

## CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH GIỚI HẠN CHẢY CỦA ĐẤT VÀ MỐI TƯƠNG QUAN GIỮA CHÚNG

Phan Thị San Hà<sup>(1)</sup>, Lê Minh Sơn<sup>(2)</sup>

(1) Trường đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(2) Công ty TNHH Tư vấn - Khảo sát - Xây dựng H.A.I

(Bài nhận ngày 29 tháng 05 năm 2008, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 21 tháng 05 năm 2008)

**TÓM TẮT:** “Giới hạn chảy” của đất là một thông số vật lý quan trọng trong việc phân loại đất. Tuy nhiên, cho đến nay, khái niệm “giới hạn chảy” của đất cùng với phương pháp xác định giới hạn chảy vẫn chưa được định nghĩa thống nhất. Bài báo này trình bày khuynh hướng phát triển của các phương pháp xác định giới hạn chảy và nguyên lý hoạt động của chúng. Bên cạnh đó, bài báo cũng tổng hợp kết quả đạt được của các tác giả khác nhau thực hiện từ năm 1957 đến năm 2001, khi tìm kiếm mối quan hệ giữa các “giới hạn chảy” được xác định từ các phương pháp khác nhau cho các loại đất dính.

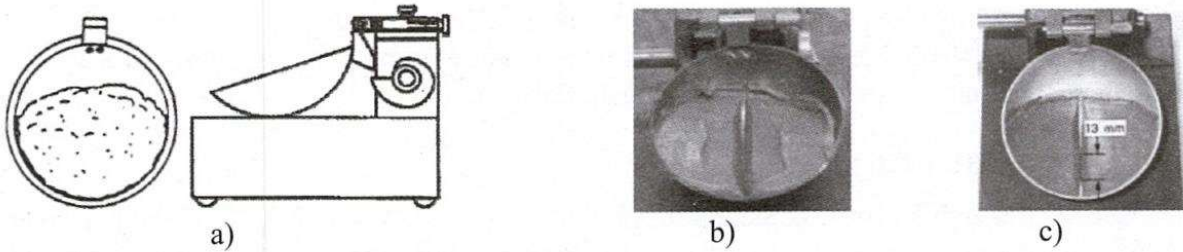
### 1. GIỚI THIỆU

Giới hạn chảy của đất dính (Liquid limit – LL), theo định nghĩa của Atterberg, là độ ẩm mà ở đó, đất chuyển từ trạng thái dẻo sang trạng thái chảy. Khái niệm này được Atterberg đưa ra lần đầu tiên vào năm 1911. Tuy nhiên, ở thời điểm đó, phương pháp dùng để xác định LL của Atterberg vẫn còn khá phức tạp nên phương pháp này chưa được phổ biến. Mãi đến năm 1931, khi Casagrande hoàn chỉnh quy trình và dụng cụ thí nghiệm xác định LL thì dụng cụ Casagrande dùng để xác định giới hạn chảy được sử dụng rộng rãi cho đến ngày hôm nay.

### 2. DỤNG CỤ CASAGRANDE

Dụng cụ Casagrande (Hình 1a) hoạt động theo nguyên lý “động”: một chén đựng đất hình bán cầu rơi từ độ cao 10 mm xuống một chân đế (làm bằng gỗ hoặc cao su) tạo ra lực va đập, nhờ đó, hai khối đất xung quanh một rãnh cắt rộng 2 mm (Hình 1b) sẽ “chảy” xuống và khép kín rãnh cắt. Khi nào rãnh cắt khép lại một đoạn bằng 13 mm (Hình 1) thì thí nghiệm sẽ kết thúc. Nếu vết khép 13 mm đạt được sau 25 nhịp đập thì độ ẩm của mẫu đất lúc đó được xem là giới hạn chảy của đất.

Hiện nay có hai loại dụng cụ Casagrande đang được sử dụng ở các nước: một loại theo tiêu chuẩn ASTM và một loại theo tiêu chuẩn BSI. Hai loại dụng cụ này giống nhau về nguyên lý hoạt động, chỉ khác nhau về độ cứng của chân đế (Hình 1a). Theo tiêu chuẩn ASTM, chân đế của dụng cụ Casagrande phải có độ cứng là 80 ~ 90 (theo thang phân loại Durometer-type D) và độ bật nảy là 77 % ~ 90 %. Trong khi đó, theo tiêu chuẩn BSI, chân đế của dụng cụ Casagrande phải có độ cứng là 84° ~ 94° (theo thang phân loại IRHD) và độ bật nảy là 20 % ~ 35 %. Độ cứng 84° ~ 94° theo thang phân loại IRHD được xem là tương đương với độ cứng 30 ~ 40 theo thang đo Durometer-type D (Bảng 1). Do đó, chân đế của dụng cụ Casagrande theo tiêu chuẩn BSI thường được gọi là “đế mềm”, còn theo tiêu chuẩn ASTM được gọi là “đế cứng”.



Hình 1: Dụng cụ Casagrande để xác định giới hạn chảy của đất

Bảng 1: Bảng độ cứng tương đương giữa hai thang đo độ cứng: Durometer và IRHD

Durometer scale		IRHD scale (°)	Durometer scale		IRHD scale (°)
Type A	Type D		Type A	Type D	
100	58	100	60	16	59
95	46	96	55	14	55
90	39	91	50	12	50
85	33	86	45	10	45
80	29	80	40	8	40
75	25	74	35	7	34
70	22	69	30	6	30
65	19	64			

Từ khi ra đời đến nay, dụng cụ Casagrande không có cải tiến đáng kể về nguyên lý hoạt động mà chỉ có những cải tiến nhỏ về thiết bị hỗ trợ, ví dụ như: động cơ điện để nâng chén đựng đất lên độ cao 10 mm thay cho việc quay bằng tay, bộ đếm nhịp và đập...

Dụng cụ Casagrande ngày càng bộc lộ nhiều nhược điểm, trong đó chủ yếu là: a) việc khó khăn khi phải tạo rãnh cho những loại đất chứa nhiều cát hoặc bụi; b) đất có tính dẻo thấp có khuynh hướng trượt dọc trên mặt chén chứ không phải “chảy dẻo” để khép kín rãnh cắt như định nghĩa về trạng thái chảy của Atterberg; c) đất có tính dẻo thấp có khuynh hướng hóa lỏng khi bị rung động (Sherwood và Ryley, 1970).

Chính Casagrande cũng phải thừa nhận nhược điểm của dụng cụ thí nghiệm do ông đưa ra: “... the liquid limit test as defined by Atterberg and as performed mechanically with the (Casagrande) liquid limit device is in reality a dynamic shear test. This is a serious disadvantage because it does not provide a uniform basis of comparison for fine-grained soils which differ in their reaction when subjected to a shaking test. A simple direct shear test or an indirect shear test, e.g. a static penetration test, would eliminate many of the difficulties one faces in the use of the liquid limit device. Unfortunately, so far none of these tests has been simplified to an extent that it could complete in simplicity and cost with the present form of the liquid limit test”.

(Tạm dịch: “Thí nghiệm xác định giới hạn chảy (với giới hạn chảy theo định nghĩa của Atterberg và được xác định bằng dụng cụ Casagrande) thực chất là một thí nghiệm cắt động. Nhược điểm lớn nhất của dụng cụ này là không đưa ra được một cơ sở so sánh nhất quán cho các loại đất hạt mịn, bởi vì các loại đất này có hành vi ứng xử khác nhau đối với thí nghiệm động (rung, lắc). Trong khi đó, một thí nghiệm tĩnh (cắt trực tiếp hoặc gián tiếp) sẽ khắc phục được nhược điểm này. Tuy nhiên, cho đến nay, các thí nghiệm tĩnh vẫn còn phức tạp và chi phí

cao nên chưa thể áp dụng rộng rãi cho công tác thí nghiệm xác định giới hạn chảy”).

Do vậy, các nhà nghiên cứu đã nỗ lực tìm kiếm một phương pháp thí nghiệm khác có thể khắc phục được những nhược điểm của dụng cụ Casagrande.

### 3. DỤNG CỤ CHÙY XUYÊN

Các kết quả nghiên cứu của Skempton và Northey (1953), Youssef, el Ramli và el Demery (1965) cho thấy sức kháng cắt của mẫu đất ở trạng thái giới hạn chảy biến thiên trong một phạm vi rất hẹp. Nếu đồng ý rằng sức kháng cắt ở giới hạn chảy là duy nhất cho tất cả các loại đất thì việc sử dụng một dụng cụ đo sức kháng cắt của đất để xác định giới hạn chảy là điều hợp lý. Vì vậy, việc sử dụng dụng cụ chùy xuyên – một loại dụng cụ đơn giản, hình nón, giúp xác định nhanh sức kháng cắt của đất, đã được sử dụng lâu đời ở vùng Scandinavia – để xác định giới hạn chảy là việc tất yếu.

Theo Karlsson (1981), “The Geotechnical Commission of the Swedish State Railways” đã sử dụng chùy xuyên để xác định giới hạn chảy của đất từ năm 1915 (trước khi có dụng cụ Casagrande). Tuy nhiên, mãi đến cuối thập niên 40, đầu thập niên 50, phương pháp chùy xuyên mới bắt đầu được các nước khác chú ý và dụng cụ xác định giới hạn chảy theo phương pháp này được cải tiến liên tục từ đó cho đến nay. Các nhà nghiên cứu đều thống nhất với nhau rằng, việc sử dụng dụng cụ chùy xuyên để xác định giới hạn chảy có thể loại bỏ được nhược điểm a) và b) nhưng vẫn không thể khắc phục được nhược điểm c) của dụng cụ Casagrande.

Nếu như dụng cụ Casagrande chỉ có hai biến thể thì dụng cụ chùy xuyên lại rất đa dạng. Các loại chùy xuyên có thể được chia thành hai nhóm chính: Nhóm 1 sử dụng chùy xuyên có góc ở đỉnh là 60°; Nhóm 2 sử dụng chùy xuyên có góc ở đỉnh là 30°. Ở mỗi nhóm, mỗi chùy xuyên đều có khối lượng và độ lún quy ước ở giới hạn chảy khác nhau. Bảng 2 trình bày các loại chùy xuyên hiện đang được sử dụng ở các nước (Sherwood và Ryley 1970, Koester 1992, Farrell 1997, Koumoto 2001). Bảng 3 trình bày các nhóm chùy xuyên (phân loại theo hình dạng, khối lượng và các quốc gia đang sử dụng).

**Bảng 2:** Các loại chùy xuyên đang được sử dụng

Nguồn gốc	Tác giả đề nghị	Chùy xuyên		Độ lún ở LL (mm)
		Góc ở đỉnh (°)	Khối lượng (g)	
Thụy Điển	Hansbo (1957), Karlsson (1961)	60	60	10
Liên Xô	Vasilev (1949)	30	76	10
Bulgaria	Stefanov (1958)			
Nam Tư	Bozinovic (1958)			
Đông Đức	Matschak, Rietschel (1965)			
Ấn Độ	Uppal, Aggarwal (1958)	31	148	25
Hoa Kỳ	Sowers, Vesic, Grandolfi (1960)	30	75	10
Anh	British Standard Institution (1975)	30	80	20
Pháp	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (1966)	30	80	Hiệu chỉnh theo dụng cụ Casagrande
Pháp	Leflaive (1971)	30	80	17
Trung Quốc	PRC Soil Testing Standard (1989)	30	76	17

Ngoài sự đa dạng về thông số kỹ thuật của chùy xuyên, các loại chùy xuyên cũng khác nhau về nguyên lý đo độ lún. Hình 2a cho thấy hình dáng ban đầu của dụng cụ chùy xuyên Thụy Điển. Dụng cụ này sử dụng thước thẳng để đo độ lún. Để tăng độ chính xác khi xác định độ lún, một kính lúp được lắp ở mặt trước của thước thẳng để phóng đại các vạch chia. Hình 2b đại diện cho dụng cụ chùy xuyên được sử dụng ở Nga và các nước khác... Trên dụng cụ này không có thước để đo độ lún mà chỉ khắc một vạch đánh dấu ứng với độ lún 10 mm trên bề mặt của chùy xuyên. Độ chính xác khi xác định độ lún của chùy xuyên loại này không cao. Đối với dụng cụ chùy xuyên ở Hình 2c, độ chính xác khi xác định độ lún của chùy xuyên tăng lên đáng kể. Thước thẳng như ở Hình 2a được chuyển thành “thước tròn”. Trên mặt đồng hồ có 360 vạch chia, mỗi vạch ứng với 0,1 mm. Sau đó, các nhà nghiên cứu đã chuyển từ nguyên lý đo độ lún bằng dụng cụ cơ học sang nguyên lý đo bằng thiết bị điện tử, nâng cao độ chính xác khi xác định độ lún (Hình 2d, e).

**Bảng 3:** Phân nhóm các loại chùy xuyên

Nhóm	Phụ nhóm	Quốc gia đang sử dụng	Chùy xuyên		Độ lún ở LL (mm)	Sức kháng cắt ở LL kPa
			Góc ở đỉnh	Khối lượng		
			(°)	(g)		
A	A1	Thụy Điển, Na Uy, Canada	60	60	10	1,83
	A2	Nhật Bản			11,5	1,38
B	B1	Nga và các nước khác	30	76	10	4,52
	B2	Trung Quốc			17	3,50
	B3	Anh, New Zealand		80	20	2,66
C		Ấn Độ	31	148	25,4	2,84



**Hình 2:** Khuyh hướng phát triển các loại chùy xuyên đang được sử dụng ở các nước

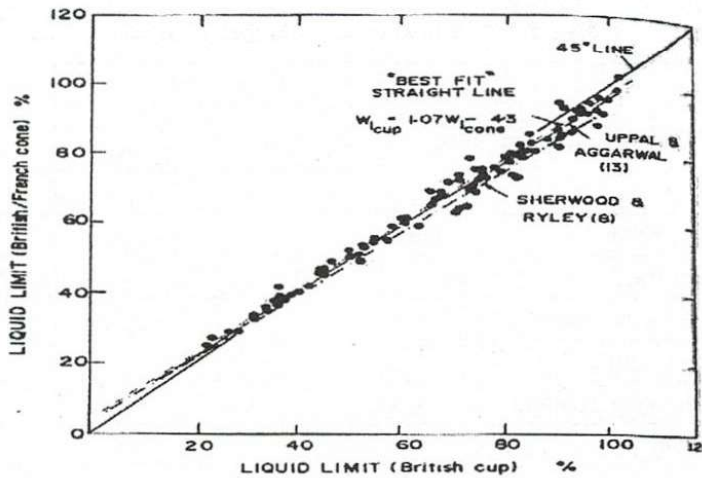
#### 4. QUAN HỆ GIỮA GIỚI HẠN CHẢY THEO CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÁC NHAU

Do các dụng cụ xác định giới hạn chảy khác nhau như vậy nên một vấn đề luôn được các nhà nghiên cứu cơ học đất quan tâm là: “Mối quan hệ giữa các giá trị giới hạn chảy này là thế

nào?”

Năm 1975, từ kết quả thí nghiệm cho 321 mẫu đất (có nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo), Škopek và Ter-Stepanian đã nghiên cứu mối quan hệ giữa giới hạn chảy xác định theo phương pháp Casagrande ( $LL_{cup}$ ) và phương pháp chùy xuyên của Vasilev. Kết quả cho thấy, phương trình quan hệ tổng quát không phải là tuyến tính. Khi  $LL_{cup}$  không quá 100 % thì mối quan hệ giữa giá trị giới hạn chảy theo hai phương pháp này có thể được xấp xỉ bằng mối quan hệ tuyến tính với hệ số tương quan là 0,87 (xem Bảng 7).

Budhu (1985) đã thí nghiệm xác định giới hạn chảy cho 100 mẫu đất bằng chùy xuyên của Anh ( $LL_{cone}$ ) và dụng cụ Casagrande (để mềm). Kết quả cho thấy, khi  $LL_{cone}$  lớn hơn 50 %,  $LL_{cone}$  sẽ thấp hơn  $LL_{cup}$  (Hình 3).



Hình 3: Quan hệ LL theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên (Budhu, 1985)

Moon và White (1985) khảo sát sự khác biệt của giới hạn chảy khi thí nghiệm theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên (dùng chùy xuyên của Anh) cho 30 mẫu đất (có giới hạn chảy biến thiên trong khoảng 29 % ~ 199 %). Đồng thời, các tác giả cũng khảo sát sự khác biệt của giới hạn chảy trong hai cách chuẩn bị mẫu: a) tiến hành thí nghiệm ngay sau khi trộn nước hay b) phải ủ đất trong 24 giờ trước khi thí nghiệm. Kết quả cho thấy không có sự khác biệt đáng kể giữa hai cách chuẩn bị mẫu đất này (Bảng 4). Mối quan hệ giữa giới hạn chảy xác định theo các phương pháp khác nhau cũng được trình bày ở Bảng 5.

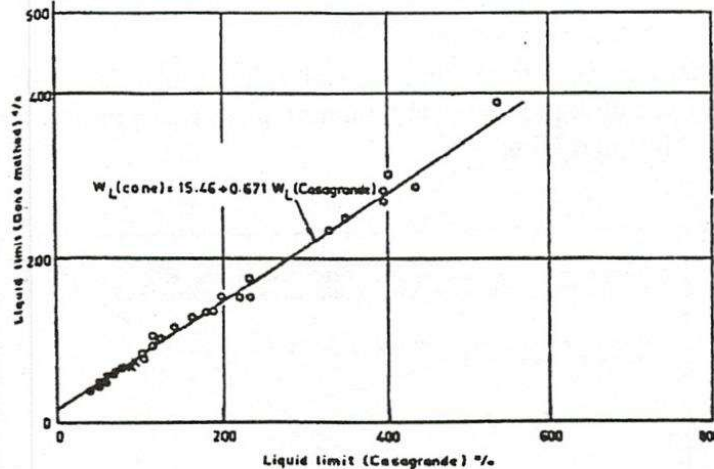
Bảng 4: Hệ số tương quan giữa các phương pháp thí nghiệm xác định LL và phương pháp chuẩn bị mẫu

	Chùy xuyên	Casagrande (thí nghiệm ngay)	Casagrande (sau 24 giờ)
Chùy xuyên	1,000		
Casagrande (thí nghiệm ngay)	0,995	1,000	
Casagrande (sau 24 giờ)	0,994	1,000	1,000

**Bảng 5:** Quan hệ giữa LL xác định theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên (Moon và White, 1985)

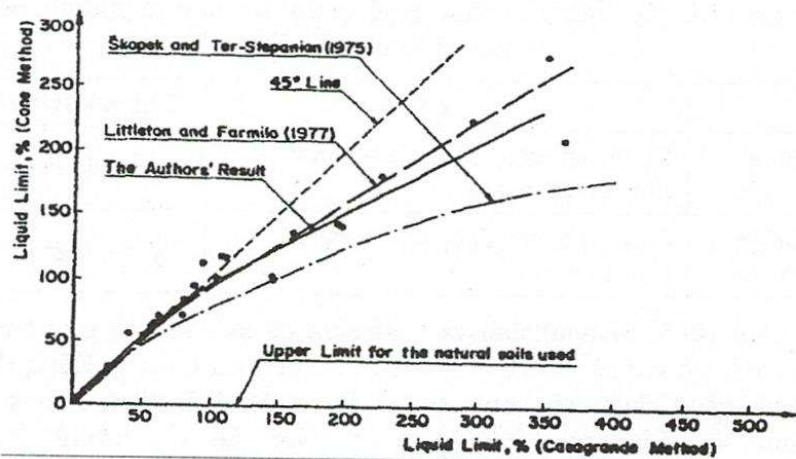
y	x	Phương trình quan hệ
LL theo phương pháp chùy xuyên	LL theo phương pháp Casagrande (thí nghiệm ngay)	$y = 1,1799x - 6,4580$
LL theo phương pháp chùy xuyên	LL theo phương pháp Casagrande (sau 24 giờ)	$y = 1,1625x - 5,0953$

Cũng trong năm 1985, Sivapullaiah và Sridharan đã nghiên cứu giới hạn chảy của các mẫu đất trộn với cát hoặc với các loại sét montmorillonite, kaolinite... Kết quả cho thấy, giới hạn chảy xác định bằng dụng cụ chùy xuyên (kiểu Ấn Độ) thấp hơn so với dụng cụ Casagrande (Hình 4). Phương trình quan hệ với hệ số tương quan 0,996 là:  $LL_{\text{cone}} = 0,671 LL_{\text{cup}} + 15,46$ .



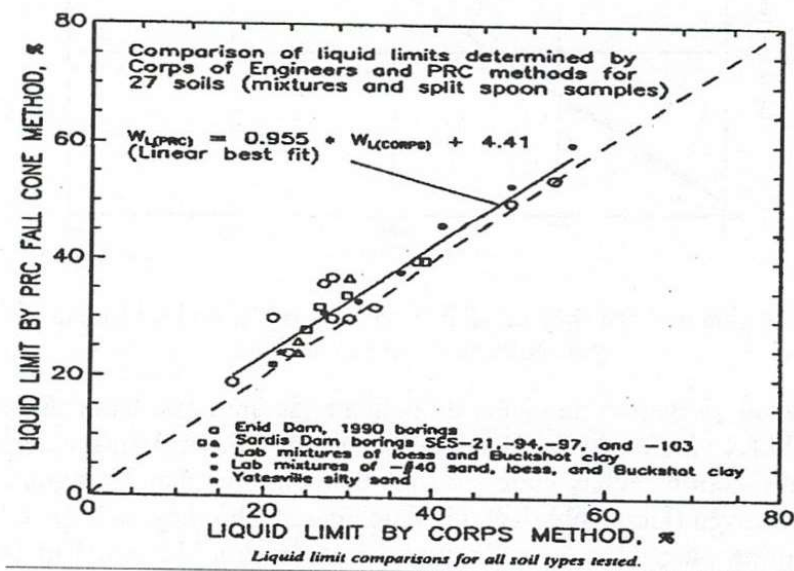
**Hình 4:** Quan hệ giữa giới hạn chảy xác định bằng chùy xuyên Ấn Độ và dụng cụ Casagrande (Sivapullaiah và Sridharan, 1985)

Năm 1986, Wasti và Bezirci tiến hành thí nghiệm xác định giới hạn chảy trên 15 mẫu đất tự nhiên ở Thổ Nhĩ Kỳ và 10 mẫu đất nhân tạo (bằng cách trộn bentonite với đất tự nhiên theo các tỉ lệ khác nhau). Giới hạn chảy được xác định theo phương pháp Casagrande (đế cứng) và phương pháp chùy xuyên (kiểu Anh). Kết quả thực nghiệm cho thấy, mối quan hệ giữa LL xác định theo hai phương pháp khác nhau là quan hệ tuyến tính khi giới hạn chảy không quá 100%. Vượt quá giới hạn này, quan hệ trở thành phi tuyến và khi đó, nếu giới hạn chảy càng lớn thì giới hạn chảy theo phương pháp chùy xuyên càng thấp so với phương pháp Casagrande (Hình 5).



Hình 5: Quan hệ giữa LL theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên (Wasti và Bezirci, 1986)

Năm 1992, Koester tiến hành thí nghiệm so sánh trên 27 mẫu đất để đánh giá sự khác biệt giữa hai phương pháp xác định giới hạn chảy: phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên. Kết quả được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6: So sánh giới hạn chảy xác định theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên (kiểu Trung Quốc) (Koester, 1992)

Tiêu chuẩn Việt Nam về thí nghiệm xác định giới hạn Atterberg (TCVN 4197-1995) cũng giới thiệu mối quan hệ giữa LL xác định bằng dụng cụ Casagrande và dụng cụ chùy xuyên (kiểu Nga):  $LL_{cone} = a LL_{cup} - b$ . Trong đó, các hệ số a và b phụ thuộc vào loại đất. Đối với đất có giới hạn chảy từ 20 ~ 100 %, thì a và b có giá trị lần lượt là 0,73 % và 6,47 %. Tuy nhiên, TCVN 4197-1995 đã không nêu rõ dụng cụ Casagrande sử dụng “đế cứng” hay “đế mềm”, nhóm đất và số lượng mẫu đã dùng để nghiên cứu.

Năm 1996, Serge Leroueil và Jean-Pierre Le Bihan giới thiệu phương pháp 1 điểm xác

định giới hạn chảy bằng chùy xuyên. Dựa trên kết quả thực nghiệm của các tác giả khác, Serge và Jean Pierre kết luận rằng quan hệ giữa độ ẩm và độ lún của chùy xuyên là quan hệ gần như tuyến tính, ít nhất là trong khoảng độ lún từ 5 ~ 15 mm (đối với chùy xuyên 60°) và từ 10 ~ 30 mm (đối với chùy xuyên 30°). Từ đó, phương trình dùng để xác định giới hạn chảy theo phương pháp 1 điểm là:

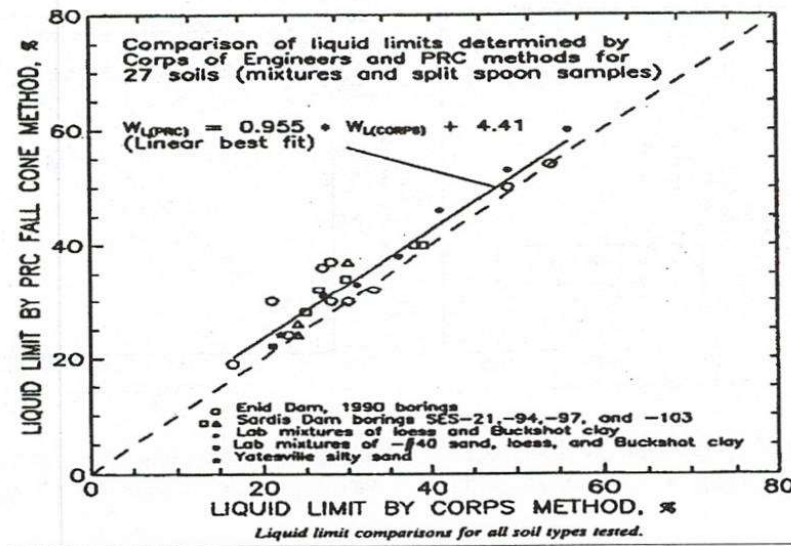
$$\text{Đối với chùy xuyên } 60^\circ/60 \text{ g: } LL_{\text{cone}} = \frac{20(w - 15)}{d_{60} + 10} + 15 \quad (1)$$

$$\text{Đối với chùy xuyên } 30^\circ/80 \text{ g: } LL_{\text{cone}} = \frac{40(w - 15)}{d_{30} + 20} + 15 \quad (2)$$

với  $d_{30}$  và  $d_{60}$  lần lượt là độ lún tương ứng với độ ẩm  $w$  của chùy xuyên 30° và 60°.

Bên cạnh đó, Serge Leroueil và Jean-Pierre Le Bihan cũng khảo sát trên 300 mẫu đất ở Canada để so sánh sự khác nhau giữa giới hạn chảy theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên (sử dụng các chùy xuyên khác nhau). Kết quả thực nghiệm cho thấy:

- Giới hạn chảy theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên không tương đồng;
- Độ lún tương ứng (nếu dùng chùy xuyên) với giới hạn chảy theo phương pháp Casagrande không phải là duy nhất cho các loại đất khác nhau (Hình 7);
- Giới hạn chảy xác định theo các phương pháp khác nhau sẽ rất khác nhau (Bảng 6).



Hình 7: Độ lún của chùy xuyên ứng với giới hạn chảy

Kết luận b) nêu trên của Serge Leroueil và Jean-Pierre Le Bihan khác với giả thiết của các tác giả khác trước đây.

Năm 1997, để hỗ trợ cho việc quyết định phương pháp nào sẽ được chọn làm phương pháp xác định giới hạn chảy của đất cho tiêu chuẩn châu Âu, Tiểu ban kỹ thuật châu Âu 5 (the European Technical Committee 5 – ETC 5) đã tiến hành thí nghiệm đối sánh ở 5 phòng thí nghiệm ở châu Âu: Trinity College Dublin (Ireland), Bundesanstalt für Wasserbau (Đức), Geological Survey of the Netherlands (Hà Lan), Swedish Geotechnical Institute (Thụy Điển) và Building Research Establishment (Anh). Hai loại chùy xuyên được chọn để so sánh với



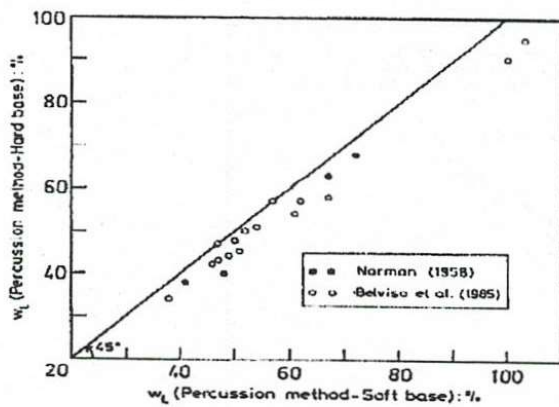
dụng cụ Casagrande là chùy xuyên Thụy Điển (60°/60 g/10 mm) và chùy xuyên Anh (30°/80 g/20 mm). Một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu của ETC 5:

a) Giới hạn chảy xác định từ hai loại chùy xuyên tương đồng với nhau. Đồng thời, độ nhạy của kết quả thí nghiệm khi sử dụng chùy xuyên đối với các phòng thí nghiệm khác nhau, những thí nghiệm viên khác nhau là không đáng kể.

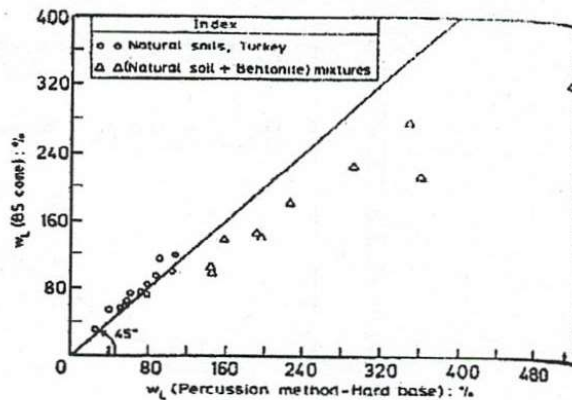
b) Quan hệ giữa giới hạn chảy xác định theo phương pháp Casagrande và phương pháp chùy xuyên là quan hệ tuyến tính.

**Bảng 6:** Kết quả xác định LL bằng các dụng cụ khác nhau (Serge Leroueil và Jean-Pierre le Bihan, 1996)

Mẫu đất	Chùy Thụy Điển (Karlsson 1961, 1977)		Chùy Thụy Điển (Leroueil, Le Bihan)		Chùy Anh (Sherwood, Ryley, 1970)		Chùy Pháp (Leflaive, 1971)	
	LL <sub>cup</sub>	LL <sub>cone</sub>	LL <sub>cup</sub>	LL <sub>cone</sub>	LL <sub>cup</sub>	LL <sub>cone</sub>	LL <sub>cup</sub>	LL <sub>cone</sub>
A	76,0	70,0	74,0	70,0	72,5	70,0	67,0	66,0
B	51,5	50,0	49,0	50,0	51,5	50,0	46,5	47,5
C	29,5	30,0	28,0	30,0	30,5	30,0	27,5	29,0



**Hình 8:** Giới hạn chảy xác định bằng hai loại dụng cụ Casagrande (Sridharan và Prakash, 2000)



**Hình 9:** Giới hạn chảy xác định bằng chùy xuyên và dụng cụ Casagrande (Sridharan và Prakash, 2000)

Năm 2000, trong khi nghiên cứu cơ chế ảnh hưởng đến các giới hạn Atterberg, Sridharan và Prakash kết luận rằng:

a) Giới hạn chảy xác định bằng dụng cụ Casagrande để cứng và để mềm sẽ không tương đồng (Hình 8).

b) Đối với đất có tính dẻo thấp, giới hạn chảy xác định bằng dụng cụ chùy xuyên sẽ thấp hơn so với dụng cụ Casagrande; đối với đất có tính dẻo cao thì kết quả ngược lại (Hình 3, Hình 9).

Tổng hợp kết quả nghiên cứu của các tác giả khác nhau được trình bày ở Bảng 7.

**Bảng 7:** Quan hệ giữa giới hạn chảy theo hai phương pháp khác nhau (hiệu đính từ tài liệu của Wasti, 1987)

Nguồn	Loại chùy xuyên	Loại đế của dụng cụ Casagrande	Phương trình quan hệ	Số lượng mẫu thí nghiệm
Stefanoff (1957)	Nga	?	$LL_{conc} = 0,667 LL_{cup} + 4,93$	84
Bozinovic (1958)	Nga	?	$LL_{conc} = 0,833 LL_{cup} + 4,42$	?
Matschak and Rietschel (1965)	Nga	?	$LL_{conc} = 0,833 LL_{cup} + 3,08$	?
Škopek and Ter-Stepanian (1975)	Nga	Đế mềm	$LL_{conc} = 0,714 LL_{cup} + 7,14$	321
Uppal and Aggarwal (1958)	Ấn Độ	Đế cứng	$LL_{conc} = 0,930 LL_{cup} + 3,16$	?
Flaate (1964)	Ấn Độ	Đế mềm	$LL_{conc} = 0,952 LL_{cup}$	33
Sowers et al. (1960)	Hoa Kỳ	Đế cứng	$LL_{conc} = 0,794 LL_{cup} + 8,49$	≈20
Sherwood and Ryley (1970)	Anh	Đế mềm	$LL_{conc} = 0,909 LL_{cup} + 2,73$	25
Littleton and Farmilo (1977)	Anh	Đế mềm	$LL_{conc} = 0,970 LL_{cup} + 1,60$	≈15
Budhu (1985)	Anh	Đế mềm	$LL_{conc} = 0,935 LL_{cup} + 4,02$	17
Belviso et al. (1985)	Anh	Đế cứng	$LL_{conc} = 0,999 LL_{cup} + 4,29$	16
Sivapullaiah, Sridharan (1985)	Ấn Độ	?	$LL_{conc} = 0,671 LL_{cup} + 15,46$	?
Moon và White (1985)	Anh	?	$LL_{conc} = 1,1625 LL_{cup} + 5,095$	30
Sampson & Netterberg	Anh	Đế cứng	$LL_{conc} = 1,010 LL_{cup} + 4,2$	123
Wasti (1986)	Anh	Đế cứng	$LL_{conc} = 1,0056 LL_{cup} + 4,92$	15
Koester (1992)	Trung Quốc	?	$LL_{conc} = 0,955 LL_{cup} + 4,42$	?
TCVN 4197-1995	Việt Nam	?	$LL_{conc} = 0,73 LL_{cup} - 6,47$	?
Mendoza, Orozco (2001)	Thụy Điển	Đế cứng	$LL_{conc} = 0,77191 LL_{cup} + 10,7$	33
Mendoza, Orozco (2001)	Anh	Đế cứng	$LL_{conc} = 0,832241 LL_{cup} + 13$	9

## 5. TỔNG KẾT

1) Hai dụng cụ chủ yếu được dùng để xác định giới hạn chảy của đất: dụng cụ Casagrande hoạt động theo nguyên lý “động” và dụng cụ chùy xuyên hoạt động theo nguyên lý “tĩnh”.

2) Dụng cụ Casagrande có hai loại, khác nhau ở độ cứng của đế cao su. Dụng cụ

Casagrande theo ASTM sử dụng “đế cứng”, theo BSI thì sử dụng “đế mềm”. Giới hạn chảy xác định từ hai loại dụng cụ này rất khác nhau.

3) Dụng cụ chùy xuyên có nhiều loại khác nhau, được xếp thành 6 nhóm. Các nhóm khác nhau về góc ở đỉnh, khối lượng chùy, độ lún quy ước ở LL.

4) Mối quan hệ giữa LL được xác định theo các dụng cụ khác nhau được rất nhiều nhà nghiên cứu quan tâm, khảo sát và so sánh. Cho đến nay, các nhà nghiên cứu đồng ý rằng, khi LL không quá 100 % thì kết quả thí nghiệm bằng dụng cụ chùy xuyên (kiểu Anh) tương tự với dụng cụ Casagrande.

5) Nếu sử dụng cùng một loại chùy xuyên và cùng loại dụng cụ Casagrande thì mối quan hệ giữa LL xác định bằng chùy xuyên và bằng dụng cụ Casagrande do các tác giả khác nhau đề nghị đều cho kết quả tương tự nhau. Điều này cho thấy, kết quả từ dụng cụ chùy xuyên có độ lặp lại cao, ít phụ thuộc vào thí nghiệm viên.

6) Kết quả nghiên cứu phương trình quan hệ giữa  $LL_{cup}$  và  $LL_{cone}$  của các tác giả khác nhau trên Bảng 6 cho thấy, tất cả các phương trình quan hệ đều có dạng  $LL_{cone} = a LL_{cup} + b$ , ngoại trừ phương trình quan hệ của TCVN 4197-1995 có dạng  $LL_{cone} = a LL_{cup} - b$ . Sự khác biệt này cần được kiểm tra lại từ những kết quả nghiên cứu mà TCVN 4197-1995 đã sử dụng.

7) Phương pháp thí nghiệm bằng dụng cụ chùy xuyên ngày càng được ưa chuộng hơn so với dụng cụ Casagrande do dụng cụ chùy xuyên có tính định lượng nhiều hơn so với dụng cụ Casagrande, kết quả thí nghiệm từ dụng cụ chùy xuyên có độ lặp lại tốt hơn, ít phụ thuộc vào “cảm tính” của thí nghiệm viên so với dụng cụ Casagrande.

## METHODS OF DETERMINATION OF LIQUID LIMIT IN SOIL MECHANICS AND THE INTERRELATIONSHIP AMONG THESE METHODS

Phan Thi San Ha<sup>(1)</sup>, Le Minh Son<sup>(2)</sup>

(1)University of Technology

(2)H.A.I Survey and Construction Co., Ltd

**ABSTRACT:** “Liquid limit” is one of the most important properties used for classification of soil samples. However, up to now, the definition of this property along with their relevant methods of determination have not been unified yet. This paper attempts to introduce the evolution of methods of determination of liquid limit together with the interrelationship of liquid limits for cohesive soils obtained from these methods. The relationships of liquid limits from different methods are summarized from the researches of authors since 1957 to 2001.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASTM International. *ASTM D4318-00: Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. (2000).
- [2] British Standard Institute. *British Standard methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests*. (1990).

- [3] Budhu M. *The effect of clay content on liquid limit from a fall cone and the British cup device*. Geotechnical Testing Journal, Vol. 8, No. 2, pp. 91-95. June 1985.
- [4] Farrell E. *ETC 5 Fall-cone study*. Ground Engineering, Vol. 30, No. 1, pp. 33-36. (1997).
- [5] Houlsby G.T. *Theoretical analysis of the fall cone test*. Géotechnique, Vol. 32, No. 2, pp. 111-118. (1982).
- [6] Koester J.P. *The influence of test procedure on correlation of Atterberg limits with liquefaction in fine-grained soils*. Geotechnical Testing Journal, Vol 15, No. 4, pp. 352-361. (1992).
- [7] Leroueil S., Le Bihan J-B. *Liquid limits and fall cones*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 33, pp. 793-798. (1996).
- [8] Moon C.F., K.B. White. *A comparison of liquid limit test results*. Géotechnique, Vol 35, No. 1, pp. 59-60. (1985).
- [9] Sherwood P.T, Ryley M.D. *An investigation of a cone-penetrometer method for the determination of the liquid limit*. Géotechnique, Vol. 20, No. 2, pp. 203-208. (1970).
- [10] Sivapullaiah P.V., Asuri Sridharan. *Liquid limit of soil mixtures*, Geotechnical Testing Journal, Vol 8, No. 3, pp. 111-116. (1985).
- [11] Škopek J., Ter-Stepanian G., *Comparison of liquid limit values determined according to Casagrande and Vasilev*, Géotechnique, Vol. 25, No. 1, pp. 135-136. (1975).
- [12] Sridharan A., Prakash K. *Percussion and cone methods of determining the liquid limit of soils: Controlling mechanisms*. Geotechnical Testing Journal, Vol. 23, No. 2, pp. 236-244. (2000).
- [13] Tiêu chuẩn Việt Nam. *TCVN 4197-1995 Đất xây dựng. Phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm*. Nhà xuất bản Xây dựng. (1995).
- [14] Wasti Y. *Liquid and Plastic limits as determined from the fall cone and the Casagrande methods*. Geotechnical Testing Journal, Vol. 10, No. 1, pp. 26-30. (1987).
- [15] Wasti Y., Bezirci M.H., *Determination of the consistency limits of soils by the fall cone test*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 23, pp. 241-246. (1986).
- [16] Wood D.M. *Cone penetrometer and liquid limit*. Géotechnique, Vol. 32, No. 1, pp. 152-157. (1982).
- [17] <http://www.crosslinktech.com/definitions.htm#Hardness%20Equivalent%20Chart>
- [18] <http://www.rubbermill.com/durometer.html>