của đất khuếch tán vào trong dung dịch được thể hiện qua chênh lệch số đọc trên tỷ trọng kế đã hiệu chỉnh phụ thuộc cả vào số lượng và trọng lượng riêng của đất được khuếch tán. Phần trăm đất được khuếch tán còn lại trong dung dịch được tính như sau:

Đối với tỷ trọng kế 152 H

$$P = \frac{Ra}{w} \times 100 \quad (3)$$

Đối với tỷ trọng kế 151 H

$$P = \frac{1606(R-1)a}{w} \times 100 \quad (4)$$

trong đó:

P = phần trăm hạt đất nguyên thể khuếch tán còn lại trong dung dịch

R = số đọc trên tỷ trọng kế đã hiệu chỉnh

W = khối lượng tính theo gam của hạt đất nguyên thể khuếch tán trừ đi độ hút ẩm, và

a = hằng số phụ thuộc vào dung trọng của dung dịch huyền phù.

Đối với một giá trị giả định là G cho trọng lượng riêng của đất, và dung trọng nước là 1.000 ở 20°C (68°F), có thể tính được giá trị của “a” qua công thức sau:

$$a = \frac{2.6500 - 1.000}{2.6500} \times \frac{G}{G - 1.000}$$

Các giá trị của “a”, lấy đến hai số thập phân được nêu trong bảng 1

Bảng 1

Trọng lượng riêng, G	Hằng số, a
2.95	0.94
2.85	0.96
2.75	0.98
2.65	1.00
2.55	1.02
2.45	1.05
2.35	1.08

16.2.1 Bảng này đủ độ chính xác đối với các thí nghiệm thông thường để chọn hằng số đối với trọng lượng riêng gần sát nhất cho mẫu đất cá biệt được thí nghiệm.

16.3 Để chuyển đổi phần trăm của đất trong dung dịch huyền phù sang phần trăm của toàn bộ mẫu thí nghiệm bao gồm cả phần hạt còn lại trên sàng 2.00 mm (Số 10), phần trăm của đất khuếch tán ban đầu còn lại trong dung dịch sẽ được nhân với biểu thức sau:

$$\frac{100 - \text{phần trăm còn lại trên sàng 2.00 mm}}{100} \quad (5)$$

17 ĐƯỜNG KÍNH CÁC HẠT ĐẤT TRONG DUNG DỊCH HUYỀN PHỤ

17.1 Đường kính tối đa, d , của các hạt trong dung dịch huyền phù, tương ứng với phần trăm theo chỉ số đọc của tỷ trọng kế, sẽ được tính toán bằng cách sử dụng Định luật Stoke.

Theo Định luật Stoke:

$$d = \sqrt{\frac{30nL}{980(G - G_1)T}} \quad (6)$$

trong đó:

d = đường kính hạt tối đa tính theo milimét;

n = hệ số nhớt của môi trường khuếch tán (trong trường hợp này là nước) theo

Pa.s. Thay đổi theo nhiệt độ của môi trường khuếch tán;

L = khoảng cách từ mặt dung dịch đến mức đo tỷ trọng của dung dịch, mm. (Với tỷ trọng kế và ống đong cho trước, các giá trị thay đổi theo chỉ số đọc trên tỷ trọng kế. Khoảng cách này được coi là độ sâu hiệu quả [Bảng 2]);

T = khoảng thời gian từ khi bắt đầu làm lắng đến khi đọc, phút;

G = trọng lượng riêng của các hạt đất; và

G_1 = trọng lượng riêng của môi trường khuếch tán (xấp xỉ 1.0 đối với nước).

Chú thích 11 – Do Định luật Stoke xem xét đến vận tốc cuối cùng của một vật cầu rơi không giới hạn trong chất lỏng, nên các kích thước tính toán sẽ đại diện cho đường kính của vật cầu rơi cùng vận tốc như hạt đất.

Bảng 2 – Các giá trị độ sâu hiệu quả trên cơ sở tỷ trọng kế và ống đồng của các kích thước cụ thể

Tỷ trọng kế 151 H			Tỷ trọng kế 152 H		
Chỉ số đọc thực tế trên tỷ trọng kế	Độ sâu hiệu quả, L, mm	Chỉ số đọc thực tế trên tỷ trọng kế	Độ sâu hiệu quả, L, mm	Chỉ số đọc thực tế trên tỷ trọng kế	Độ sâu hiệu quả, L, mm
1.000	163	0	163	31	112
1.001	160	1	161	32	111
1.002	158	2	160	33	109
1.003	155	3	158	34	107
1.004	152	4	156	35	106
1.005	150	5	155		
1.006	147	6	153	36	104
1.007	144	7	152	37	102
1.008	142	8	150	38	101
1.009	139	9	148	39	99
1.010	137	10	147	40	97
1.011	134	11	145	41	96
1.012	131	12	143	42	94
1.013	129	13	142	43	92
1.014	126	14	140	44	91
1.015	123	15	138	45	89
1.016	121	16	137	46	88
1.017	118	17	135	47	86
1.018	115	18	133	48	84
1.019	113	19	132	49	83
1.020	110	20	130	50	81
1.021	107	21	129	51	79
1.022	105	22	127	52	78
1.023	102	23	125	53	76
1.024	100	24	124	54	74
1.025	97	25	122	55	73
1.026	94	26	120	56	71
1.027	92	27	119	57	70
1.028	89	28	117	58	68
1.029	86	29	115	59	66
1.030	84	30	114	60	65
1.031	81				
1.032	78				
1.033	76				
1.034	73				
1.035	70				
1.036	68				
1.037	65				
1.038	62				

^a Các giá trị của độ sâu hiệu quả được tính toán từ phương trình sau:

$$L = L_1 + \frac{1}{2} [L_2 - (V_B / A)]$$

trong đó:

L = độ sâu hiệu quả, mm;

L₁ = khoảng cách dọc theo thân tỷ trọng kế từ phần đỉnh bầu tỷ trọng kế đến vạch đọc tỷ trọng kế, mm;

L₂ = tổng chiều dài bầu tỷ trọng kế, mm;

V_B = thể tích bầu tỷ trọng kế, mm³; và

A = diện tích tiết diện ống đồng, mm².

Đối với cả hai loại tỷ trọng kế, 151 H và 152 H:

$$L_2 = 140 \text{ mm}$$

$$V_B = 67000 \text{ mm}^3$$

$$A = 2780 \text{ mm}^2$$

Đối với tỷ trọng kế 151 H:

$$L_1 = 105 \text{ mm với chỉ số đọc là 1.000}$$

$$L_2 = 23 \text{ mm với chỉ số đọc là 1.031}$$

Đối với tỷ trọng kế 151 H:

$$L_1 = 105 \text{ mm với chỉ số đọc là 0 g/L}$$

$$L_2 = 23 \text{ mm với chỉ số đọc là 50 g/L}$$

17.2 Để thuận tiện hơn trong tính toán các phương trình trên đây có thể được viết như sau:

$$D = \sqrt{\frac{L}{T}}$$

trong đó:

K = hằng số phụ thuộc vào nhiệt độ của dung dịch huyền phù và trọng lượng riêng của các hạt đất. Các giá trị của K đối với một phạm vi nhiệt độ và trọng lượng riêng được cho sẵn trong Bảng 3. Giá trị K có thể không thay đổi đối với một loạt các chỉ số đọc tạo thành một thí nghiệm, trong khi đó các giá trị L và T lại thay đổi.

Bảng 3 – Các giá trị của K dùng trong phương trình để tính đường kính hạt trong phân tích bằng tỷ trọng kế

Nhiệt độ °C	Trọng lượng riêng của các hạt đất								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.004838	0.004759	0.004683	0.004607	0.004538	0.004471	0.004408	0.004345	0.004288
17	0.004778	0.004699	0.004623	0.004551	0.004481	0.004415	0.004351	0.004288	0.004231
18	0.004718	0.004639	0.004563	0.004494	0.004424	0.004358	0.004298	0.004234	0.004177
19	0.004661	0.004582	0.004506	0.004437	0.004370	0.004304	0.004244	0.004184	0.004127
20	0.004604	0.004525	0.004452	0.004383	0.004317	0.004250	0.004190	0.004133	0.004076
21	0.004547	0.004471	0.004399	0.004329	0.004263	0.004200	0.004139	0.004083	0.004026
22	0.004494	0.004418	0.004345	0.004279	0.004212	0.004149	0.004092	0.004035	0.003978
23	0.004440	0.004367	0.004294	0.004228	0.004165	0.004101	0.004045	0.003988	0.003931
24	0.004389	0.004317	0.004244	0.004177	0.004114	0.004054	0.003997	0.003940	0.003886
25	0.004339	0.004266	0.004196	0.004130	0.004067	0.004007	0.003950	0.003896	0.003842
26	0.004291	0.004218	0.004149	0.004083	0.004022	0.003962	0.003905	0.003852	0.003798
27	0.004244	0.004171	0.004101	0.004038	0.003978	0.003918	0.003861	0.003807	0.003757
28	0.004196	0.004124	0.004057	0.003997	0.003934	0.003875	0.003820	0.003766	0.003716
29	0.004149	0.004079	0.004013	0.003950	0.003890	0.003833	0.003779	0.003725	0.003675
30	0.004105	0.004035	0.003972	0.003909	0.003848	0.003792	0.003738	0.003684	0.003633

18 PHÂN TÍCH BẰNG SÀNG HẠT MỊN

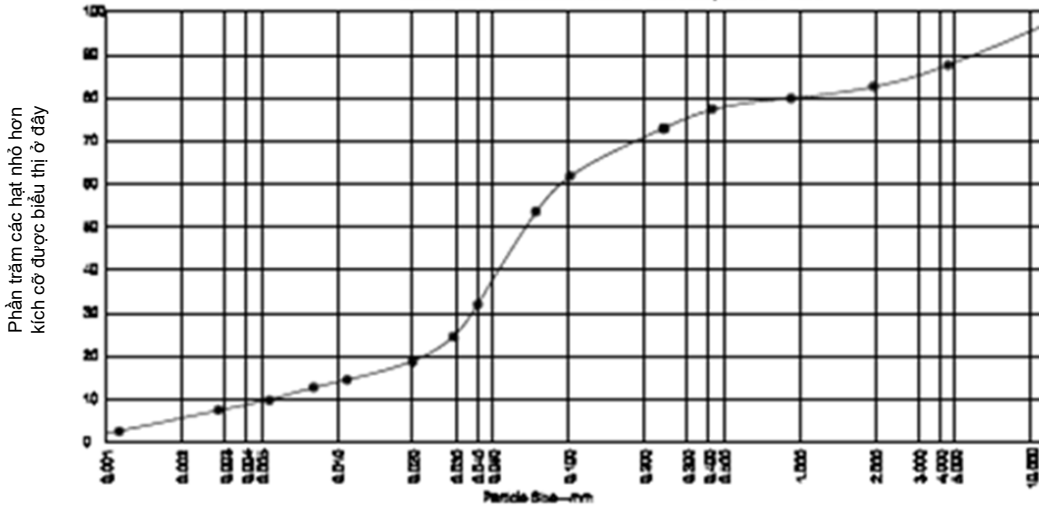
- 18.1 Sẽ tính được phần trăm mẫu đất khuếch tán còn lại trên mỗi sàng trong phân tích bằng sàng đối với vật liệu được rửa trên sàng 0.075 mm (Số 200) bằng cách chia khối lượng của phần hạt còn lại trên mỗi sàng cho khối lượng đã được sấy khô trong tủ sấy và nhân với 100.
- 18.2 Sẽ tính được phần trăm của toàn bộ mẫu thử bao gồm cả phần hạt còn lại trên sàng 2.00 mm (Số 10) bằng cách nhân các giá trị này với biểu thức sau:

$$\frac{100 - \text{phần trăm còn lại trên sàng 2.00 mm}}{100}$$

19 VẼ ĐỒ THỊ

- 19.1 Phần trăm thu được của các hạt có đường kính khác nhau được vẽ thành đồ thị trên giấy tỷ lệ logarit để tạo thành một “đường cong thành phần hạt”, như biểu thị trong hình 6.

Đường cong thành phần hạt – Mẫu đất số 4422X



Hình 6 – Đường cong đường kính hạt đối với mẫu đất số 4422X

20 BÁO CÁO

20.1 Các kết quả đọc từ đường cong trên được báo cáo như sau:

20.1.1 Phần trăm các hạt lớn hơn 2 mm;

20.1.2 Phần trăm cát thô từ 2.0 đến 0.42 mm;

20.1.3 Phần trăm cát mịn từ 0.42 đến 0.074 mm;

20.1.4 Phần trăm phù sa từ 0.074 đến 0.002 mm;

20.1.5 Phần trăm sét nhỏ hơn 0.002 mm; và

20.1.6 Phần trăm sét nhỏ hơn 0.001 mm.

20.2 Các kết quả phân tích hoàn chỉnh thực hiện kết hợp giữa phân tích bằng sàng và bằng tỷ trọng kể được báo cáo như sau:

Phân tích bằng sàng		
Cỡ sàng		Phần trăm qua sàng
Tiêu chuẩn, mm	Phương án thay thế	
75	3 in	_____
50	2 in	_____
25	1 in	_____
4.75	Số 4	_____
2.00	Số 10	_____
0.425	Số 40	_____
0.075	Số 200	_____

Phân tích bằng tỷ trọng kế	
Nhỏ hơn:	Phần trăm
.02 mm	_____
.002 mm	_____
.001 mm	_____

Đối với các vật liệu được thí nghiệm cho bất kỳ công việc hay mục đích đặc biệt nào khác, chỉ có phần hạt đó được báo cáo bao gồm cả các đặc tính kỹ thuật hoặc các yêu cầu khác cho công việc hoặc mục đích đó.

- 20.3 Báo cáo thành phần hạt phân tích qua sàng chính xác tới 0.1 %.
- 20.4 Báo cáo phân tích bằng tỷ trọng kế chính xác tới 0.1 % hoặc nhỏ hơn.

21 ĐỘ CHÍNH XÁC

- 21.1 Tiêu chí đánh giá để công nhận phân tích thành phần hạt của đất như sau:

Chú thích 12 – Thông thường không yêu cầu xác định các hạt có đường kính nhỏ hơn 0.001 mm. Tuy nhiên, nếu muốn đạt được thành phần với kích cỡ này, cần phải kéo dài thời gian đọc, tối thiểu là 2880 phút.

Chú thích 13 – Các con số ở Cột 2 là độ lệch tiêu chuẩn được coi là phù hợp đối với các thí nghiệm nêu ở Cột 1. Các con số ở Cột 3 là các giới hạn mà hiệu số giữa các kết quả của hai thí nghiệm được thực hiện đúng cách không được phép vượt quá.

Bảng 4 – Độ chính xác của thí nghiệm do một người thực hiện**Độ chính xác khi thí nghiệm do một người thực hiện:**

Chỉ tiêu thí nghiệm	Độ lệch tiêu chuẩn	Giới hạn được công nhận của hai kết quả
---------------------	--------------------	---

Độ hút ẩm tính theo phần trăm độ ẩm:

4.75mm (Số 4)	0.15	0.4
2.00mm (Số 10)	0.21	0.6

Phân tích bằng sàng tính theo % qua sàng:

2.00mm (Số 10)	0.66	1.9
0.425mm (Số 40)	1.07	3.0
0.075mm (Số 200)	1.19	3.4

Phân tích bằng tỷ trọng kế tính theo % nhỏ hơn:

0.02mm	1.98	5.6
0.002mm	1.34	3.8
0.001mm	1.45	4.1

Độ chính xác khi thí nghiệm tại nhiều phòng thí nghiệm:

Chỉ tiêu thí nghiệm	Độ lệch tiêu chuẩn	Giới hạn được công nhận của hai kết quả
---------------------	--------------------	---

Độ hút ẩm tính theo phần trăm độ ẩm:

4.75mm (Số 4)	0.89	2.5
2.00mm (Số 10)	0.88	2.4

Phân tích bằng sàng tính theo % qua sàng:

2.00mm (Số 10)	1.39	3.9
0.425mm (Số 40)	1.98	5.6
0.075mm (Số 200)	2.31	6.5

Phân tích bằng tỷ trọng kế tính theo % nhỏ hơn:

0.02mm	4.32	12.2
0.002mm	3.19	9.0
0.001mm	3.16	8.9