

Tiêu chuẩn thí nghiệm

Sử dụng thiết bị chùy xuyên động (DCP) cho mặt đường có chiều sâu không lớn¹

ASTM D 6951-03

1 PHẠM VI ÁP DỤNG

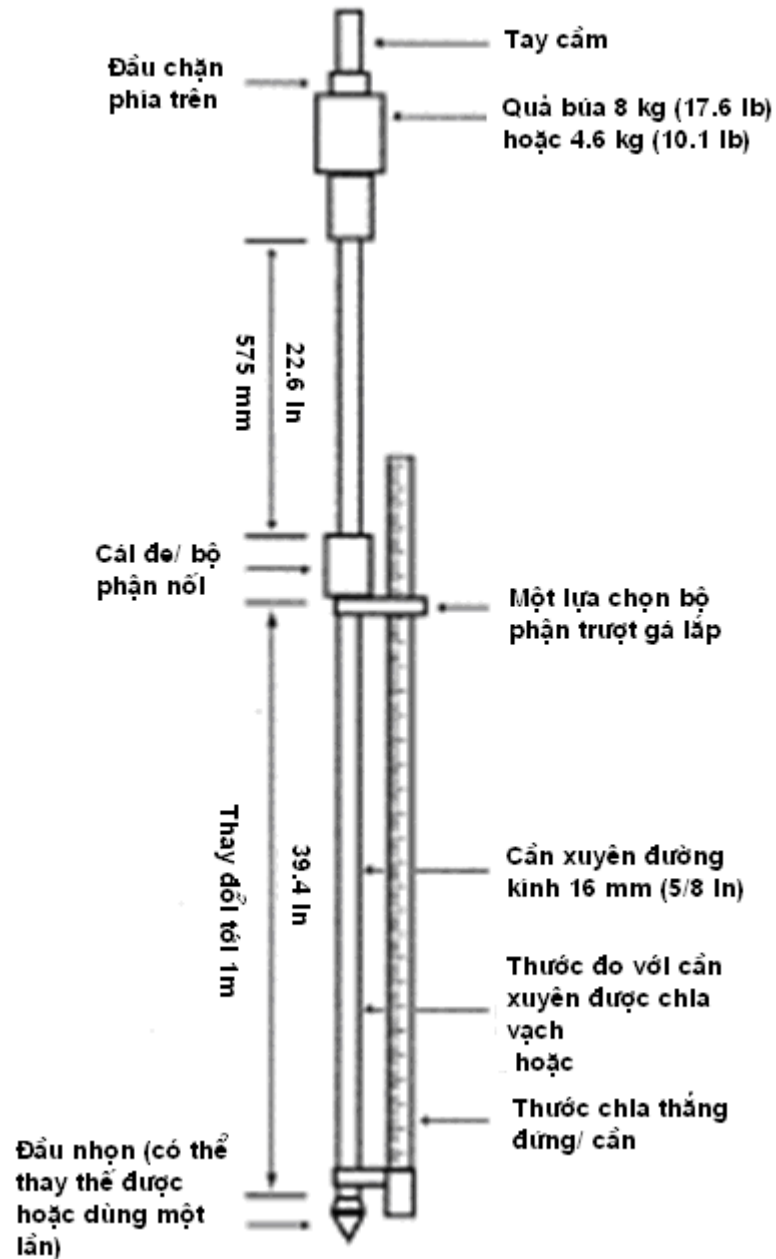
- 1.1 Phương pháp này đưa ra cách đo độ xuyên của dụng cụ chùy xuyên động với một quả búa nặng 8 kg (8 kg DCP) xuyên xuống lớp đất nguyên dạng và/hoặc lớp vật liệu đã đầm nén. Độ xuyên có thể liên quan đến cường độ của lớp đất ở hiện trường như việc ước lượng CBR hiện trường (California bearing Ratio). Độ chặt của đất có thể được xác định (Chú thích 1) nếu biết được loại đất và độ ẩm. DCP được mô tả trong phương pháp thí nghiệm này được sử dụng đặc thù cho những ứng dụng mặt đường.
- 1.2 Phương pháp thí nghiệm này cung cấp cho một lựa chọn với quả búa 4.6 kg khi việc sử dụng quả búa 8 kg gây ra độ xuyên quá lớn trong điều kiện đất nền mềm dẻo.
- 1.3 *Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề về an toàn trong quá trình thí nghiệm. Người thực hiện tiêu chuẩn này phải có trách nhiệm đề ra các biện pháp phù hợp để đảm bảo an toàn và sức khỏe cho người thực hiện trước khi tiến hành công tác thí nghiệm.*

2 THUẬT NGỮ

- 2.1 *Những định nghĩa thuật ngữ riêng trong tiêu chuẩn này:*
- 2.1.1 *8 kg DCP chùy xuyên động với một quả búa 8 kg (xem Hình 1) – một thiết bị sử dụng để đánh giá cường độ của lớp đất nguyên dạng và/hoặc lớp vật liệu đã đầm nén ở hiện trường.*
- 2.1.2 *Bộ phận trượt gá lắp (xem Hình 1) – một lựa chọn thiết bị sử dụng trong việc đo khoảng cách của đầu DCP xuyên qua. Bộ phận trượt gá lắp có thể được gắn vào cái đe hoặc vị trí thấp hơn cần xuyên để đỡ/ trượt dọc một thước đo riêng biệt, hoặc nó có thể gắn chặt vào một thanh riêng được chia vạch đều nhau và trượt dọc theo cần xuyên.*

3 TÓM TẮT PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

- 3.1 Người điều khiển đóng đầu DCP vào trong đất bằng cách nâng quả búa đến tầm tay rồi thả nó ra. Tổng độ xuyên của một số lần quả búa rơi đã biết được đo và ghi lại với đơn vị là mm/1 quả rơi, được sử dụng để mô tả độ cứng, ước lượng cường độ CBR hiện trường từ một biểu đồ tương quan thích hợp, hoặc các đặc trưng vật liệu khác.



Hình 1. Sơ đồ thiết bị DCP

4 Ý NGHĨA VÀ SỬ DỤNG

- 4.1 Phương pháp thí nghiệm này được sử dụng để đánh giá cường độ ở hiện trường của đất nguyên dạng và/hoặc vật liệu đã đầm nén. Độ xuyên của 8 kg DCP có thể được sử dụng để ước lượng CBR hiện trường (California bearing Ratio), để nhận biết chiều dày địa tầng, cường độ của lớp, và đặc trưng vật liệu khác.
- 4.1.1 Những phương pháp thí nghiệm DCP khác hiện có với khối lượng búa và kích cỡ đầu côn thay đổi có sự tương quan với thiết bị này.
- 4.2 Quả búa 8 kg DCP được giữ thẳng đứng và bởi vậy được sử dụng đặc thù trong ứng dụng trong xây dựng các lớp nằm ngang, như mặt đường và những tấm sàn.

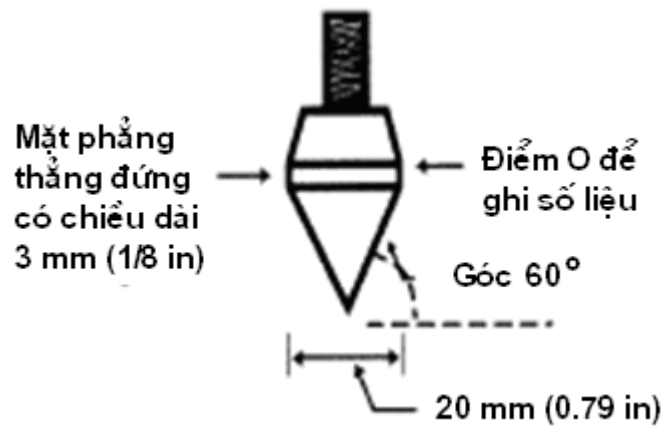
- 4.3 Đây là dụng cụ đo sử dụng đặc thù để đánh giá những đặc trưng vật liệu có độ sâu đến 1000 mm (39 in) phía dưới mặt đường. Chiều sâu xuyên có thể được tăng thêm khi sử dụng cần xuyên nối dài. Tuy nhiên, nếu cần xuyên nối dài được sử dụng, cần cẩn thận khi sử dụng các tương quan để ước lượng các tham số khác bởi vì những tương quan này chỉ thích hợp với các cấu hình DCP đặc trưng. Khối lượng và quán tính của thiết bị sẽ thay đổi và lực ma sát bề mặt dọc theo cần xuyên sẽ xảy ra.
- 4.4 Quả búa 8 kg DCP có thể được sử dụng để đánh giá đặc trưng cường độ của đất hạt đất thô và hạt mịn, vật liệu xây dựng dạng hạt, vật liệu gia cố có cường độ thấp hoặc vật liệu cải thiện. Quả búa 8 kg DCP không thể được sử dụng với các vật liệu gia cố có cường độ cao hoặc những vật liệu gia cố xi măng hoặc vật liệu dạng hạt có hạt cốt liệu lớn hơn 50 mm (2 in).
- 4.5 Quả búa 8 kg DCP có thể được sử dụng để ước lượng cường độ của những vật liệu hiện trường ở phía dưới lớp vật liệu gia cố có cường độ cao bằng việc khoan lỗ và lấy lõi khoan trước khi thí nghiệm DCP.

Chú thích 1 – DCP có thể được sử dụng để đánh giá độ chặt của một vật liệu đồng nhất bằng mối quan hệ giữa độ chặt với độ xuyên trên cùng một vật liệu. Với cách này có thể nhận biết các vị trí chưa đầm đủ chặt hoặc các điểm đất mềm dẻo, mặc dù DCP không phải là phép đo độ chặt trực tiếp.²

- 4.5.1 Những kết quả của phép đo DCP hiện trường hoặc CBR hiện trường sẽ thường không tương quan với phép đo CBR trong phòng thí nghiệm hoặc CBR đã ngâm mẫu với cùng loại vật liệu. Thí nghiệm này vì thế nhằm mục đích để ước lượng cường độ hiện trường của vật liệu dưới những điều kiện hiện trường hiện tại.

5 DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

- 5.1 Thiết bị 8 kg DCP được đưa ra trong sơ đồ ở Hình 1. Nó bao gồm những thành phần sau: một cần xuyên bằng thép đường kính 15.8 mm ($\frac{5}{8}$ in) với một mũi côn xuyên có thể thay thế được hoặc mũi côn dùng một lần, một quả búa 8 kg (17.6 lb) được thả ở một chiều cao cố định là 575 mm (22.6 in), một bộ nối và một tay cầm. Đầu nhọn của mũi côn có góc trong 60° và đường kính mặt đáy mũi côn là 20mm (0.79 in). (Xem hình 2).
- 5.1.1 Các dụng cụ thí nghiệm được làm chủ yếu từ thép không gỉ, ngoại trừ loại mũi côn có thể thay thế được, được làm từ thép công cụ cứng hoặc vật liệu tương tự chịu có độ bền lớn.



Hình 2. Mũi côn có thể thay thế được

5.2 Những dung sai sau được khuyến nghị:

5.2.1 Quả búa với khối lượng là 8 kg (17.6 lb); dung sai là 0.010 kg (0.022 lb),

5.2.2 Quả búa với khối lượng là 4.6 kg (10.1 lb); dung sai là 0.010 kg (0.022 lb),

5.2.3 Khoảng cách rơi của búa là 575 mm (22.6 in); dung sai 1 mm (0.039 in),

5.2.4 Góc của mũi côn xuyên là 60°; dung sai là 1°, và

5.2.5 Đường kính của mặt đáy mũi côn là 20 mm (0.790 in); dung sai là 0.25 mm (0.010 in)

Chú thích 2 –Mũi côn dùng một lần có thể được sử dụng. Mũi côn được giữ đúng vị trí với một vòng chữ O, cho phép mũi côn được tháo ra dễ dàng khi thanh truyền động được kéo lên sau khi hoàn thành thí nghiệm. Quy cách của mũi côn dùng một lần được đưa ra trong sơ đồ ở Hình 3.

5.3 Ngoài DCP, các dụng cụ sau là cần thiết:

5.3.1 Những dụng cụ để lắp ghép thiết bị DCP,

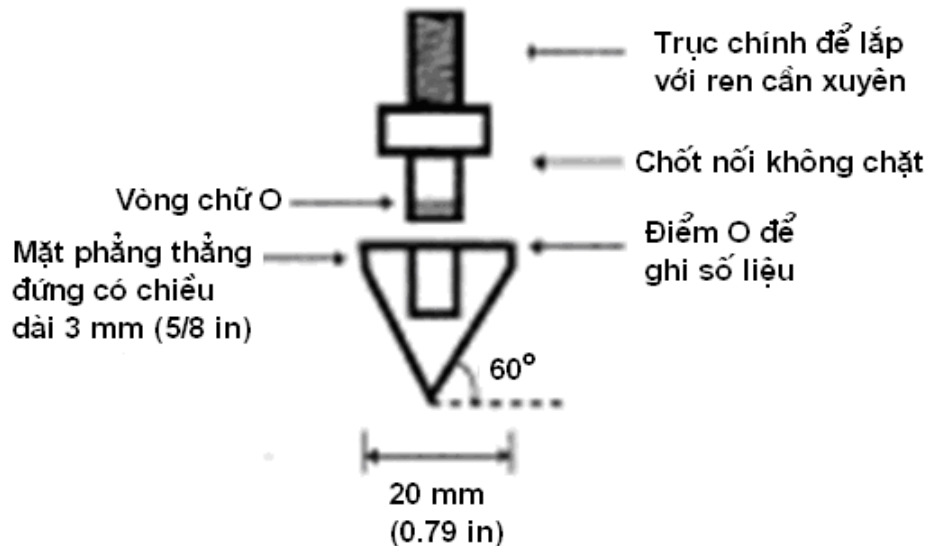
5.3.2 Dầu bôi trơn,

5.3.3 Ren khoá bộ phận lắp ghép, và

5.3.4 Mẫu ghi số liệu (xem Bảng 1).

5.4 Tùy thuộc vào những tình huống, thiết bị sau có thể chỉ là cần thiết hoặc khuyến nghị:

5.4.1 Thước chia vạch thẳng đứng sử dụng vạch chia 1.0 mm (0.04 in), hoặc thanh đo dài hơn chiều dài lớn nhất của cần xuyên nếu cần xuyên không được khắc vạch.



Hình 3. Đầu côn dùng một lần

- 5.4.2 Một lựa chọn cho bộ trượt gá lắp để sử dụng với một thước đo riêng hoặc thanh thước đo.
- 5.4.3 Một búa khoan hoặc dụng cụ có khả năng lấy lõi lỗ khoan có đường kính lỗ ít nhất là 25 mm (1 in). Một lỗ lớn có thể được yêu cầu tùy thuộc lớp vật liệu móng hoặc cần để thí nghiệm thêm hoặc lấy mẫu.
- 5.4.4 Bơm chân không ẩm/khô hoặc phương án thích hợp khác để lấy vật liệu rời rạc và chất lỏng ra nếu cần can thiệp vào lỗ trước khi thí nghiệm.
- 5.4.5 Máy cấp điện hiện trường cung cấp điện cho những hạng mục trong 5.4.3 và 5.4.4.
- 5.4.6 Các mũi côn dùng một lần.
- 5.4.7 Hai quả búa (xem Hình 4), và
- 5.4.8 Kích tháo, cần có nếu không sử dụng mũi côn dùng một lần (xem Hình 5).

Chú thích 3 – Quả búa 4.6 kg có thể được sử dụng đúng vị trí của quả búa 8 kg miễn là tiêu chuẩn chiều cao rơi được duy trì. Quả búa 4.6 kg được sử dụng trong trường hợp vật liệu yếu hơn khi mà quả búa 8 kg sẽ gây ra độ xuyên quá lớn.

Chú thích 4 – Một phiên bản thiết bị DCP tự động có thể được sử dụng miễn là đáp ứng mọi yêu cầu của tiêu chuẩn này về trình tự thí nghiệm và tính năng của thiết bị.

Chú thích 5 – Một hệ thống tự động hoá thu thập số liệu có thể sử dụng miễn là dụng cụ đo và giá trị ghi lại chính xác đến 1 mm (0.4 in) và không gây cản trở đến thao tác/kết quả đo của dụng cụ.

Bảng 1 - Dải số liệu DCP³

Dự án: Đường dịch vụ lâm nghiệp		Ngày 7 – 7 – 2001					
Vị trí: STA 30 + 50, 1 M RT của C/L		Nhân sự: JLS & SDT					
Chiều sâu của điểm O dưới bề mặt đường: 0		Khối lượng quả búa: 8 kg (17.6 lb)					
Phân loại vật liệu: GW/CL		Thời tiết: u ám, 25°C, (72°F)					
Những điều kiện mặt đường: không áp dụng		Chiều sâu mức nước: Không biết					
Số lần búa rơi ^A	Độ xuyên tích lũy (mm) ^B	Độ xuyên giữa các số đọc (mm) ^C	Độ xuyên theo mỗi nhát búa (mm) ^D	Hệ số búa ^E	Chỉ số DCP mm/nhát búa ^F	CBR % ^G	Độ ẩm % ^H
0	0	--	--	--	--	--	
5	25	25	5	1	5	50	
5	55	30	6	1	6	40	
15	125	70	5	1	5	50	
10	175	50	5	1	5	50	
5	205	30	6	1	6	40	
5	230	25	5	1	5	50	
10	280	50	5	1	5	50	
5	310	30	6	1	6	40	
5	340	30	6	1	6	40	
5	375	35	7	1	7	35	
5	435	60	12	1	12	18	

^A Số lần búa rơi ở giữa các số đọc thí nghiệm.

^B Độ xuyên tích lũy sau mỗi số lần búa rơi.

^C Sự sai khác về độ xuyên tích lũy (chú ý B) giữa những lần đọc.

^D Chú thích C chia cho chú thích A.

^E Đưa vào hệ số 1 đối với búa 8 kg (17.6 lb); hệ số 2 với búa 4.6 kg (10.1 lb).

^F Chú thích D nhân với chú thích E.

^G Từ quan hệ tương quan giữa chỉ số CBR và chỉ số DCP.

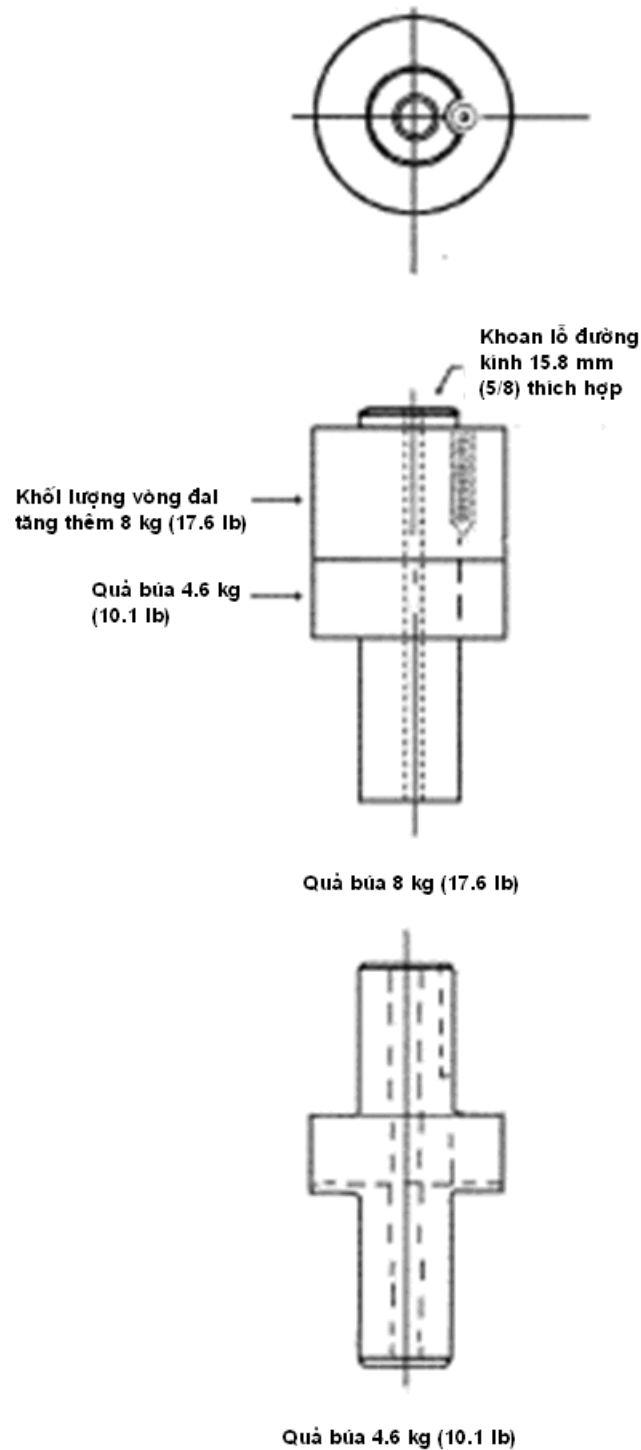
^H % Độ ẩm khi có thể dùng được.

6 TRÌNH TỰ

- 6.1 *Kiểm tra thiết bị* – Trước khi bắt đầu một thí nghiệm, thiết bị DCP được kiểm tra đối với bộ phận hư hỏng do mỗi, đặc biệt là bộ phận ghép nối và tay cầm, sự hao mòn quá lớn của cần xuyên và mũi côn có thể thay thế được. Mọi điểm nối phải bảo đảm chặt khít bao gồm bộ ghép nối và đầu côn có thể thay thế được (hoặc bộ nối cho đầu côn có sẵn) với cần xuyên.
- 6.2 *Thao tác cơ bản* – Người điều khiển cầm thiết bị bằng tay theo hướng thẳng đứng hoặc thể thẳng đứng và nâng lên rồi thả quả búa ra từ vị trí chiều cao rơi chuẩn. Người ghi chép đo và ghi ghi lại tổng độ xuyên trong một số lần búa rơi hoặc độ xuyên trên mỗi búa rơi.

6.3 Số đọc ban đầu:

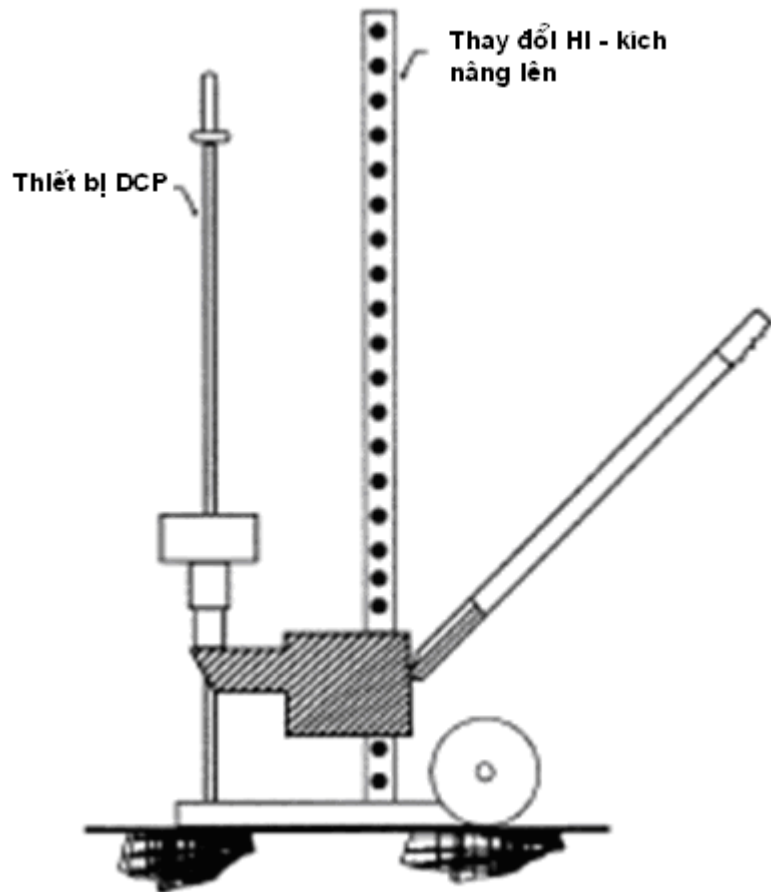
- 6.3.1 *Thí nghiệm ở lớp bề mặt* – Thiết bị DCP được giữ thẳng đứng và đầu nhọn được đặt vào sao cho đỉnh của phần rộng nhất của mũi côn được ngang bằng với bề mặt vật liệu được thí nghiệm. Số đọc ban đầu thu được từ vạch chia của cần đo hoặc vạch chia của thước thẳng đứng tách rời/ thanh thước đo. Khoảng cách được đo chính xác đến 1 mm (0.04 in). Vài bộ trượt gá lắp tham khảo cho phép vạch chia/ thanh thước đo được đặt/ đánh dấu tại vị trí 0 khi đầu nhọn tại vị trí điểm O như trong Hình 2.
- 6.3.2 *Thí nghiệm ở dưới lớp liên khối* – Khi thí nghiệm vật liệu nằm dưới lớp liên khối, một búa khoan hoặc dụng cụ khoan với những yêu cầu đưa ra trong 5.4.3 để tạo đường vào hố đến lớp được thí nghiệm. Yêu cầu sử dụng nước khi khoan để chất lỏng khoan được lấy ra ngay lập tức và thí nghiệm DCP được thực hiện càng sớm càng tốt, nhưng không lâu hơn 10 phút sau khi hoàn thành việc khoan. Phần chất lỏng khoan không cho phép ngấm vào trong hoặc thấm qua vật liệu được thí nghiệm. Một bơm chân không ướt/khô hoặc phương án thích hợp khác được sử dụng sau khi hoàn thành việc khoan để lấy vật liệu rời rạc và chất lỏng ra khỏi lỗ khoan trước khi thí nghiệm. Để giảm thiểu khu vực xáo động do búa khoan gây ra, việc khoan sẽ không xuyên qua hoàn toàn lớp liên khối, mà dừng lại cách đáy lớp khoảng 10 – 20 mm. Sử dụng DCP được dùng để xuyên qua phần đáy của lớp liên khối. Quá trình này có thể được lặp lại giữa việc khoan và thí nghiệm DCP để xác định chiều dày của lớp đó.
- 6.3.3 *Thí nghiệm mặt đường với lớp láng mỏng* – Đối với những mặt đường lớp láng mỏng, mũi côn xuyên sẽ được xuyên sâu qua sâu hơn lớp láng cho đến điểm O (xem Hình 4) của đầu mũi côn được ngang bằng với đỉnh của lớp được thí nghiệm.
- 6.3.4 Khi đầu mũi côn chạm đến lớp thí nghiệm, một số đọc tham chiếu được ghi lại với điểm O tại đỉnh của lớp đó và chiều dày của lớp (hoặc các lớp) đã khoan được ghi lại. Số đọc tham chiếu này là điểm mà từ đó độ xuyên tiếp theo được đo.



Hình 4. Sơ đồ của hai quả búa

6.4 Dãy thí nghiệm:

- 6.4.1 *Thả rơi quả búa* – Thiết bị DCP được giữ theo hướng thẳng đứng hoặc vị trí thẳng đứng. Người điều khiển nâng quả búa lên đến khi búa tiếp xúc nhẹ nhàng với tay cầm. Quả búa sẽ không được va đập với tay cầm khi búa được nâng. Sau đó quả búa được thả rơi tự do và đập vào cái đe của bộ phận ghép nối. Số lần rơi và độ xuyên tương ứng được ghi lại như mô tả trong 6.5.



Hình 5. Sơ đồ của kích tháo DCP

- 6.4.2 *Chiều sâu xuyên* – Chiều sâu xuyên sẽ thay đổi theo các ứng dụng. Đối với những ứng dụng đường bộ điển hình, một độ xuyên nhỏ hơn 900 mm (35 in) thông thường sẽ là thích hợp.
- 6.4.3 *Từ chối* – Sự hiện diện của cốt liệu lớn hoặc tầng đá sẽ làm giảm độ xuyên hoặc làm lệch cần xuyên. Nếu sau 5 lần rơi, thiết bị không xuống thêm 2 mm (0.08 in) hoặc tay cầm bị lệch lớn hơn 75 mm (3 in) từ phương thẳng đứng, thí nghiệm sẽ được dừng lại, và di chuyển thiết bị đến vị trí thí nghiệm khác. Vị trí thí nghiệm mới phải cách tối thiểu là 300 mm so với vị trí trước để giảm thiểu thí nghiệm lỗi do sự xáo trộn của vật liệu.
- 6.4.4 *Rút cần xuyên* – Sau khi hoàn thành thí nghiệm, dùng kích để rút thiết bị khi sử dụng đầu côn có thể thay thế. Khi sử dụng đầu côn sử dụng một lần, thiết bị được rút ra bằng cách hất ngược búa lên phía trên.
- 6.5 *Ghi chép số liệu:*
- 6.5.1 Một mẫu như trong Bảng 1 được đề nghị để ghi số liệu. Người ghi chép đưa các thông tin vào các dòng ở đầu bảng trước khi thí nghiệm. Số liệu thí nghiệm thực tế được ghi lại trong cột 1 (số lần búa rơi) và cột 2 (độ xuyên tích lũy mm); nếu độ ẩm là xác định, nó được đưa vào trong cột 8. Khi thí nghiệm với lớp dưới mặt đường qua lỗ khoan hoặc tạo lỗ, trước tiên đọc giá trị tương ứng với số đọc tham chiếu tại đỉnh của lớp được thí nghiệm như Mục 6.3.2. Số lần búa rơi giữa các số đọc có thể thay đổi phụ thuộc vào sức kháng của vật liệu. Thông thường số đọc được sẽ được chọn sau một số lần rơi cố định, đó là, 1 lần búa rơi với vật liệu yếu, 5 lần búa rơi với vật liệu thông

thường và 10 lần búa rơi với vật liệu có sức kháng rất lớn. Độ xuyên ghi chính xác đến 1 mm (0.04 in) tương ứng với số lần rơi đặc trưng được ghi lại. Mỗi số đọc được ghi lại ngay lập tức khi những đặc tính của vật liệu hoặc độ xuyên thay đổi đáng kể.

7 TÍNH TOÁN VÀ GIẢI THÍCH KẾT QUẢ

7.1 Việc ước lượng CBR hiện trường được tính toán khi sử dụng chỉ số DCP (cột 6, Bảng 1) và Bảng 2 cho mỗi tập số đọc. Độ xuyên/1 lần búa rơi có thể sau đó được vẽ trên đồ thị dựa vào tỉ lệ số đọc hoặc tổng độ sâu. Giá trị Độ xuyên/1 lần búa rơi được sử dụng để ước lượng CBR hiện trường hoặc cường độ biến dạng sử dụng sự tương quan thích hợp. Ví dụ, sự tương quan của độ xuyên cho mỗi lần rơi (DCP) trong Bảng 2 được suy ra từ công thức $CBR = 292/DCP^{1.12}$ khuyến nghị bởi US Army of Engineers³. Hàm số này được sử dụng cho mọi loại đất trừ những loại đất nhóm CL có $CBR < 10$ và những loại đất nhóm CH. Đối với những loại đất này, những công thức sau được khuyến nghị bởi US Army Corps of Engineers⁴:

Đất thuộc nhóm CL có $CBR < 10$: $CBR = 1 / (0.017019 * DCP)^2$

Đất thuộc nhóm CH: $CBR = 1 / 0.002871 * DCP$

7.1.1 Việc lựa chọn tương quan thích hợp là vấn đề của người phán đoán chuyên nghiệp.

Bảng 2. Bảng tương quan giữa CBR và Chỉ số DCP

Chỉ số DCP mm/lần	CBR %	Chỉ số DCP mm/lần	CBR %	Chỉ số DCP mm/lần	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
2-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

7.2 Nếu có một sự phân lớp riêng biệt tồn tại trong vật liệu thí nghiệm, một thay đổi của độ nghiêng trên đồ thị số búa xuyên tích lũy/ chiều sâu xuyên sẽ quan sát được cho mỗi lớp. Bề mặt ranh giới sẽ khó được xác định chính xác bởi vì, nhìn chung, có một vùng chuyển tiếp tồn tại giữa các lớp. Chiều dày của lớp đó có thể xác định được bởi sự cắt ngang của những đường biểu thị độ nghiêng trung bình so với lớp kề bên. Khi chiều dày lớp đã xác định, giá trị độ xuyên trung bình cho mỗi lớp sẽ được tính toán.

8 BÁO CÁO

- 8.1 Báo cáo sẽ bao gồm tất cả những nội dung như đưa ra trong Bảng 1. Bao gồm cả quan hệ được sử dụng để ước lượng giá trị CBR hiện trường.

9 ĐỘ CHÍNH XÁC VÀ SAI SỐ

- 9.1 *Độ chính xác* – Độ lệch chuẩn của phòng thí nghiệm hiện trường thí nghiệm lặp lại được xác định là nhỏ hơn 2 mm/1 búa rơi.⁵ Giá trị đó không thể dùng để xác định giới hạn lặp lại cho thí nghiệm hiện trường này, mà nó bị phá hoại trong tự nhiên và mẫu không đồng nhất và không thể được tái tạo trong độ ẩm và độ chặt trong phòng thí nghiệm khác.

Chú thích 6 – Nghiên cứu lặp lại trên vật liệu dạng hạt và sẽ tương ứng đến xấp xỉ hoặc nhỏ hơn 20% nếu biểu thị là tỷ lệ phần trăm.

- 9.2 *Độ lệch* – Không có một báo cáo nào được xây dựng như là độ lệch của phương pháp tại thời điểm hiện tại.

10 CÁC TỪ KHOÁ

- 10.1 ADCP; thí nghiệm móng cốt liệu; Sức chịu tải California; CBR; DCP; đầu cone sử dụng 1 lần; quả búa khối lượng kép; chùy xuyên động; thí nghiệm hiện trường; thí nghiệm vật liệu mặt đường; cường độ cắt; thí nghiệm nền đất.

¹ Phương pháp này được giám sát của ASTM, Ủy ban E17 về Hệ thống đường- phương tiện giao thông và chịu trách nhiệm trực tiếp của Phân ban E17.41 về Quản lý mặt đường. Tiêu chuẩn này được chấp thuận vào tháng 5 năm 2003, công bố vào tháng 6 năm 2003.

² Phương pháp ST6: “Đo cường độ hiện trường của đất bằng thiết bị DCP, Phương pháp đặc trưng cho thí nghiệm đường”. Bản phác thảo TMH6, phương pháp kỹ thuật cho đường bộ (TMH), Pretoria, South Africa, ISBN 0 7988 2289 9, 1984, trang 20.

³ Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams, T. P., “Mô tả một ứng dụng của dụng cụ chùy xuyên côn động khối lượng kép,” Báo cáo GL-92-3, Bộ quốc phòng, Washington, DC, Tháng 5 – 1992, trang 19.

⁴ Webster, S. L., brown, R. W., and Porter, J. R., “Đánh giá hiệu lực dựa án hiện trường sử dụng thiết bị chùy xuyên điện (ECP) và chùy xuyên động (DCP),” Báo cáo kỹ thuật số GL-94-17, Cơ quan khuyến khích giao thông công chính quân sự hàng không Mỹ, Căn cứ không quân Tyndall, FL, Tháng 4 – 1994.

⁵ Burnham, T. R., “Ứng dụng của chùy xuyên động để Bộ giao thông Minnesota tiến hành đánh giá kết cấu mặt đường”, MN/RC-97/ Bộ giao thông Minnesota, Saint Paul, MN, 1997, trang 37.

NHỮNG CUỐN SÁCH BÀI BÁO CÙNG CHỦ ĐỀ

- (1) Ayers, M. E., “Cường độ chịu cắt nhanh hiện trường của những vật liệu dạng hạt sử dụng chùy xuyên động,” Ph.D. Theses, Đại học Illinois, Urbana, IL, 1990.
- (2) De Beer, M., Kleyn, E. G., and Savage P. F., “Tiến tới hệ thống phân loại đối với cân bằng cường độ của mặt đường mềm mỏng,” *Tuyển tập của hiệp định giao thông năm 1988 (ATC '88), Mục S.443, Tập 3D, trang 3D-4, Pretoria, July 1988.*
- (3) De Beer, M., “Chùy xuyên động (DCP) giúp đỡ thuộc tính mặt đường sử dụng lớp xi măng nhẹ,” *Tiểu ban đường và công nghệ giao thông, báo cáo nghiên cứu DPVT-37, CSIR, Pretoria, South Africa, April 1989.*
- (4) De Beer, M., Kleyn, E. G., and Savage P. F., “Sự tiên tiến trong ước lượng và thiết kế lớp phủ kết cấu mặt đường với sự giúp đỡ của chùy xuyên động (DCP),” *Hội nghị chuyên đề quốc tế lần 2 về đánh giá và thiết kế lớp phủ mặt đường, 11 đến 15 tháng 9 năm 1989, Rio de Janeiro, Brazil.*
- (5) De Beer, M., “Sử dụng chùy xuyên động (DCP) trong thiết kế kết cấu đường,” *Hội nghị lần thứ 10 khu vực châu Phi hội về cơ học đất và nền móng công trình,* Maseru, Lesotho, tháng 9 – 1991. *Địa kỹ thuật trong điều kiện môi trường châu Phi,* Blight et al (eds), Balkema, Rotterdam, tập 1, 1991, trang 167-183. Ngoài ra trong *Báo cáo nghiên cứu DPVT-187, đường và công nghệ giao thông, CSIR, Nam Phi.*
- (6) De Beer, M., “Sử dụng thiết bị chùy xuyên động (DCP) trong thiết kế kết cấu mặt đường,” *Báo cáo nghiên cứu DPVT-18, đường và công nghệ giao thông, CSIR, Nam Phi, 1991, trang 30.*
- (7) De Beer, M., “Chùy xuyên động (DCP), Sự phát triển của công nghệ kết cấu DCP trong Nam Phi,” Mục 7, chú thích từ hội thảo công nghệ kết cấu mặt đường RSA/US, tại trạm hiện trường Richmond, Đại học California, Berkeley, Tháng 3 – 2000.
- (8) Kessler, M., *Hướng dẫn sử dụng Chùy xuyên động (DCP)* . Kessler Soil Engineering Product, Inc., tháng 1 – 2001, Spring field, VA.
- (9) Kleyn, E. G., “*Sử dụng chùy xuyên động (DCP)*” Báo cáo 2/74, Cục đường bộ Transvaal, Pretoria, Nam Phi, Tháng 7 – 1975, trang 35.
- (10) Kleyn, E. G., Maree, J. H., and Savage, P. F., “Ứng dụng Chùy xuyên động xách tay để xác định những thuộc tính chịu tải hiện trường của lớp kết cấu mặt đường và nền đất Nam Phi,” ESOPT 11, Amsterdam, Hà Lan, 1982.
- (11) Kleyn, E. G., and Savage, P. F., “Ứng dụng Chùy xuyên động mặt đường để xác định những thuộc tính chịu tải và cường độ của lớp kết cấu mặt đường,” *Hội nghị chuyên đề quốc tế về khả năng chịu tải của đường bộ và sân bay, Trondheim, Na Uy, 1982.*
- (12) Kleyn, E. G., Van Heerden, M. J. J., and Rossouw, A. J., “Nghiên cứu để xác định khả năng chịu lực kết cấu và nâng cấp cải tạo đường sử dụng chùy xuyên động,” *Hội nghị chuyên đề quốc tế về khả năng chịu tải của đường bộ và sân bay, Trondheim, Na Uy, 1982.*

- (13) Kleyn, E. G., and Van Heerden, M. J. J., “Sử dụng DCP đo độ sâu để tối ưu hóa công tác cải tạo đường,” *Hiệp định giao thông hàng năm, Mục G: hạ tầng giao thông*, Johannesburg, Nam Phi, 1983.
- (14) Kleyn, E. G., in Afrikaans, “Đánh giá và thiết kế đường bằng việc sử dụng chùy xuyên động (DCP),” M. Eng. Thesis, Đại học Pretoria, Nam Phi, Tháng 5 – 1984. (Khoảng 13000 từ, 51 hình vẽ và 1 ảnh.)
- (15) Kleyn, E. G., Van Van Zyl, G. D., “Ứng dụng thiết bị chùy xuyên động (DCP) để thiết kế kết cấu mặt đường mỏng,” *Tuyển tập của hội nghị quốc tế lần thứ nhất về thí nghiệm xuyên*, Orlando, Florida, A.A. Balkenma Publishers, Rotterdam, Hà Lan, 1998, trang 435-444.
- (16) Livneh, M., “Sự tương quan giữa thí nghiệm CBR hiện trường thí nghiệm độ xuyên khác nhau,” *Tuyển tập của hội nghị quốc tế lần thứ nhất về thí nghiệm xuyên*, Orlando, Florida, A.A. Balkenma Publishers, Rotterdam, Hà Lan, 1998.
- (17) Livneh, M., “Tính hiệu lực của tương quan giữa giá trị của thí nghiệm độ xuyên và thí nghiệm CBR hiện trường,” *Báo cáo nghiên cứu giao thông 1219*, Báo cáo nghiên cứu giao thông Washington, DC, 1989.
- (18) Livneh, M., “Thực nghiệm ở Israel với Chùy xuyên động chuẩn và Chùy xuyên động có cần nối dài để ước lượng cường độ mặt đường và ước lượng cường độ đất nền, thí nghiệm không phá hủy của kết cấu mặt đường và tính toán ngược mô đun,” ASTM STP 1375, S. D. Tayabji and E. O. Lukanen, Eds., Hội thí nghiệm và vật liệu châu Mỹ, Tây Conshohocken, PA, 1999.
- (19) “Phương pháp ST6: Phép đo cường độ hiện trường của đất bằng thiết bị Chùy xuyên động (DCP), phương pháp đặc thù cho thí nghiệm đường,” Bản phác thảo TMH6, phương pháp kỹ thuật cho đường bộ (TMH), ISBN 0 7988 9, 1984, trang 19-24.
- (20) Sampson, L. R., and Netterberg, F., “Ảnh hưởng của chất lượng vật liệu đối với sự tương quan giữa giá trị DCP và giá trị và CBR,” *Tuyển tập của hiệp định giao thông hàng năm, Pretoria, Nam Phi*, Tập 5B, bài #3, 1990, trang 12.
- (21) Scala, A. J., “Phương pháp đơn giản để thiết kế kết cấu mặt đường mềm sử dụng chùy xuyên,” *Tuyển tập của hội nghị lần 2 Cơ học đất Australian, Christ church, New Zealand, New Zealand Engineer*, 11(2), 1956, trang 34-44.
- (22) Siekmeier, J. A., Young, D., and Beberg, D., “So sánh thí nghiệm Chùy xuyên động với những thí nghiệm khác trong đất nền và đặc trưng lớp móng ở Minnesota,” *Thí nghiệm không phá hủy mặt đường và tính toán ngược mô đun: Tập ba*, ASTM STP 13757, S. D. Tayabji and E. O. Lukanen, Eds, Hội thí nghiệm và vật liệu châu Mỹ, Tây Conshohocken, PA, 1999.
- (23) Stephanos, G., Stanglerat, G., Bergdalh, V., and Melzer, K. J., “Đầu dò động (DP): Hội nghị quốc tế thực hiện thí nghiệm,” *Tuyển tập của hội nghị quốc tế lần thứ nhất về thí nghiệm xuyên*, Orlando, Florida, A.A. Balkenma Publishers, Rotterdam, Hà Lan, 1998.
- (24) Van Vuuren, D. J., “Xác định nhanh CBR với thiết bị chùy xuyên động cầm tay,” *The Rhodesian Engineer*, Tập 7, Số 5, Salisbury, Rhodesia, Tháng 9 – 1968, trang 852-854.

- (25) Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams, T. P., “Mô tả và ứng dụng chùy xuyên động khối lượng kép,” *Báo cáo GL-92-3*, Bộ quốc phòng, Washington, DC, Tháng 5 – 1992, trang 19.
- (26) Webster, S. L., Brown, R. W., and Porter, J. R., “Đánh giá hiện trường dự án quân sự sử dụng thiết bị chùy xuyên điện (ECP) và chùy xuyên động (DCP),” *Báo cáo kỹ thuật số GL-94-17*, Cơ quan trợ giúp công trình dân dụng không quân, Không quân Mỹ, Căn cứ không quân Tyndall, FL, Tháng 4 – 1994.
- (27) WinDCP 4.0: “Phân tích và phân loại dữ liệu khảo sát DCP, hướng dẫn sử dụng và chương trình phần mềm,” 2000, Pretoria: Tiểu ban đường và công nghệ giao thông, CSIR, Công bố của Tiểu ban: DP-2000/5.